

apunts

EDUCACIÓN FÍSICA Y DEPORTES

146

4º trimestre (octubre-diciembre) 2021
ISSN: 2014-0983



INEFC

 Generalitat
de Catalunya





Ejercicio físico y función cognitiva en pacientes postictus: una revisión sistemática con metaanálisis

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

¹Grupo de Prevención de Lesiones en el Deporte (PRELEDE). Facultad del Deporte. Universidad Católica de Murcia, Murcia (España).



Citación

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)

Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Noelia González-Gálvez*
ngonzalez@ucam.edu

Sección:

Actividad física y salud

Idioma del original:

Castellano

Recibido:

20 de enero de 2021

Aceptado:

12 de abril de 2021

Publicado:

1 de octubre de 2021

Portada:

Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Resumen

Hasta el 80 % de los supervivientes de ictus presentan disfunción cognitiva, que influye sobre la función motora y la calidad de vida. Es preciso comprender cuál es la prescripción de actividad física más recomendable sobre la función cognitiva y determinar el efecto de programas de ejercicio físico sobre la función cognitiva en pacientes postictus, identificando la mejor frecuencia, duración y tipo de programa. Se siguieron las directrices de la guía PRISMA y la metodología ha sido registrada en PROSPERO (número CRD42020183529). Los estudios elegidos fueron ensayos controlados aleatorizados. La búsqueda se realizó en cuatro bases de datos: PubMed, Cochrane, Sport Discus y WOS, y finalizó el 12 de junio de 2020. La calidad metodológica fue evaluada mediante la puntuación de la escala PEDro. El metaanálisis revela que el grupo experimental presentó mayores ganancias en la función cognitiva que el grupo control (DEM = 2.26; p .001). Se muestra que existe un mayor efecto sobre la función cognitiva en los estudios que incluyen población adulta frente a los que incluyen población adulta mayor (DEM = 1.82; p = .014). El entrenamiento de fuerza presenta mayor ganancia significativamente que el entrenamiento aeróbico (DEM = -1.88; IC 95 % -3.7, -0.1; p = .040). Un programa de ejercicio físico mejora significativamente la función cognitiva en pacientes postictus, pudiendo ser su efecto superior al de los programas de rehabilitación. La duración del programa deberá ser de al menos seis semanas, con una frecuencia de tres sesiones por semana y una duración por sesión de al menos 30 minutos.

Palabras clave: actividad física, enfermedad cardiovascular, entrenamiento combinado, entrenamiento de fuerza, entrenamiento de resistencia, rehabilitación.

Introducción

El ictus es una de las principales causas de discapacidad y muerte en el mundo (Go et al., 2014). En concreto, más de 14 millones de personas padecen un ictus cada año, muriendo en torno a un 10 % del total (Carnesoltas et al., 2013). Padecer un ictus tiene una repercusión negativa en la posterior calidad de vida de los que han logrado sobrevivir, ya que afecta a todos los ámbitos del individuo: disminuye la salud física y el estado psicológico, se reducen su autonomía e independencia, y la función cognitiva (ejecutiva, atención y memoria) se ve mermada significativamente (Mesa et al., 2016). Hasta el 80 % de los supervivientes de ictus presentan disfunción cognitiva, que influye directamente sobre la función motora y la calidad de vida (Sun et al., 2014), siendo los accidentes cerebrovasculares la segunda causa de demencia en todo el mundo (Alvarez, 2008). Aunque los pacientes postictus pueden recuperarse de las secuelas físicas resultantes, las deficiencias cognitivas pueden limitar la autonomía e independencia (Gottesman y Hillis, 2010; Wagle et al., 2011). Por tanto, identificar tratamientos efectivos para mejorar la función cognitiva es primordial (Debreceeni-Nagy et al., 2019), además de ser necesario un enfoque de rehabilitación multidisciplinar para mejorar los niveles de discapacidad motora y funcional (Go et al., 2014).

En la actualidad es sabido que la inactividad física es un factor predictor para padecer un ictus, ya que el sedentarismo está relacionado con una mayor probabilidad de sufrir un ictus (Martínez-Vila e Irimia, 2000). Así mismo, el ejercicio puede mejorar la calidad de vida en la población en general (Solà-Serrabou et al., 2019), así como beneficiar el sistema cardiovascular (Betrán Piracés et al., 2003) y la función cognitiva en individuos tras padecer un ictus, tanto las funciones ejecutivas como la memoria (Freudenberger et al., 2016; Vanderbeken y Kerckhofs, 2016; Yeh et al., 2019).

En este sentido, algunos autores han realizado una revisión sistemática con el objetivo de sintetizar las investigaciones sobre el efecto que el ejercicio físico presenta sobre la función cognitiva en personas que habían padecido un ictus (Cumming et al., 2012; Oberlin et al., 2017). Sin embargo, estos trabajos incluyen programas de intervención que combinan fisioterapia y ejercicio físico, y no informan sobre cuál debería ser la frecuencia, duración o tipo de ejercicio que presenta mayores beneficios en la función cognitiva de los pacientes tras padecer un ictus. Por ello, los objetivos de la presente revisión sistemática con metaanálisis fueron: a) determinar el efecto que el ejercicio físico presenta sobre la función cognitiva en pacientes postictus, y b) sintetizar los estudios originales realizados sobre el efecto de programas de ejercicio físico sobre la función cognitiva en pacientes postictus, identificando la mejor frecuencia, duración y tipo de programa.

Metodología

Diseño de estudio

Los estudios incluidos en la presente revisión sistemática y metaanálisis examinan el efecto de diversos programas de ejercicio físico sobre la función cognitiva en pacientes postictus. Los estudios elegidos fueron ensayos controlados aleatorizados (*randomized controlled trial* [RCT]). La estrategia de búsqueda, con los criterios de inclusión e información adicional, fue registrada con anterioridad en el registro prospectivo para revisiones sistemáticas PROSPERO (número CRD42020183529). Esta revisión sistemática con metaanálisis sigue los criterios establecidos en la guía PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews) (Liberati et al., 2009; Moher et al., 2015).

Criterios de inclusión

Los criterios de inclusión fueron: a) artículos publicados en revistas indexadas, b) artículos publicados únicamente en inglés, español y portugués, c) artículos en los que se tratasen pacientes que habían sufrido un ictus anteriormente, d) RCT, y e) estudios que aplican un programa de ejercicio físico. Los criterios de exclusión fueron los siguientes: a) estudios en actual desarrollo, b) estudios con personas que padecen amputación/limitación de cualquier miembro del cuerpo que contraindique andar/hacer ejercicio, c) estudios publicados en forma de resumen, notas o cartas al editor o publicación corta, d) estudios publicados en congresos, y e) estudios que aplican programas de fisioterapia, manipulación y/o técnicas de respiración conjuntamente al ejercicio físico.

Estrategias de búsqueda

Los buscadores empleados para la búsqueda de información fueron los siguientes: PubMed, Cochrane, Sport Discus y WOS. La estrategia de búsqueda se basó en utilizar las palabras clave y operadores booleanos, incluyendo: *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* y *stroke AND resistance exercise*. La búsqueda finalizó el 12 de junio de 2020. El diagrama de flujo se muestra en la Figura 1.

Extracción de datos

La extracción de datos y la evaluación de calidad fueron realizadas por dos revisores (AGH y NGG) independientemente. El desacuerdo sobre la información fue solucionado mediante la repetición de la extracción de datos o evaluación sin observación

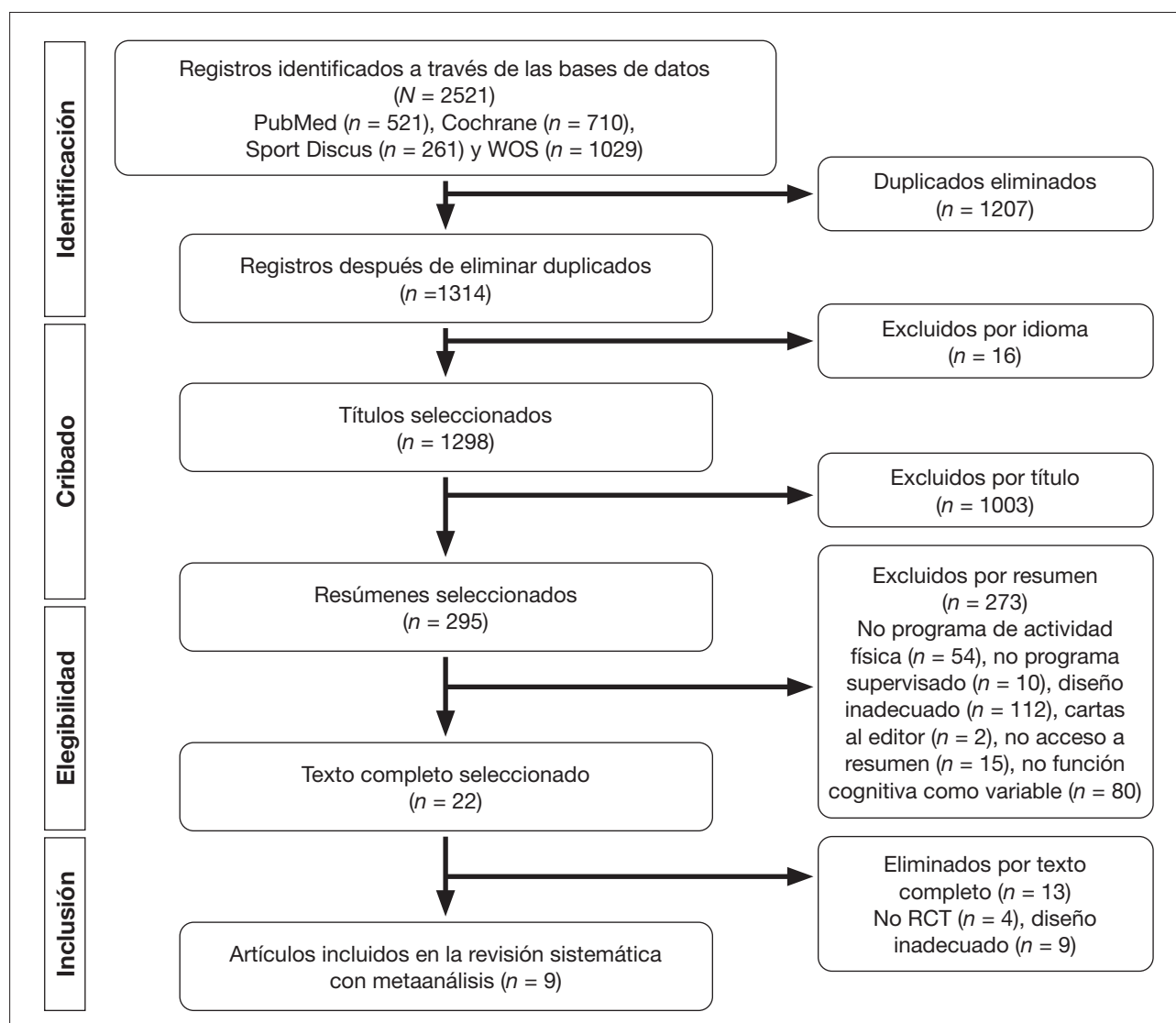


Figura 1
Diagrama de flujo PRISMA.

de las informaciones de las revisiones llevadas a cabo previamente. En este sentido, se calculó el índice Kappa de Cohen, que mostró una fiabilidad entre revisores alta ($Kappa = .810$) (McHugh, 2012).

Evaluación de la calidad metodológica

Se utilizó la escala Physiotherapy Evidence Database (PEDro) para evaluar la calidad metodológica de los estudios incluidos (Maher et al., 2003). La Tabla 1 muestra las puntuaciones de la escala PEDro para cada estudio, suponiendo valores de 8, considerado como aceptable.

Análisis de datos

El análisis estadístico y el metaanálisis se realizaron por medio del programa Comprehensive Meta-Analysis (versión 3, Englewood, Estados Unidos). Para el análisis del presente

estudio se tuvieron en cuenta los datos cuantitativos media y desviación estándar del pretest y posttest, así como el tamaño muestral, para el grupo control y el grupo experimental. Se calculó los cambios pre/post test para proceder a su análisis. Cuando un mismo estudio incluyó varias subvariables de la función cognitiva, estas fueron incluidas como diferentes casos en el análisis. Si los estudios no mostraron los datos necesarios, estos fueron calculados. Para calcular la DS se utilizó SEs y el Cis. Fue utilizado el método de DerSimonian-Laird (Cohen). La heterogeneidad fue evaluada por medio de la prueba Q de Cochran (χ^2), el estadístico I^2 de Higgins y significación (p), para determinar el análisis más apropiado: efectos fijos o aleatorios (Ioannidis, 2008). DerSimonian-Laird (Cohen) fue interpretado como pequeño (0 a 0.2), moderado (0.3 a 0.7) o grande (≥ 0.8) (Cohen, 1988). El estadístico de Egger (Egger et al., 1997) y Fail Safe N (Rosenthal, 1979) fue calculado para determinar el sesgo de publicación. Se creó gráfico de embudo. La significación se determinó a nivel de $p < .05$.

Tabla 1*Evaluación de la calidad metodológica (escala de PEDro) de los artículos incluidos.*

	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 y 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: los criterios de elección fueron especificados; C2: los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos); C3: la asignación fue oculta; C4: los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes; C5: todos los sujetos fueron cegados; C6: todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados; C7: todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados; C8: las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85 % de los sujetos inicialmente asignados a los grupos; C9: se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o, cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por intención de tratar; C10: los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave; C11: el estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave.

Resultados

Características de los estudios

La estrategia y búsqueda de selección de artículos empleada en esta revisión sistemática con metaanálisis dio lugar a un total de nueve artículos.

Los artículos incluidos fueron RCT y ellos incluyeron un total de 355 participantes en el grupo experimental y 362 en el grupo control. Los artículos analizados fueron publicados entre 2001 y 2020.

Las características de los estudios incluidos se describen en la Tabla 2.

Efecto del ejercicio físico sobre pacientes postictus

El metaanálisis revela que el efecto de los programas de ejercicio físico sobre la función cognitiva en pacientes postictus es significativamente más favorable que el efecto de cualquier otro programa o la no aplicación de programa (Figura 2) (OR = 2.26; IC 95 % = 1.0 a 3.5; $Z = 3.63$; $p < .001$).

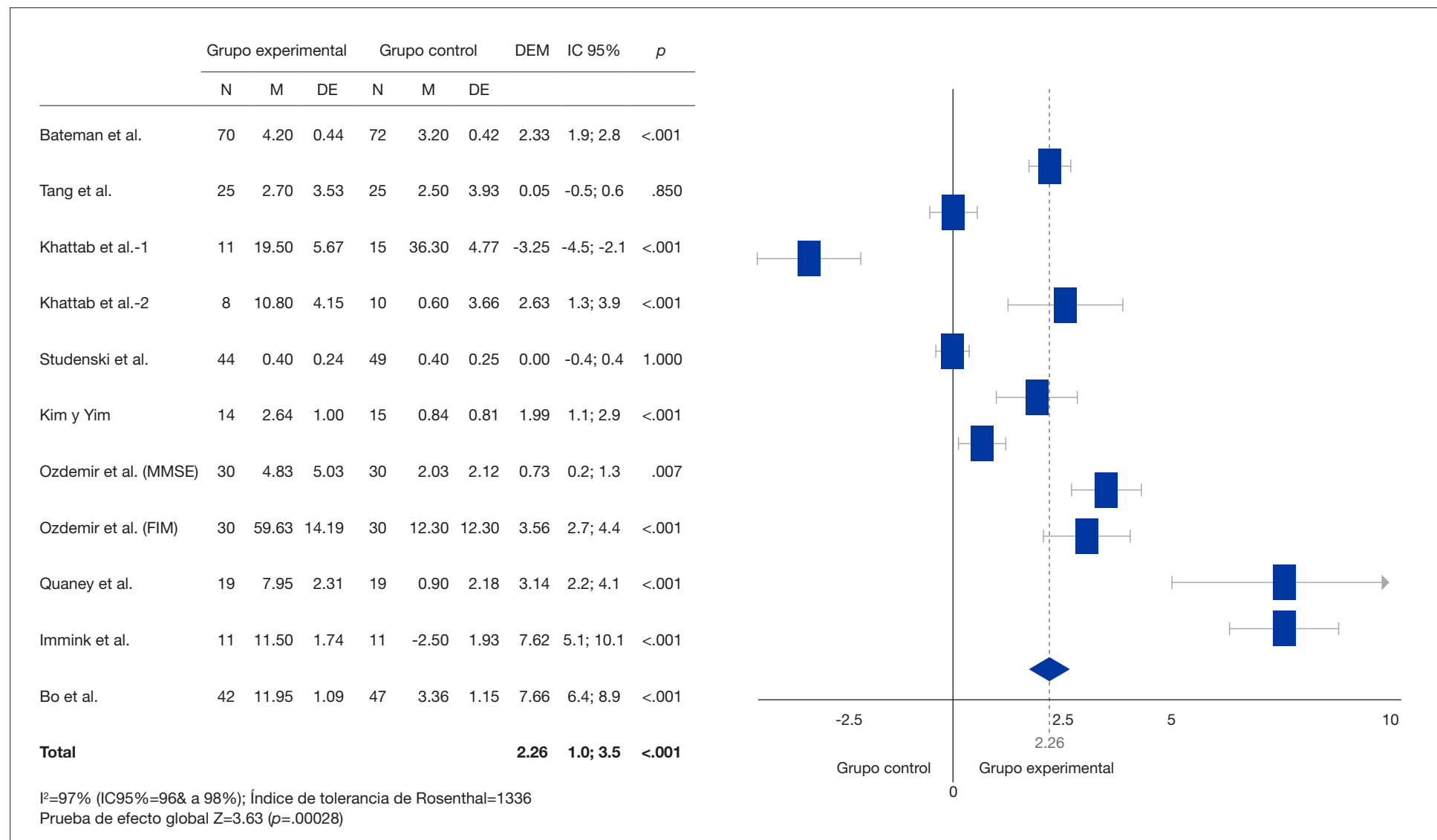
Para analizar si existían diferencias según las posibles variables contaminadoras, se establecieron subgrupos según la edad, duración de la intervención en semanas, frecuencia de las sesiones por semana, duración de las sesiones, tipo

de programa de ejercicio físico y edad de los participantes. La variable edad fue dividida entre adultos (< 65 años) y adultos mayores (≥ 65 años). Para confeccionar los grupos para frecuencia y duración del programa, se analizaron las medianas de las variables semanas de intervención, frecuencia semanal y duración de las sesiones, obteniendo 12 semanas, tres sesiones por semana y 60 minutos por sesión, respectivamente. La variable tipo de ejercicio físico fue dividida en entrenamiento aeróbico, fuerza o combinado. Para que la comparación fuera posible se transformaron los cambios a porcentajes. En la Tabla 3 se muestra el análisis del efecto de los programas de ejercicio físico incluidos en esta revisión sistemática sobre la función cognitiva según las clasificaciones mencionadas. Se muestra que existe un mayor efecto sobre la función cognitiva en los estudios que incluyen población adulta frente a los que incluyen población adulta mayor. Cuando se elimina el subgrupo que obtuvo una ganancia extrema en la variable (Ozdemir et al., 2001), los resultados siguen siendo significativos (DEM = 1.96; IC 95 % 0.4, 3.6; $p = .016$). Se observa una diferencia en relación con el tipo de programa implementado a favor de manera significativa del entrenamiento de fuerza frente al entrenamiento aeróbico. Sin embargo, al extraer el grupo que presenta un cambio extremo en la variable (Ozdemir et al., 2001), esta diferencia ya no se aprecia significativa.

Tabla 2*Características de los estudios incluidos.*

Autor	Muestra	Edad	Criterios de inclusión	Instrumento de medición de la función cognitiva	Programa GC	Programa GE	Tiempo Frecuencia Duración
Bateman et al. (2001)	GE = 70 GC = 72	16-65 años; GE = 41.7 ± 14.3 ; GC = 44.7 ± 13.3	Lesión cerebral	Trail Making Part B (segundos)	Relajación	EA (cicloergómetro) (60-80 % FCMáx)	30 min 3 días 12 sem
Tang et al. (2016)	GE = 25 GC = 20	50-80 años; GE = 66 (62-71); GC = 64 (62-75)	> 1 año IC; sin aneurisma, tumores o infecciones	Trail Making Part B (segundos)	FL y equilibrio (< 40 % Fcres)	EA (cicloergómetro) (40-80 % Fcres)	60 min 3 días 24 sem
Khattab et al. (2020)	GE = 25 GC = 25	50-80 años; GEM = 66.2; GEF = 65.6; GCM = 64.8; GCF = 70.1	> 1 año IC; hab A; 50-80 años		FL y equilibrio (< 40 % Fcres)	EA (caminar, ergonómetro, subir y bajar del step, etc.) (40-80 % Fcres)	60 min 3 días 24 sem
Studenski et al. (2005)	GE = 44 GC = 49	GE = 68.5 ± 9.0 GC = 70.4 ± 11.3	30-150 días post IC; hab A 25 pasos	FIM	Cuidado usual: fisioterapia y recomendaciones de salud	EF con bandas elásticas, equilibrio y EA (ergonómetro)	60 min 3 días 12 sem
Kim y Yim (2017)	GE = 14 GC = 15	GE = 50.71 ± 14.81 ; GC = 51.87 ± 17.42	3 meses post IC, hab cognitivas en buen estado, hab A 10 m	KMOCA	Terapia física convencional	Terapia física convencional + ejercicio físico (EF de las extremidades superiores y EA con ergonómetro)	60 min 3 días 6 sem
Ozdemir et al. (2001)	GE = 30 GC = 30	43-80 años; GE = 50.71 ± 14.81 ; GC = 51.87 ± 17.42	Pacientes con IC	MMSE	Recomendaciones para el hogar	EF y FL	120 min 5 días 8 sem
Quaney et al. (2009)	GE = 19 GC = 19	GE = 64.10 ± 12.30 ; GC = 58.96 ± 14.68	> meses post IC; movilidad ambos H	Trail Making Tests Parts A and B	FL en el hogar	EA (cicloergómetro) (70 % FC máx)	45 min 3 días 8 sem
Immink et al. (2014)	GE = 11 GC = 11	GE = 56.1; GC = 63.2	> 1 año IC	Stroke Impact Scale domains	Ninguno	Yoga	90 min 6 días 10 sem
Bo et al. (2019)	GE = 42 GC = 47	GE = 65.12 ± 2.56 ; GC = 64.36 ± 2.31	> 6 meses IC; consciente para entender instrucciones verbales, sin enfermedades graves	Trail Making Part B	Entrenamiento cognitivo	EA, EF y equilibrio (Escala de Borg 13-15)	50 min 3 días 12 sem

Nota. GE: grupo experimental; GC: grupo control; GEM: grupo experimental masculino; GEF: grupo experimental femenino; GCM: grupo control masculino; GCF: grupo control femenino; H: hemisferios; hab: habilidad; EA: entrenamiento aeróbico; EF: entrenamiento de fuerza; FL: flexibilidad; IC: ictus; A: andar; min: minutos; sem: semanas.

**Figura 2**

Efectos de programas de ejercicio físico sobre la función cognitiva frente a otros programas control en pacientes postictus.

Nota. N: tamaño de la muestra; M: media; DE: desviación estándar; DEM: diferencia estandarizada de medias; IC 95 %: intervalo de confianza 95 %; p: p valor significación.

Tabla 3

Análisis del efecto de los programas de ejercicio físico sobre la función cognitiva según duración en semanas, frecuencia semanal, duración de las sesiones y tipo de programa de ejercicio físico implementado.

Autores		G	DEM	IC 95 %	DEM	IC 95 %	p
Edad							
< 65 años	Bateman et al. 2001; Kim y Yim, 2017; Ozdemir et al. 2001; Immink et al. 2014	5	23.47	7.3; 39.6			
≥ 65 años	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	1.82	0.4; 3.3	.014
Semanas							
< 12 sem	Kim y Yim, 2017; Ozdemir et al. 2001; Quaney et al. 2009; Immink et al. 2014	5	21.97	4.4; 39.6			
≥ 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	1.33	0.0; 2.7	.051
Frecuencia							
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			
> 3 ses/sem	Kim y Yim, 2017; Ozdemir et al. 2001; Immink et al. 2014	4	24.83	1.6; 48.1	-1.16	-2.5; 0.2	.091
Duración sesiones							
< 60 minutos	Bateman et al. 2001; Quaney et al. 2009; Immink et al. 2014; Bo et al. 2019	4	9.35	-7.9; 26.6			
≥ 60 minutos	Tang et al. 2016; Khattab et al. 2020; Studenski et al. 2005; Ozdemir et al. 2001; Kim y Yim, 2017	7	15.51	1.9; 29.8	-0.44	-1.7; 0.8	.492
Tipo ejercicio EA vs. EF (grupos)							
EA	Bateman et al. 2001; Tang et al. 2016; Khattab et al. 2020; Quaney et al. 2009	5	10.46	3.3; 17.6			
EF	Ozdemir et al. 2001; Immink et al. 2014	3	28.87	-8.1; 65.9	-1.88	-3.7; -0.1	.039
Tipo de EA vs. EA+EF (grupos)							
EA	Bateman et al. 2001; Tang et al. 2016; Khattab et al. 2020; Quaney et al. 2009	5	10.46	3.3; 17.6			
EA+EF	Studenski et al. 2005; Kim y Yim, 2017; Bo et al. 2019	3	2.34	-21.5; 26.2	1.11	-0.5; 2.7	.163
Tipo de EF vs. EA+EF (grupos)							
EF	Ozdemir et al. 2001; Immink et al. 2014	3	28.87	-8.1; 65.9			
EA+EF	Studenski et al. 2005; Kim y Yim, 2017; Bo et al. 2019	3	2.34	-21.5; 26.2	2.12	-0.1; 4.3	.056

Nota. G: grupos; EA: entrenamiento aeróbico; EF: entrenamiento de fuerza; ses: sesiones; sem: semana.

Discusión

El primer objetivo de la presente revisión sistemática con metaanálisis fue determinar el efecto que el ejercicio físico presenta sobre la función cognitiva en pacientes postictus.

El metaanálisis reveló que el ejercicio físico muestra un efecto positivo significativo sobre la función cognitiva en comparación con el grupo control. Estos resultados están en línea con otros autores (Cumming et al., 2012; Oberlin et al., 2017). Cumming et al. (2012) realizaron una revisión sistemática incluyendo 12 estudios. Su metaanálisis, realizado con nueve de los estudios, mostró una mejora a favor del grupo experimental, aunque no significativa ($SMD = 0.20$; $p = .719$). Oberlin et al. (2017) realizaron su metaanálisis incluyendo un total de 14 RCT. Estos autores también mostraron una mejora de manera significativa ($SMD = 0.304$; $p < .001$).

Hay que tener en cuenta que tanto el trabajo de Cumming et al. (2012) como el de Oberlin et al. (2017) indicaron dentro de sus criterios de inclusión programas de intervención con fisioterapia, además de programas con ejercicio físico. En este sentido, el presente metaanálisis presenta un mayor tamaño del efecto sobre la función cognitiva que estas investigaciones. En este sentido, dos de los estudios incluidos en la presente revisión sistemática (Kim y Yim, 2017; Studenski et al., 2005) aplican en el grupo control un programa de fisioterapia. Studenski et al. (2005) muestran los mismos resultados tras aplicar ambos programas, mientras que Kim y Yim (2017) obtuvieron mejores resultados en el grupo de ejercicio físico de manera significativa. Estos hallazgos sugieren que un programa de ejercicio físico puede reducir el declive cognitivo producido por el ictus, y su efecto pudiera ser mayor que el conseguido con un programa de fisioterapia.

El segundo objetivo de la presente revisión sistemática con metaanálisis fue sintetizar los estudios originales realizados sobre el efecto de programas de ejercicio físico sobre la función cognitiva en pacientes postictus, identificando la mejor frecuencia, duración y tipo de programa.

Con relación a la edad de los participantes en las presentes investigaciones, cuatro estudios implementan sus programas de ejercicio físico en adultos (< 65 años) (Bateman et al., 2001; Immink et al., 2014; Kim y Yim, 2017; Ozdemir et al., 2001) y cinco estudios emplearon programas en adultos mayores (≥ 65 años) (Bo et al., 2019; Khattab et al., 2020; Quaney et al., 2009; Studenski et al., 2005; Tang et al., 2016). Al analizar si existieron diferencias en el efecto del programa de ejercicio físico sobre la función cognitiva según la edad, el análisis muestra que los adultos mejoraron significativamente más que los adultos mayores. Esto pudiera ser debido a la relación existente entre la edad y el declive cognitivo. Este se considera una parte inevitable del envejecimiento, que puede ir desde un leve deterioro cognitivo hasta una enfermedad neurodegenerativa crónica (Karantzoulis y Galvin, 2011). Es probable que los programas dirigidos a pacientes postictus de mayor edad deban incluir otros aspectos. Una revisión

sistemática con adultos mayores sanos mostró mayores mejoras en la función cognitiva tras programas que combinaban ejercicio físico y entrenamiento cognitivo frente a los que únicamente incluían ejercicio físico (Gheysen et al., 2018). El artículo de Bo et al. (2019) comparó un programa de entrenamiento combinado con un programa de entrenamiento cognitivo, obteniendo mayores beneficios de la función cognitiva el programa de entrenamiento combinado que el de entrenamiento cognitivo. Por este motivo, se recomiendan programas que incluyan un enfoque multicomponente y entrenamiento cognitivo.

La media de duración de los programas fue de 13.6 semanas con una frecuencia media de 3.8 sesiones por semana y 55.5 minutos por sesión. En este sentido, el análisis mostraba que no existieron diferencias entre aplicar un programa de más de 12 semanas o un programa de menor duración, y que una frecuencia de más de tres sesiones por semana o una duración de sesión superior no aporta mayores mejoras en la función cognitiva. Estos resultados están en línea con un reciente metaanálisis sobre el efecto del ejercicio físico en la función cognitiva en adultos mayores sanos (Gheysen et al., 2018). El metaanálisis de Oberlin et al. (2017) indicó mayores mejoras en los estudios que aplicaron una intervención de menos de tres meses. Aunque no de manera significativa, nuestros resultados muestran la misma tendencia. Estos resultados pudieran ser debidos al no cumplimiento de los principios de entrenamiento aplicados en los programas de ejercicio dirigidos a pacientes postictus, en concreto el principio de progresión. Fue mostrado por una reciente revisión sistemática que los principios de entrenamiento aplicados en los programas de ejercicio físico en esta población son inconsistentes (Ammann et al., 2014). Por ende, se recomienda que un programa de ejercicio físico en pacientes postictus con el objetivo de mejorar la función cognitiva presente especial atención a los principios de entrenamiento, muestre al menos seis semanas de duración, con una frecuencia de tres sesiones por semana y una duración por sesión de al menos 30 minutos.

En relación con el tipo de programa de ejercicio físico, cinco subgrupos aplican programas de ejercicio aeróbico (Bateman et al., 2001; Khattab et al., 2020; Quaney et al., 2009; Tang et al., 2016), tres subgrupos aplican programas de fuerza (Immink et al., 2014; Ozdemir et al., 2001) y tres aplican programas combinados (Bo et al., 2019; Kim y Yim, 2017; Studenski et al., 2005). El análisis mostró que las sesiones que implementaban ejercicios de fuerza fueron más beneficiosas que aquellas que incluían ejercicios de trabajo aeróbico. Sin embargo, al eliminar el grupo que presentó un cambio extremo en la variable de la función cognitiva (Ozdemir et al., 2001), esta diferencia ya no es significativa. Por otro lado, el grupo de estudios que aplican programas de fuerza no incluye adultos mayores, frente al grupo de entrenamiento aeróbico, que incluye cuatro estudios con adultos mayores (Bateman et al., 2001; Khattab et al., 2020; Quaney et al., 2009; Tang et al., 2016), y el grupo de entrenamiento combinado,

que incluye uno (Studenski et al., 2005). Estos resultados están en consonancia con los aportados por el metaanálisis realizado por Oberlin et al. (2017). Estos autores muestran que el entrenamiento exclusivamente aeróbico no presentó resultados positivos sobre la función cognitiva; sin embargo, el entrenamiento de fuerza sí lo mostró. Aun así, no indica si las diferencias mencionadas entre grupos fueron significativas. En este sentido, el entrenamiento aeróbico aumenta el volumen sanguíneo cerebral (Pereira et al., 2007) y el entrenamiento de fuerza promueve una mayor vascularización y mejora el suministro esencial para el cerebro, mejorando así ambos la función cognitiva (Tsai et al., 2015). Del mismo modo, en la mejora de la función cognitiva se ha relacionado un aumento de la proteína factor neurotrófico derivado del cerebro (BDNF) con el ejercicio (Winter et al., 2007). Con el objetivo de poder indicar cuál es el tipo de ejercicio más recomendado para la mejora de la función cognitiva en pacientes que han sufrido de ictus es necesario aumentar el número de RCT.

Aplicación práctica

La presente revisión sistemática con metaanálisis muestra que un programa exclusivamente de ejercicio físico aporta resultados positivos significativos en la función cognitiva en pacientes postictus. Sin embargo, es necesario tener en cuenta otras variables como la edad del participante y los principios de entrenamiento para poder maximizar los beneficios. Estos resultados suponen un nuevo hallazgo para médicos y preparadores físicos con el objetivo de disminuir el declive cognitivo en estos pacientes y mejorar así su calidad de vida. Se recomienda que un programa de ejercicio físico en pacientes postictus con el objetivo de mejorar la función cognitiva presente especial atención a los principios de entrenamiento, se base principalmente en ejercicios de fuerza, muestre al menos seis semanas de duración, con una frecuencia de tres sesiones por semana y una duración por sesión de al menos 30 minutos.

Limitaciones

La principal limitación de la presente revisión sistemática con metaanálisis es el escaso número de RCT existentes hasta la fecha. Este aspecto limita las comparaciones entre grupos y hace necesario aumentar el número de investigaciones originales de RCT. Otra de las limitaciones es que todos los estudios no utilizan la misma herramienta para valorar la capacidad cognitiva y los resultados han tenido que ser traducidos a porcentajes para poder establecer comparaciones.

Conclusiones

Un programa de ejercicio físico mejora la función cognitiva de manera significativa en pacientes postictus, pudiendo ser su efecto superior al de los programas de rehabilitación.

Es probable que en los adultos mayores que sufran un ictus, en comparación con adultos jóvenes y de mediana edad, debido al deterioro cognitivo asociado a la edad, sean necesarios programas combinados de ejercicio físico con entrenamiento cognitivo.

Se recomienda que un programa de ejercicio físico en pacientes postictus con el objetivo de mejorar la función cognitiva presente especial atención a los principios de entrenamiento, muestre al menos seis semanas de duración, con una frecuencia de tres sesiones por semana y una duración por sesión de al menos 30 minutos.

Se sugiere una moderada evidencia de que los programas de entrenamiento de fuerza son los más beneficiosos para la mejora de la función cognitiva en esta población. Sin embargo, es necesario un mayor número de investigaciones para poder indicar qué tipo de programa de ejercicio físico es el más beneficioso para los pacientes postictus.

Referencias

- 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., Bajusz 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., Schmidt, 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.117.017319>
- 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>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES



Descansos activos y rendimiento cognitivo en el alumnado: una revisión sistemática

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

¹Departamento de Didáctica de la Educación Física, Artística y Música. Facultad de Educación de Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha (España).

²Departamento de Didáctica de la Educación Física, Artística y Música. Facultad de Educación de Cuenca, Universidad de Castilla-La Mancha (España).

³Facultad de Educación Albacete, Universidad de Castilla-La Mancha (España).

⁴Departamento de Didáctica de la Educación Física, Artística y Música. Facultad de Educación de Toledo, Universidad de Castilla-La Mancha (España).

Citación

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)

Resumen

Este trabajo tuvo por objetivo realizar una revisión sistemática sobre intervenciones escolares basadas en descansos activos en contexto escolar con la intención de poder identificar las características clave (duración del DA, intensidad de las actividades, naturaleza de las mismas) que debe cumplir un descanso activo para proporcionar un mayor rendimiento cognitivo, como la concentración y la atención en el alumnado. Se realizó una revisión sistemática siguiendo el método PRISMA, estableciendo los siguientes criterios de inclusión: a) estudios publicados entre 2010 y 2020 (ambos inclusive), b) escritos en español o en inglés, c) descanso activo como tema principal, d) artículos elaborados dentro del contexto escolar. Las bases de datos Web of Science, Scopus y PubMed fueron consultadas. Un total de 19 artículos fueron incluidos, mostrando todos ellos mejoras sobre la atención y concentración de los alumnos, tras la realización de un programa de intervención de descansos activos en contexto escolar. Además, se observó la importante influencia que tienen las variables de duración, tipo e intensidad de la intervención para que los descansos activos mejoren el rendimiento cognitivo del alumnado. Finalmente, se concluyó que se encontraron mayores beneficios en descansos activos de corta duración, a una intensidad vigorosa y a través de una actividad con mayor carga cognitiva.

Palabras clave: actividad física, descansos activos, escuela, revisión.

Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Alejandro Prieto-Ayuso*
Alejandro.Prieto@uclm.es

Sección:

Actividad física y salud

Idioma del original:

Castellano

Recibido:

7 de enero de 2021

Aceptado:

17 de mayo de 2021

Publicado:

1 de octubre de 2021

Portada:

Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Introducción

La actividad física (AF) es un factor clave para la salud (OMS, 2020) en el desarrollo físico y psicológico de los niños (Blanco et al., 2020; Strong et al., 2005), ya que produce mejoras en el desarrollo motor (Williams et al., 2008), en la autoestima (Ulrich, 1997) y fortalece la aptitud cardiorrespiratoria (Okely et al., 2001). Del mismo modo, el sedentarismo y la inactividad física también se asocian a diferentes problemas de salud, como la enfermedad coronaria, patologías musculoesqueléticas, hipertensión arterial, colesterol alto, diabetes, depresión o ansiedad, entre otras (Piercy et al., 2018). Así, los datos ofrecidos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2020) nos muestran que el 84 % de las niñas y el 78 % de los niños de entre 11 y 17 años no cumplen la AF diaria recomendada para esta edad, es decir, 60 minutos diarios de actividad física a una intensidad moderada o vigorosa (AFMV) todos los días de la semana y que al menos se incluyan dos de fortalecimiento muscular (OMS, 2010), datos que se ven reforzados en España por el estudio PASOS (2019), en el cual se muestra como el 63.3 % de la población infantil y adolescente no cumple con las recomendaciones establecidas, el 40.6 % de escolares entre 6 y 9 años presenta un exceso de peso y empeora conforme avanza la edad adolescente, y más en las niñas respecto a los niños.

Esta disminución de la práctica de AF parece estar relacionada, en parte, con el estilo de vida sedentario presente en nuestra sociedad (Watson et al., 2019; Janssen y Leblanc, 2010), pero además, también con la existencia de un currículum escolar cargado de contenidos poco manipulativos y con un marcado carácter sedentario, donde la mayoría del proceso educativo se realiza dentro de las cuatro paredes del aula (Brindova et al., 2014). Esta realidad ha contribuido a la modificación del estilo de vida de los niños, alejándolos de opciones que les permitan ser físicamente activos. Este hecho resulta de vital importancia en edad escolar, ya que esta es considerada una etapa sensible, puesto que es donde se establecen gran parte de los hábitos que se mantendrán a lo largo de su vida (Buhring et al., 2009).

Esta situación parece situarse en el extremo opuesto de aquellos que consideran el centro educativo como un entorno ideal para la promoción de la AF, puesto que a pesar de los datos presentados, existen potencialidades que ofrece dicho entorno, tales como un espacio de interacción común, que brinda oportunidades idóneas de aprendizaje y que posibilita la interacción con el entorno inmediato. No obstante, no se debe ser ajeno a ciertas barreras importantes, como el ya mencionado currículo,

o el escaso tiempo empleado en la experimentación o aprendizaje vivenciado, además de los encorsetados espacios de aprendizaje (Center on Education Policy, 2007). Las demandas curriculares en áreas denominadas instrumentales de aprendizaje abarcan gran parte del horario escolar, lo que ha llevado a autores como Van Stralen et al. (2014) a destacar que los niños de 6 a 12 años pasan el 64 % de su tiempo escolar en actividades sedentarias, mientras que solo el 5 % realizando AVMF. Es por ello que se hace evidente la necesidad de incrementar los niveles de AF dentro del contexto escolar, donde nos encontramos con diferentes momentos y espacios para ser activos, como pudieran ser las sesiones de educación física, el recreo, los descansos activos y las entradas y salidas del colegio, que son significativos respecto al cómputo semanal de la actividad física que realizan los escolares (Pastor-Pradillo, 2007; Martínez-Martínez et al., 2012), si bien es cierto que quedan determinados por diferentes condicionantes propios de cada comunidad educativa.

De entre estos tiempos y espacios de acción saludables, los descansos activos (DA) son entendidos como breves periodos de AF (Martínez-López et al., 2018) que se integran dentro del horario escolar, ofreciendo a los alumnos elevados niveles de AF. Este hecho no debe repercutir de forma negativa en su tiempo de aprendizaje, sino que, por el contrario, pueden llegar a mejorar el rendimiento cognitivo (Conteras-Jordán et al., 2020). En este sentido, el trabajo realizado por Hillman et al. (2011) refleja como episodios agudos de AF parecen mejorar el rendimiento atencional de los niños. Altenburg, Chinapaw y Singh (2016) mostraron que alumnos a los que se les aplicaron dos DA de 20 minutos semanales mejoraron la atención selectiva, en comparación con el grupo control que solo tenía un DA. Por otro lado, la investigación desarrollada por Mavilidi et al. (2019) también encontró efectos beneficiosos aplicando descansos activos de menor duración, mejorando la atención, y la concentración en la tarea y en la memoria de trabajo. Las funciones cognitivas (atención, concentración, memoria de trabajo), por tanto, parecen ser mejoradas tras la realización de los DA. En este sentido, conviene diferenciar entre las funciones cognitivas y ejecutivas. La cognición, por su parte, hace referencia a un conjunto de procesos mentales que el ser humano es capaz de llevar a cabo. Por otro lado, las funciones ejecutivas constituyen un constructo empleado para conformar una serie de capacidades cognitivas implicadas en el control del pensamiento y la conducta (Zelazo y Carlson, 2012, 2020), incluyendo habilidades como la selección adecuada de los objetivos, iniciación

y mantenimiento de un plan de acción, y la flexibilidad en las estrategias para alcanzar una meta (Banich, 2009; Soprano, 2003). Además, son esenciales para adaptarse al medio y tener un funcionamiento social adecuado.

Sin embargo, pese a que es sabido que los DA mejoran las funciones cognitivas tales como la atención y la concentración (Donnelly y Lambourne, 2011), existe cierta incertidumbre en cuanto a la estructura de los DA (Chacón-Cuberos et al., 2020), pues no queda clara en la literatura revisada la duración o la frecuencia recomendable de las intervenciones, así como la intensidad o tipo de actividad a proponer dentro de los DA (Laberge et al., 2012; Janssen et al., 2014), aun sabiendo la importancia que tienen estas variables como moderadoras de la propuesta (De Greeff et al., 2017). En este sentido, en un trabajo realizado por Hillman et al. (2011) no se encontraron efectos positivos en intervenciones basadas en ejercicios aeróbicos simples, pero sí en actividades cognitivamente exigentes. Por lo tanto, a la vista de la literatura existente, parece no existir un consenso en cuanto a las características que debe cumplir un descanso activo a fin de mejorar las funciones cognitivas.

Es por ello que el propósito de este trabajo ha sido realizar una revisión sistemática de la literatura, basada en la metodología PRISMA, sobre intervenciones escolares basadas en DA, con la intención de poder identificar las características clave (duración del DA, intensidad de las actividades, naturaleza de las mismas) que deben cumplir estos para facilitar un mayor rendimiento cognitivo.

Metodología

El proceso de obtención de la información que se recoge en este estudio se realizó mediante una revisión sistematizada en las bases de datos Web of Science, Scopus y PubMed. Las dos primeras fueron seleccionadas debido a que son las bases de datos multidisciplinarias que presentan una mayor cantidad de artículos incluidos, y con respecto a la última, fue seleccionada debido a que es la base de datos más específica para artículos relacionados con la salud. La búsqueda se realizó siguiendo los pasos principales de PRISMA (Preferred Reporting Items for Systematic Reviews and Meta-Analyses), incluyendo la estrategia PICO para la búsqueda de artículos en cada una de las bases de datos: participantes/*participants* (p. ej. primaria, estudiantes, niños), intervención/*intervention* (p. ej. programa, test), comparadores/*comparators* (p. ej. educación física, contexto deportivo), resultados/*outcomes* (p. ej. detección, selección). La estrategia de búsqueda utilizada para estas bases de datos quedó conformada

de la siguiente forma: (*cognitive OR attention OR "executive function"*) AND (*"Primary School"*) AND (*"physical activity" OR "active breaks"*). Posteriormente, se siguieron los cuatro pasos principales del método PRISMA: identificación, selección, elegibilidad e inclusión (Moher et al., 2009). Siguiendo esta estrategia, la cantidad de artículos encontrados fue un total de 425 (Web of Science-147; Scopus-205; PubMed-73), más otros tres artículos que se incluyeron desde fuentes externas, lo que hizo un total de 428 artículos para nuestra revisión bibliográfica.

Al total de los artículos encontrados se les aplicaron criterios de selección. Los criterios de inclusión para esta revisión bibliográfica fueron los siguientes: a) estudios publicados entre 2010 y 2020 (ambos inclusive), b) escritos en español o en inglés, c) descanso activo como tema principal, d) artículos elaborados dentro del contexto escolar. Además, se incluyeron artículos cualitativos y cuantitativos con el objetivo de ampliar la gama de artículos disponibles y, así, poder obtener una mayor cantidad de información sobre el tema a estudiar.

Todos los artículos fueron exportados al gestor bibliográfico Mendeley. Tras pasar el filtro de duplicados, el total de artículos quedó en 301 (127 artículos eliminados). Tras este segundo filtrado, teniendo en cuenta los criterios de inclusión, se descartaron un total de 237 artículos, al revisar el año, el título y el resumen. Finalmente, quedaron 64 artículos para su lectura completa, con el objetivo de observar si cumplían todos nuestros criterios de inclusión. Después de este último paso, se seleccionaron definitivamente 19 artículos, los cuales sirvieron para realizar la revisión bibliográfica con profundidad, descartando finalmente 45 documentos que, tras el análisis en profundidad, no cumplían los criterios de inclusión.

Los artículos que no se ajustaban a la fecha de publicación fueron descartados en el primer paso. Todos los artículos que cumplieron con nuestros criterios de inclusión fueron seleccionados para la revisión. Por lo tanto, el diagrama de flujo establecido por el método PRISMA puede verse en la Figura 1.

Resultados

Los 19 artículos seleccionados para ser incluidos en esta revisión son presentados en la Tabla 1, destacando los apartados de autores y año de publicación del artículo, objetivo principal de estudio, muestra (edad y número), instrumento de medida de las variables, variables a estudiar y resultados de la investigación.

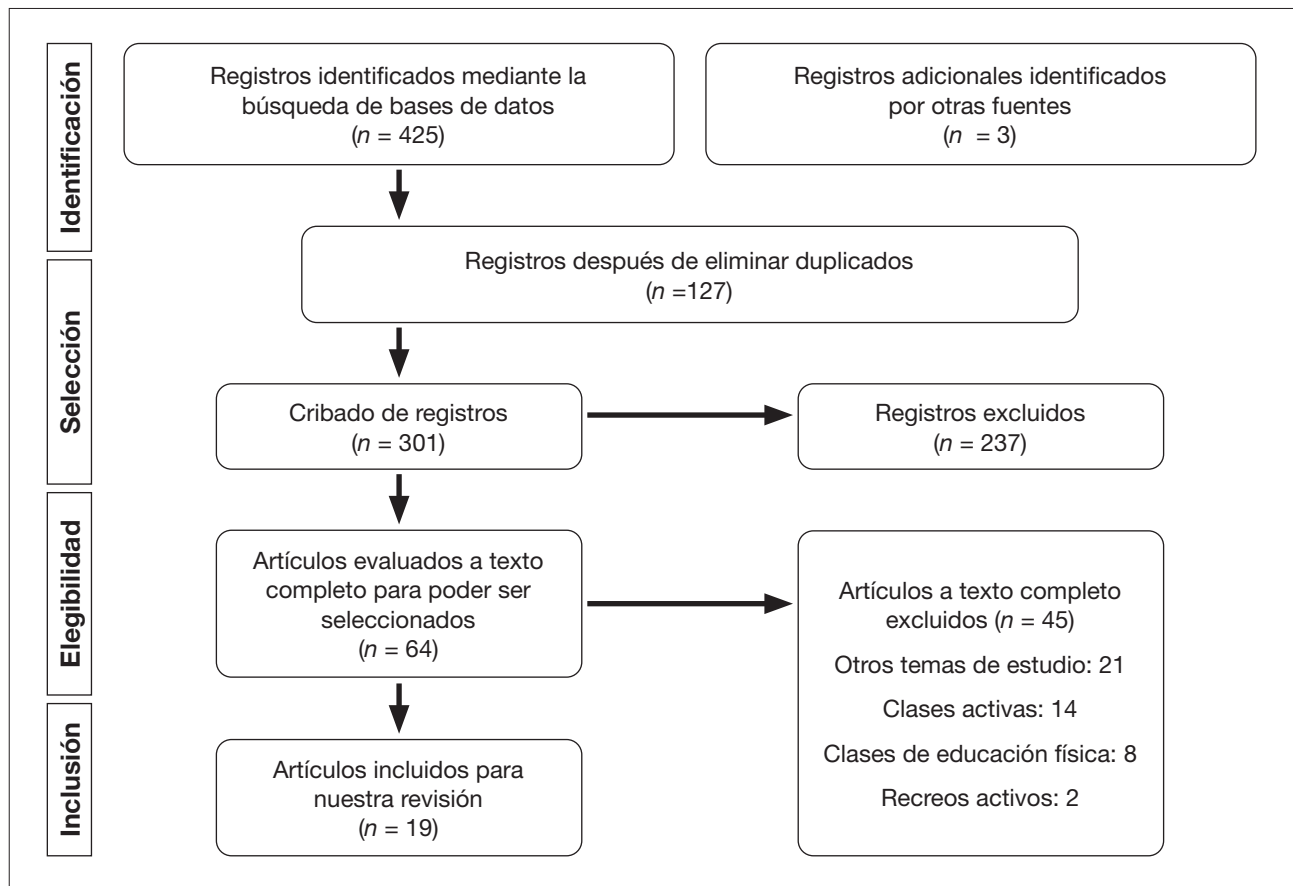


Figura 1
Diagrama de flujo del proceso de selección bibliográfica.

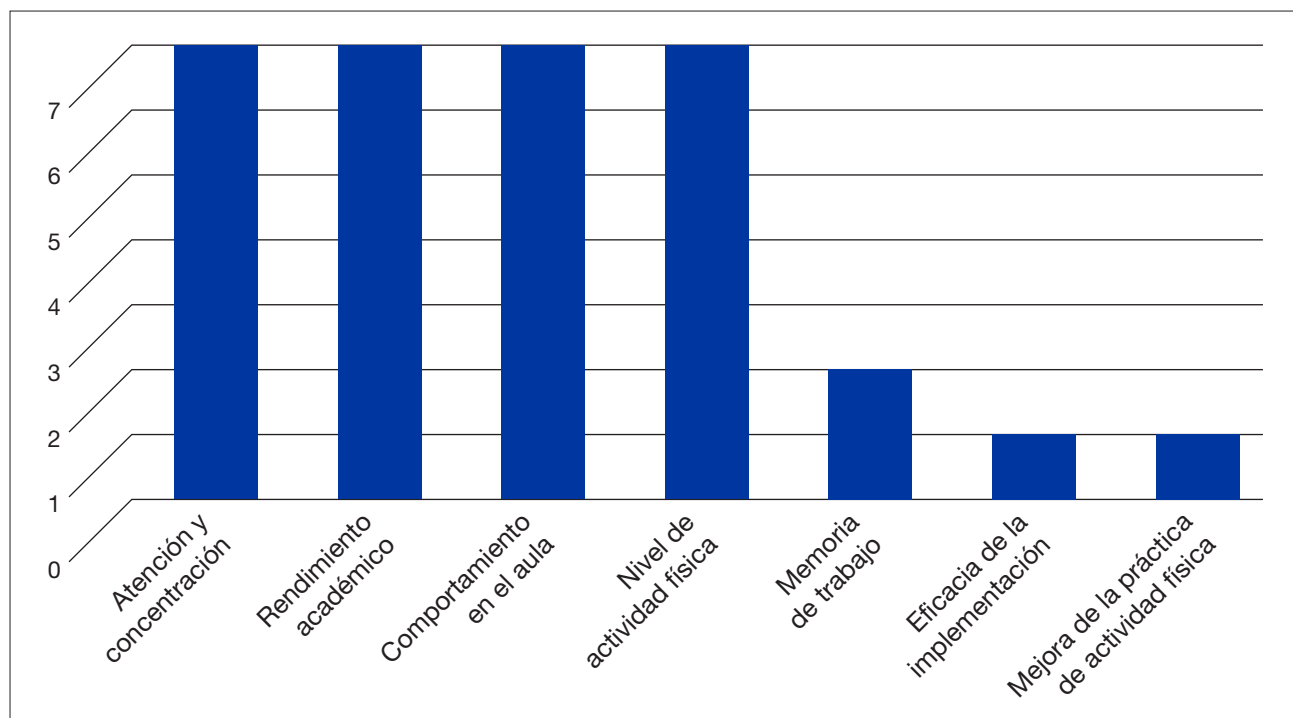


Figura 2
Número de publicaciones agrupadas por temáticas abordadas en los artículos incluidos en la revisión.

Tabla 1*Características de los artículos analizados.*

Artículo	Objetivo del estudio	Muestra	Instrumento de medida	Variables	Resultados
Contreras-Jordán et al. (2020)	Conocer la influencia de los DA en la atención y concentración de los niños.	<i>N</i> = 73 niños de entre 9 y 11 años	Test de atención D2	Atención y concentración	Mejora notable de la atención y concentración tras 10 sesiones de 15 minutos de DA.
Watson et al. (2019)	Evaluar la viabilidad y eficacia de un programa piloto de DA de seis semanas en rendimiento académico, comportamiento en el aula y AF.	<i>N</i> = 374 niños de entre 8 y 10 años	Wheldall Assessment of Reading Passages (WARP) Test Westwood One Minute Tests of Basic Number Facts ActiGraph GT3-X accelerometers Direct Behaviour Rating Scale	Rendimiento académico AF Comportamiento en el aula	Se mostró que el comportamiento en la tarea a nivel individual aumentó en el grupo de intervención, con mayores mejoras observadas en los niños. Sin embargo, no hubo ningún efecto de intervención sobre el comportamiento del aula en la tarea a nivel grupal. No se encontraron efectos de intervención para las matemáticas, la lectura o la AF durante el día escolar.
Janssen et al. (2014)	El objetivo de este estudio fue obtener una idea de los efectos agudos de un período corto de AF sobre la atención selectiva en niños de educación primaria.	<i>N</i> = 123 niños de 10-11 años	TEA-Ch test	Atención en el aula	Los niveles de atención de descanso de AF fueron significativamente mejores ($p < .001$) que después de no realizar un DA. Los niveles de atención fueron mejores después del descanso de AF de intensidad moderada.
Egger et al. (2019)	El objetivo del estudio fue examinar los efectos de los DA con alto esfuerzo físico y alto compromiso cognitivo (grupo combinado), alto esfuerzo físico y bajo compromiso cognitivo (grupo aeróbico), o bajo esfuerzo físico y alto compromiso cognitivo (grupo cognitivo).	<i>N</i> = 142 niños de entre 7-9 años	Self-Assessment Manikin ActiGraph GT3X Eriksen flanker task Heidelberger Rechentest Hamburger Schreib-Probe (HSP 1-10) Salzburger Lesescreening PAQ-C	Nivel de AF Rendimiento académico Resultados cognitivos (matemáticas, ortografía y lectura)	El grupo combinado se benefició al mostrar más exigencia cognitiva. El grupo cognitivo se benefició solo en términos de rendimiento académico, mientras que el grupo aeróbico no se vio afectado. La inclusión de pausas de AF cognitivamente atractivas parece ser una forma prometedora de mejorar las funciones cognitivas de los escolares.
Mok et al. (2020)	Evaluar la efectividad de este programa para cambiar las actitudes de los niños hacia la práctica física.	<i>N</i> = 3036 estudiantes de entre 8-11 años	Cuestionario de la Escala de Actitudes hacia la AF (APAS)	Actitud hacia la práctica de AF	Este estudio proporciona evidencia sobre las mejoras en términos de aprendizaje, experiencia, actitudes hacia la AF y motivación personal.

Tabla 1 (Continuación)*Características de los artículos analizados.*

Artículo	Objetivo del estudio	Muestra	Instrumento de medida	Variables	Resultados
Schmidt et al. (2016)	Desenredar los efectos separados y / o combinados del esfuerzo físico y el compromiso cognitivo inducidos por las interrupciones de la AF en la atención de los niños de primaria.	N = 92 niños de 11-12 años	Test D2 PANAS-C	Atención en los alumnos	El esfuerzo físico no tuvo ningún efecto en ninguna medida del rendimiento atencional de los niños. El compromiso cognitivo fue el factor crucial que condujo a una mayor atención enfocada y una mayor velocidad de procesamiento.
Suarez-Manzano et al. (2018)	Analizar los estudios que evalúan el efecto de la práctica de AF integrada en los descansos escolares, sobre la atención en niños y adolescentes.	Revisión sistemática		Atención en los alumnos	Todos los estudios emplearon ejercicio físico a intensidad moderada-vigorosa de una duración entre 5 y 30 min. En siete estudios obtuvieron mejoras y en dos no obtuvieron cambios. Se encontraron diferencias atendiendo al sexo. Finalmente, se observó la influencia de la duración e intensidad de la intervención.
Paschen et al. (2019)	Investigar los efectos de ejercicio con demandas cognitivas bajas y altas sobre la velocidad de procesamiento y la precisión del rendimiento en tareas que examinan la inhibición, memoria de trabajo y flexibilidad cognitiva en niños.	Revisión sistemática		Memoria de trabajo Inhibición Flexibilidad cognitiva	10 estudios con un total de 890 participantes revelaron efectos positivos en el rendimiento de la memoria de trabajo después de ejercicios con bajas demandas cognitivas en comparación con el descanso sentado, resultados mixtos para la inhibición después de ejercicios con altas y bajas demandas cognitivas y resultados mixtos para flexibilidad cognitiva con bajas demandas cognitivas.
Mavilidi et al. (2020)	Investigar si la AF podría disminuir los niveles de ansiedad y mejorar el rendimiento de las pruebas de matemáticas en niños de sexto grado.	N = 68 niños de 11-12 años	The Cognitive Anxiety test Questionnaire Math Test	Niveles de ansiedad Rendimiento académico	Los estudiantes con ansiedad baja obtuvieron mejores resultados en el examen de matemáticas que los niños con ansiedad alta. No se encontraron diferencias para ninguna de las variables entre la condición de interrupción de la actividad y la condición de control.

Tabla 1 (Continuación)*Características de los artículos analizados.*

Artículo	Objetivo del estudio	Muestra	Instrumento de medida	Variables	Resultados
Mavilidi et al. (2019)	Este estudio examinó los efectos de diferentes tipos de DA en el aula sobre el comportamiento en el trabajo de los niños, el rendimiento académico y la cognición.	$N = 87$ alumnos de entre 9 y 11 años	Behaviour observation of students in schools The Applied behaviour analysis for teachers Individual Basic Facts Assessment Tool The Flanker test	Comportamiento en la tarea Rendimiento académico Funciones ejecutivas	Se encontraron efectos significativos para el comportamiento en la tarea. Se mejoraron los resultados en cuanto al rendimiento académico en matemáticas. No se encontró efecto en las funciones ejecutivas.
Schmidt et al. (2019)	Investigar los efectos de actividades físicas específicamente diseñadas sobre el aprendizaje del vocabulario de lenguas extranjeras y el rendimiento atencional.	$N = 104$ niños de entre 8-10 años	Cued recall test Test D2	Rendimiento académico Atención	El aprendizaje incorporado con la AF fue más efectivo para enseñar a los niños palabras nuevas que la condición de control. Para niños, sin embargo, la atención focalizada no difirió entre las tres condiciones.
Masini et al. (2020)	Investigar los efectos de DA en los niveles de AF, comportamiento en el aula, funciones cognitivas y rendimiento académico en niños de primaria.	Revisión sistemática		Nivel de AF Comportamiento en el aula Funciones cognitivas Rendimiento académico	Se encontró una mejora significativa en el aumento de los niveles de AF en niños de primaria. Con respecto al comportamiento en el aula, el tiempo dedicado a tarea durante las lecciones aumentó significativamente. Por otro lado, los efectos sobre funciones cognitivas y los logros académicos (matemáticas, lectura) no fueron concluyentes.
Mazzoli et al. (2019)	Evaluar la viabilidad de implementar una tarea motora cognitivamente desafiante como un DA en las escuelas.	$n = 12$ maestros y $n = 34$ alumnos	Entrevistas	Efecto de implementar los DA en las aulas	Las escuelas vieron la tarea motora cognitivamente desafiante como apropiada y potencialmente beneficiosa para los niños. Los niños informaron de que disfrutaban los DA. Los maestros en escuelas de educación especial vieron la tarea como compleja y potencialmente frustrante para los niños.
Buchele-Harris et al. (2018)	Este estudio examinó los efectos de los DA en cuatro semanas, durante seis minutos diarios, en los niveles de atención y concentración en niños en edad escolar.	$N = 116$ alumnos de 10 años	Test D2	Atención y concentración	Se encontraron aumentos significativos en la velocidad de procesamiento y en la capacidad de atención con respecto al grupo control. Además, se mejoró notablemente la concentración de los alumnos.

Tabla 1 (Continuación)*Características de los artículos analizados.*

Artículo	Objetivo del estudio	Muestra	Instrumento de medida	Variables	Resultados
Mahar (2011)	El objetivo del estudio fue describir la medición del comportamiento en la tarea y revisar la investigación sobre los efectos de breves interrupciones de la AF en la atención a la tarea en estudiantes de primaria.	Revisión sistemática		Atención	La evidencia limitada sugiere una pequeña mejora en la atención a la tarea después de los descansos de AF. Los estudiantes que participaron en actividades físicas en el aula que incorporaron conceptos académicos demostraron significativamente mejoras en la atención a la tarea con respecto al grupo control.
Routen et al. (2017)	El objetivo de este estudio es determinar el grado de implementación de los DA, además de investigar cómo afectan en su rendimiento escolar.	5 clases de 9-10 años	The Children's Activity Rating Scale The School Physical Activity Promotion Competence Questionnaire Actigraph accelerometer (GT3X or GT3X+) Test D2	Funciones cognitivas Nivel de AF	No se han podido encontrar resultados ya que es un programa que no se ha llevado a cabo.
Rizal et al. (2019)	El propósito de este estudio es medir el efecto de este programa en las etapas de cambio, en cuanto a equilibrio decisional, procesos de cambio, autoeficacia y ejercicio de tiempo libre entre la etnia malaya en niños de primaria.	N = 322 niños de entre 10-11 años	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	Procesos de cambio Equilibrio decisional Autoeficacia	Mostró cambios significativos en el proceso cognitivo. Además, se observó un efecto de interacción significativo por etapas de cambio.
Morris et al. (2019)	Mostrar mejoras y beneficios educativos en las funciones ejecutivas y rendimiento académico de los alumnos a través de la iniciativa The Daily Mile (TDM).	N = 303 8.99 ± 0.5 años	Pruebas sobre funciones ejecutivas (Trail Making Task; Digit Recall; Flanker; Animal Stroop) Prueba de fluidez matemática (Prueba de suma y resta de matemáticas, velocidad y precisión) GT9X, GT3X + acelerómetros	Funciones ejecutivas Rendimiento académico AF	TDM reveló un nivel de AF significativamente mayor (+10.23 min) y un tiempo sedentario reducido (-9.28 min) en comparación con el control. El rendimiento académico mejoró significativamente. No se encontraron diferencias en las funciones ejecutivas.
Ruiz-Hermosa et al. (2019)	Evaluar la relación entre el desplazamiento activo al centro y el rendimiento académico en niños y adolescentes.	Revisión sistemática		Rendimiento cognitivo y académico	No se encontraron evidencias suficientes sobre la relación entre desplazamiento activo y rendimiento cognitivo y académico.

Objetivos

Del total de los 19 artículos, hemos podido observar que 7 de ellos tienen como objetivo principal de estudio los DA y su influencia en la atención y concentración de los alumnos (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). Además, se han identificado otros 7 artículos que estudian el efecto de los DA en el rendimiento académico, comportamiento en el aula y nivel de 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). Por último, 5 estudios con temática diferente se han centrado en estudiar la influencia de los DA hacia la mejora de la práctica de AF (Mok et al., 2020), para la mejora de la memoria de trabajo (Rizal et al., 2019; Paschen et al., 2019) y para observar la eficacia de su implementación (Mazzoli et al., 2019), exceptuando un último artículo donde se evalúa la relación entre el desplazamiento activo y el rendimiento cognitivo (Ruiz-Hermosa et al., 2019).

Muestra

En cuanto a la muestra, de los 19 artículos seleccionados, 5 cuentan con una muestra inferior a 100 alumnos (Contreras-Jordán et al., 2020; Schmidt et al., 2016; Mavilidi et al., 2020; Mavilidi et al., 2019; Mazzoli et al., 2019).

Además, 7 de los estudios seleccionados presentan una muestra de entre 100 y 400 alumnos (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). Por otro lado, solo uno de ellos supera la muestra de 400 alumnos (Mok et al., 2020). Por último, nos encontramos con 5 revisiones sistemáticas (Paschen et al., 2019; Suarez-Manzano et al., 2018; Masini et al., 2020; Mahar, 2011; Ruiz-Hermosa et al., 2019), por lo que desconocemos la muestra de cada una de ellas. Además, todos los artículos han sido incluidos en la etapa de educación primaria, mayoritariamente entre los 8 y los 12 años.

Instrumentos de medida

De los 19 artículos seleccionados, excluyendo las 5 revisiones sistemáticas (Paschen et al., 2019; Suarez-Manzano et al., 2018; Masini et al., 2020; Mahar, 2011; Ruiz-Hermosa et al., 2019), 6 artículos han utilizado estos instrumentos para medir la atención, como el Test D2, el TEA-Ch Test o el PANAS-C. Por otro lado, se han utilizado una serie de acelerómetros para medir el nivel de AF, utilizándose el ActiGraph GT3-X. Para observar el rendimiento académico, 5 artículos han utilizado diferentes instrumentos, destacando 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. Por otro lado, 2 artículos también se han centrado en el nivel de AF, utilizando PAQ-C, The School Physical Activity Promotion Competence Questionnaire. Por último, 2 estudios han utilizado herramientas diferentes, como las entrevistas o el Cuestionario de la Escala de Actitudes hacia la AF (APAS).

Variables

En cuanto a las variables, del total de los 19 artículos seleccionados, 7 tienen como variable la atención. Por otro lado, 7 artículos presentan el rendimiento académico como una de sus variables. Además, 5 artículos cuentan el nivel de AF como una de sus variables principales. En cuanto a las funciones cognitivas ejecutivas, encontramos 5 artículos. Finalmente, encontramos, entre otras variables, la actitud hacia la AF, memoria de trabajo e inhibición, el efecto de implementar los DA (Mazzoli et al., 2019) o los procesos de cambio y autoeficacia.

Resultados

Con respecto a los resultados, de los 19 estudios, 10 encontraron mejoras con respecto a la atención tras la implementación de los 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). Sin embargo, Schmidt et al. (2019) no encontraron efectos sobre la atención en su estudio. Por otro lado, otros 5 estudios encontraron mejoras en el rendimiento académico (Paschen et al., 2019; Mavilidi et al., 2020; Mavilidi et al., 2019; Mahar, 2011; Schmidt et al., 2019). Al contrario, 3 estudios no encontraron beneficios en el rendimiento académico tras la implementación de DA (Masini et al., 2020; Watson et al., 2019; Ruiz-Hermosa et al., 2019). Finalmente, se encontraron mejoras en 4 estudios en cuanto al nivel de AF de los alumnos (Mavilidi et al., 2019; Masini et al., 2020; Mazzoli et al., 2019; Mok et al., 2020).

Discusión

El presente estudio tenía como objetivo realizar una revisión sistemática sobre el uso de los DA en la etapa de primaria como estrategia para mejorar el rendimiento cognitivo de los alumnos. Para ello, se utilizaron Web of Science, Scopus y PubMed como bases de datos principales para la búsqueda de artículos publicados en los últimos 10 años y relacionados con esta temática. En consecuencia, un total de 19 artículos fueron incluidos.

En este sentido, gran parte de los artículos publicados han encontrado evidencias de que un DA ayuda a mejorar la atención de los alumnos en el aula, tal y como demostraron

otros estudios que se centraron en mejorar dicha variable a través de este tipo de descansos (Donnelly y Lambourne, 2011; Wilson et al., 2016). Además, estas pausas de AF también consiguieron generar efectos positivos en el rendimiento académico (Paschen et al., 2019; Mavilidi et al., 2020; Mavilidi et al., 2019; Mahar, 2011; Schmidt et al., 2019).

El efecto que un DA tiene sobre la atención se encuentra en su punto más efectivo justo después de un descanso de AF moderada. Este efecto está relacionado con la hipótesis de la U invertida, que establece que el rendimiento cognitivo se mejora de manera significativa a un nivel moderado de excitación (McMorris y Graydon, 2000). El nivel óptimo de excitación para la atención de los adultos se alcanza después de un episodio de AF moderada (Brisswalter et al., 2002). Podría decirse que este nivel óptimo es el mismo en niños porque el control atencional se desarrolla totalmente a partir de los 7 años (Rueda et al., 2005). Por lo tanto, se podría deducir que la atención y la AF están totalmente relacionadas para poder generar un efecto positivo.

Como ya se mencionó anteriormente, hay varios aspectos que influyen directamente en las variables a estudiar sobre un DA, como son la duración, el tipo (cognitivo o mecánico) y la intensidad de este.

En cuanto a la duración de estos descansos, autores como Kubesch et al. (2009) comprobaron qué cambios se podrían producir en aspectos cognitivos tras realizar descansos de 5 y 30 minutos, demostrando que se producían mejoras tras 5 minutos a una intensidad vigorosa con respecto a 30 minutos a una intensidad moderada. Además, al estudiar el efecto de incluir la AF en los descansos durante al menos 4 minutos, se encontraron mejoras a corto plazo en cuanto a la atención (Ma et al., 2014). Por esta razón, se puede interpretar que se obtienen mayores beneficios a través de un descanso corto (5-10 minutos) con alta intensidad que a través de un DA moderado de 30 minutos.

Con respecto a la intensidad del descanso, Coe et al. (2006) midieron en 214 niños de entre 10 y 11 años el efecto de esta a través de intervenciones de AFMV en los DA, observando que el grupo de intensidad moderada no tuvo cambios, mientras que en el grupo de intensidad vigorosa se encontraron mejoras significativas en comparación al grupo control. Se podría interpretar que un episodio de AF a intensidad vigorosa presenta mayores mejoras en los alumnos con respecto a una intensidad moderada.

Otro factor importante puede estar relacionado con el tipo de actividad llevada a cabo, es decir, si presenta mayor carga cognitiva o presenta un carácter más mecánico. En un estudio aquí incluido, Watson et al. (2019), se utilizaron actividades mayoritariamente con carga cognitiva, encontrando mejoras significativas, pero no pudo llegar a ser concluyente puesto que no se compararon con aquellas otras que presentan un carácter más centrado en la AF. Por otra parte, Schmidt et al. (2016) a través de la comparación de grupos con DA,

otro con DA con carga cognitiva y otro grupo con ejercicios cognitivos únicamente, concluyó que fue el compromiso cognitivo el elemento clave para una mayor atención y una mejora en la velocidad de procesamiento, en lugar de la carga de AF. Además, Buchele-Harris et al. (2018) encontraron en su estudio mejoras en la velocidad de procesamiento, en la atención y en la concentración a través de DA basados en movimientos de coordinación bilaterales. En este estudio, también se encontró que los alumnos que participaban en actividades con carga física, sin carácter cognitivo, no diferían del grupo control. Por estas razones, se puede deducir que la carga cognitiva es un factor crucial para mejorar notablemente en nuestros alumnos aquellos aspectos relacionados con la atención o la concentración.

De tal manera, lo anteriormente descrito tiene sentido en la medida en que, según el trabajo desarrollado por Ruiz-Hermosa et al. (2019), la AFMV influye directamente en la función cerebral. Así, la mejora de la capacidad cardiorrespiratoria activa la angiogénesis, es decir, el proceso físico que forma nuevos vasos sanguíneos a partir de los existentes, aumentando el flujo sanguíneo y mejorando la vascularización cerebral (Hillman et al., 2008). Además, la práctica de AF también favorece el incremento del llamado factor neurotrófico del cerebro, es decir, aquel que regula la supervivencia de las células y la plasticidad cerebral (Huang et al., 2014), lo que lleva a la mejora de los elementos cognitivos (Leckie et al., 2014). Por lo tanto, parece ser que la práctica de AF contribuye al aumento de los niveles de atención y concentración, justificando en este sentido la necesidad de incorporar los DA dentro del período lectivo escolar.

Conclusión

Los resultados de esta revisión sistemática sugieren que los DA son una buena estrategia para obtener un mayor rendimiento cognitivo. Además, cabe destacar que se han encontrado diferencias atendiendo a la duración, tipo e intensidad, siendo más adecuado un DA de 5-10 minutos frente a otro de 20 minutos, a una intensidad vigorosa frente a moderada y que el tipo de actividad tenga más carga cognitiva que mecánica. Por lo tanto, podemos deducir que, gracias a las mejoras que los DA parecen tener sobre el rendimiento cognitivo, los alumnos podrían tener una mejora en cuanto a la atención y la concentración en el aula, mayor rendimiento académico e incluso una mayor motivación. Asimismo, en ámbitos específicos como el deportivo, dichas mejoras cognitivas están implicadas en el éxito de numerosas tareas que hay que resolver durante la práctica física.

Por último, debemos destacar la existencia de una pequeña limitación, a la vez que de una potencialidad. Y es que se ha observado una escasez de artículos centrados en la puesta en práctica de programas de DA en los últimos

10 años, es decir, la mayoría de los trabajos, o gran parte de ellos, los podemos encontrar a partir de 2017, como se ha podido ver en esta revisión bibliográfica. También, la potencialidad y necesidad de seguir trabajando sobre esta línea, ya que la inclusión de los DA en el aula está relacionada con las nuevas metodologías que están surgiendo y con el auge de las nuevas tecnologías. Además, hay que tener en cuenta que a pesar de que el currículum de educación física está bien establecido, trabajar en este campo no es sencillo, debido a la cantidad de variables que deben ser tenidas en cuenta y que, en ocasiones, pueden ser difíciles de ser controladas por el docente, además de la necesidad de existir una predisposición clara por parte de todos los agentes implicados para poder llevar a cabo este tipo de programas de intervención (Romero-Cerezo, 2007).

Aplicaciones prácticas

Los resultados hallados han pretendido continuar esta línea de investigación relacionada con la AF y el rendimiento cognitivo. Dicha AF ha sido concretada a través de los DA. Así, la primera aplicación práctica que este trabajo presenta es servir de base para otros investigadores centrados en esta línea de investigación, con el propósito de poder replicar los resultados aquí hallados y añadir así mayor conocimiento en este campo. En segundo lugar, los resultados hallados deben ser tenidos en cuenta por los maestros de educación primaria, con el propósito de seguir las indicaciones señaladas referidas a la adecuada realización de un DA para que sea efectivo. Aspectos como la intensidad, duración o frecuencia deben ser controlados a la hora de realizar un programa de DA. Finalmente, en tercer lugar, aquellos agentes responsables de las leyes educativas deben ser conscientes de los beneficios que presentan los DA para el rendimiento cognitivo del alumnado, a fin de ofrecer cursos de formación sobre programas de DA a los centros educativos.

Referencias

- 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&nodeID=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 Egregius. 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., Korcz, 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/rev11I2ART2.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 Currículum 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>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES



Composición corporal segmentaria en atletas con lesión medular: un estudio piloto

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

¹ Universidad de Campinas - Facultad de Educación Física; Laboratorio de Evaluación Física en Deporte Adaptado y Ejercicio. Campinas, São Paulo (Brasil).

² Universidad de Pará - Facultad de Educación Física; Programa de Posgrado en Ciencias del Movimiento Humano. Belém, Pará (Brasil).

³ Universidad de Campinas - Facultad de Ciencias Médicas. Campinas, São Paulo (Brasil).

Citación

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)

Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Mariane Borges*
mariane9@yahoo.com.br

Sección:

Actividad física y salud

Idioma del original:

Inglés

Recibido:

3 de agosto de 2020

Aceptado:

18 de mayo de 2021

Publicado:

1 de octubre de 2021

Portada:

Juegos Olímpicos de Tokio
2020 - Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Resumen

El objetivo de este estudio fue comparar los métodos antropométricos por segmento corporal con los valores previstos por absorciometría con rayos X de doble energía (DXA) en atletas con lesión medular. En este estudio participaron ocho atletas tetraplégicos y seis parapléjicos. Se midieron los perímetros corporales en siete lugares, el espesor del pliegue cutáneo en nueve (en el lado derecho del cuerpo) y la composición corporal por DXA. Se utilizó el análisis de regresión lineal para verificar las asociaciones entre composición corporal y mediciones antropométricas. Las medidas segmentarias que explican mejor la masa grasa obtenidas por DXA fueron: una suma del espesor del pliegue cutáneo en el brazo ($R^2 = .66$; $p < .01$); en los pliegues cutáneos del tronco, subescapular ($R^2 = .75$, $p < .01$), medio axilar ($R^2 = .67$, $p < .01$) y abdominal ($R^2 = .67$, $p < .01$) y la suma del espesor del pliegue cutáneo del tronco ($R^2 = .67$, $p < .01$); y en la pierna, el pliegue cutáneo de la pantorrilla y la suma de los pliegues cutáneos de la pierna ($R^2 = .70$, $p < .01$; $R^2 = .68$, $p < .01$). Los perímetros del brazo relajado y tenso mostraron relaciones relevantes ($R^2 = .52$, $p < .01$, y $R^2 = .57$, $p < .01$, respectivamente) con la masa grasa obtenida por DXA. Esto sugiere que el análisis segmentario de la composición corporal mediante los perímetros y el espesor del pliegue cutáneo podría ser una buena opción para determinar de forma precisa la composición corporal en atletas con lesión medular. La suma de los pliegues cutáneos por segmento reflejó de forma clara y significativa la masa grasa prevista por DXA.

Palabras clave: antropometría, composición corporal, lesiones medulares.

Introducción

La búsqueda de la excelencia deportiva es un objetivo común en los deportes adaptados y convencionales, y entre los factores que interfieren en el rendimiento deportivo deseado se encuentra la composición corporal (Borges et al., 2016; Nikolaidis, 2013), que se asocia positivamente con la práctica deportiva regular (Cavedon et al., 2020; Gorla et al., 2016).

La evaluación y monitorización de la composición corporal está claramente relacionada con el rendimiento deportivo porque establece objetivos, identifica el desarrollo de los atletas y planifica el trabajo posterior. En una población con lesión medular (LM), la importancia de evaluar y monitorizar la composición corporal es aún mayor porque, después de la lesión, existe una redistribución de los componentes de la composición corporal representada por el aumento y acumulación de grasa (Beck et al., 2014), un descenso de masa magra en las regiones centrales (tronco) y las extremidades inferiores y un aumento de masa magra (Maggioni et al., 2003; Yazar-Fisher et al., 2013) y un descenso de masa grasa en regiones superiores, que determinan la importancia de evaluar la composición corporal de forma segmentada, es decir, por segmento corporal (brazos, tronco y piernas).

Entre los numerosos métodos de evaluación de la composición corporal, destacamos la absorciometría con rayos X de doble energía (DXA), un método que se considera válido para analizar la composición corporal en individuos con LM (Jones et al., 1998) y el método antropométrico de espesor del pliegue cutáneo, que destaca

por su bajo coste y fácil aplicabilidad, que permite obtener muestras grandes y establecer parámetros (Heyward y Stolarczyk, 2000).

Sin embargo, en la literatura aún no se han descrito ecuaciones de predicción por medio del espesor del pliegue cutáneo validadas para atletas con diferentes niveles de lesión (paraplejia y tetraplejia). Además, las ecuaciones de predicción generalizadas para personas sin discapacidades han subestimado el porcentaje de grasa corporal en la población con LM (Maggioni et al., 2003; Spungen et al., 1995); sin embargo, existen pruebas de que la suma del espesor de los pliegues cutáneos puede predecir los cambios en la grasa corporal en esta población (Goosey-Tolfrey et al., 2020; Willems et al., 2015). En este contexto, el objetivo de este estudio fue comparar los métodos antropométricos de perímetros corporales y espesor de pliegues cutáneos por segmento corporal con los valores previstos por DXA en atletas con lesión medular.

Material y métodos

Participantes

Catorce atletas masculinos con LM, de los cuales ocho tetrapléjicos que practicaban rugby en silla de ruedas y seis parapléjicos que practicaban balonmano en silla de ruedas. En la Tabla 1 se presentan las características de los participantes.

Tabla 1
Características de los participantes.

Participantes	Edad (años)	Nivel de lesión	Duración de la lesión (años)	Masa corporal (kg)	Estatura (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
Media	33.10		10.50	71.70	1.74	20.60
± DE	6.60		7.20	15.10	0.08	4.20

Nota. IMC: índice de masa corporal.

Se requirió a los atletas que practicaran deporte al menos tres veces por semana, con una duración mínima de una sesión de entrenamiento de dos horas. Además, se les pidió un año mínimo de práctica en la modalidad.

Este estudio fue aprobado por el Comité de Ética de la Facultad de Ciencias Médicas de la Universidad Estatal de Campinas (n.º 3.092.352) en 2018 y todos los participantes proporcionaron el consentimiento informado escrito antes de participar en este estudio.

Antropometría

La masa corporal (kg) se midió con una báscula digital para sillas de ruedas (Líder®) con una capacidad de 500 kg y una escala de lectura de 50 g. Para verificar la masa corporal, los atletas primero se pesaron con la silla de ruedas y después se midió la masa de la silla de ruedas por separado. El peso de cada atleta se calculó por la diferencia entre estas mediciones, es decir, restar la masa de la silla de ruedas de la masa total. La estatura (m) de los participantes se evaluó con un estadiómetro, con una escala de lectura en milímetros, en decúbito supino.

Perímetros corporales

Los perímetros se evaluaron con una cinta antropométrica con una escala de lectura en milímetros (Gulick-WCS, Cardiomed). Para el análisis segmentario, se relacionaron el perímetro del brazo del brazo tenso (punto de mayor perímetro del brazo totalmente tenso), del brazo relajado (distancia media entre el borde más externo del acromion y el olécranon) y del antebrazo (punto de mayor perímetro del antebrazo) con la composición corporal prevista por DXA de la región del brazo. El perímetro de la cintura (distancia media entre la última costilla y la cresta ilíaca, en un plano horizontal) y el perímetro abdominal (punto de mayor protuberancia del abdomen normalmente sobre el ombligo) se relacionaron con la región del tronco. El perímetro del muslo (distancia media entre la línea inguinal y el borde superior de la rótula) y el perímetro interno de la pantorrilla (punto de mayor perímetro de la pierna, es decir, mayor perímetro de la pantorrilla) se relacionaron con la región de la pierna. Un único evaluador realizó tres mediciones en cada punto y los pliegues cutáneos abdominal y suprailíaco se midieron en decúbito supino.

Espesor del pliegue cutáneo

El espesor del pliegue cutáneo se midió con un plicómetro Harpenden (John Bull, British Indicators Ltd., St Albans, RU) en nueve lugares del lado derecho del cuerpo. Para analizar la composición corporal de la región superior

del brazo se utilizó el espesor del pliegue cutáneo del tríceps (distancia media entre el borde superoexterno del acromion y la apófisis del olécranon del cúbito) y del bíceps (punto de mayor perímetro aparente del bíceps). El espesor del pliegue cutáneo de las regiones axilar media (oblicua al punto de intersección entre la línea axilar media y la línea transversal imaginaria a la altura de la apófisis xifoides del esternón), pecho (distancia media entre la línea axilar anterior y el pezón), subescapular (oblicua al eje longitudinal, en la porción inmediatamente por debajo del borde inferior de la escápula, de promedio 2 cm), suprailíaco (encima de la cresta ilíaca anterosuperior, a la altura de la línea media axilar) y abdominal (aproximadamente 2 cm a la derecha del borde externo del ombligo) representó la región del tronco. El espesor del pliegue cutáneo del muslo (sobre el músculo recto anterior, en el tercio superior de la distancia entre el ligamento inguinal y el borde superior de la rótula) y de la pantorrilla (realizado externamente al punto de mayor perímetro de la pierna) representó la región de la pierna.

Absorciometría con rayos X de doble energía

La composición corporal se midió por absorciometría con rayos X de doble energía (Hologic QDR 4500A, versión 11.1:3, Waltham, MA, EE. UU.). El contenido mineral óseo, la masa magra y la masa grasa en gramos se midieron en todo el cuerpo y por segmento (tronco, pierna y brazo). Todas las mediciones se realizaron habiendo instruido a los participantes para que llevaran ropa ligera y se les retiró el calzado antes de la prueba. Se pidió a los atletas que se quitaran todos los objetos metálicos (p. ej., anillos, collares, etc.). Las mediciones de todos los atletas se realizaron por la tarde entre las 14 y 15 horas.

Análisis estadístico

Los datos se tabularon con el paquete Microsoft Excel 2007®. El análisis de normalidad de todas las variables del estudio se realizó con el test de Shapiro-Wilk y las variables no normales se insertaron en la transformación logarítmica (Log^{10}). Además de la estadística descriptiva, la media y la desviación estándar, la relación entre las variables antropométricas y de composición corporal se analizó con el coeficiente de correlación de Pearson. Los criterios de inclusión para los análisis de regresión se utilizaron para verificar la relación entre las dos variables. Los datos se analizaron con el *software* R-Plus, versión 2.15.0® (2012) para Microsoft Windows® con la interfaz gráfica R-Studio®. El valor de significación se estableció en $p < .05$.

Tabla 2*Media ($\pm$ DE) de variables antropométricas y de composición corporal.*

Antropométrica					
Brazo		Tronco		Pierna	
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 PCP (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)		
Composición corporal					
Brazo		Tronco		Pierna	
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: pliegue cutáneo bicipital; PCT: pliegue cutáneo tricipital; Σ PCB: suma de los pliegues cutáneos del brazo (bicipital y tricipital); PBC: perímetro del brazo en tensión; PBR: perímetro del brazo relajado; PA: perímetro del antebrazo; PCMA: pliegue cutáneo medio axilar; PCP: pliegue cutáneo pectoral; PCSi: pliegue cutáneo suprailíaco; PCA: pliegue cutáneo abdominal; PCS: pliegue cutáneo subescapular; Σ PCT: suma de los pliegues cutáneos del tronco (medio axilar, pecho, suprailíaco y abdominal); PC: perímetro de la cintura; PAb: perímetro abdominal; PCM: pliegue cutáneo del muslo; PCPant: pliegue cutáneo de la pantorrilla; PM: perímetro del muslo; PP: perímetro de la pantorrilla; Σ PCP: suma de los pliegues cutáneos de la pierna (muslo y pantorrilla); MG: masa grasa; MM: masa magra; MT: masa total; % GC: porcentaje de grasa corporal; CMO: contenido mineral óseo; DMO: densidad mineral ósea.

Tabla 3*Modelos de regresión lineal para comparar variables de composición corporal de la DXA prevista y de antropometría (brazo y pierna).*

Brazo					
Modelo	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 símbolo ~ representa la relación entre las variables en el lado izquierdo de la tabla (variable dependiente) y el lado derecho de la tabla (variable independiente).

Cor: correlación; INT: intersección; B: beta; EEE: error estándar de estimación; MG: masa grasa; Log PCB: logaritmo del pliegue cutáneo bicipital; Log PCT: logaritmo del pliegue cutáneo tricipital; Σ PCB: suma de los pliegues cutáneos del brazo (bicipital y tricipital); ; PBR: perímetro del brazo relajado; PBC: perímetro del brazo en tensión; % GC: porcentaje de grasa corporal; MT: masa total.

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

Tabla 3 (Continuación)*Modelos de regresión lineal para comparar variables de composición corporal de la DXA prevista y de antropometría (brazo y pierna).*

Modelo	Pierna				
	Cor (<i>p</i>)	Int.	B	R ²	EEE (kg)
CMO ~ PCPant	.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 ~ PCPant	.85	0.18	0.73	.70**	1.03
MG ~ $\sum$ PCP	.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 ~ PCPant	.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 símbolo ~ representa la relación entre las variables en el lado izquierdo de la tabla (variable dependiente) y el lado derecho de la tabla (variable independiente).

Cor: correlación; INT: intersección; B: beta; EEE: error estándar de estimación; CMO: contenido mineral óseo; PCPant: pliegue cutáneo de la pantorrilla; $\sum$ PCP: suma de los pliegues cutáneos de la pierna (muslo y pantorrilla); PM: perímetro del muslo; PP: perímetro de la pantorrilla; PCM: pliegue cutáneo del muslo; MG: masa magra; MM: masa magra; MT: masa total.

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

Tabla 4*Modelos de regresión lineal para comparar variables de composición corporal de la DXA prevista y antropometría (tronco).*

Modelo	Cor (<i>p</i>)	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 símbolo ~ representa la relación entre las variables en el lado izquierdo de la tabla (variable dependiente) y el lado derecho de la tabla (variable independiente).

Cor: correlación; INT: intersección; B: beta; EEE: error estándar de estimación; CMO: contenido mineral óseo; PCS: pliegue cutáneo subescapular; PCMA: pliegue cutáneo medio axilar; PCSi: pliegue cutáneo suprailíaco; PCA: pliegue cutáneo abdominal; $\sum$ PCT: suma de los pliegues cutáneos del tronco (medio axilar, pecho, suprailíaco y abdominal); MG: masa grasa; PA: perímetro abdominal; MM: masa magra; MT: masa total; % GC: porcentaje de grasa corporal.

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

Resultados

Se utilizó la estadística descriptiva para identificar la característica antropométrica de los participantes, que de promedio tenían una masa corporal de 71.70 ± 15.10 kg, una estatura de 1.74 ± 0.08 m, un índice de masa corporal de 20.60 ± 4.20 kg/m² y un porcentaje de grasa corporal de 28.30 ± 7.40 %.

En la Tabla 2 se presentan las variables antropométricas y de composición segmentaria corporal.

Para analizar la relación entre las variables antropométricas y de composición corporal (DXA), se creó una matriz de correlación. Las variables con una correlación $> .70$ (r) se incluyeron en modelos de regresión lineal para verificar los posibles predictores de composición corporal segmentaria. Se eligió este valor porque se considera aceptable para validar instrumentos de medición según Guedes y Guedes (2006). En la Tabla 3 se presentan los resultados de las regresiones lineales para las variables de composición corporal de la región del brazo y de la pierna.

A partir del análisis podemos observar que los pliegues cutáneos de bíceps y tríceps y la suma de los mismos pueden explicar mejor la masa grasa prevista por DXA ($R^2 = .64$, $p < .01$; $R^2 = .61$, $p < .01$; y $R^2 = .66$, $p < .01$, respectivamente) en la región del brazo.

En la región de la pierna, se observó una relación manifiesta del pliegue cutáneo de la pantorrilla y la suma de los pliegues cutáneos de la pierna ($R^2 = .70$, $p < .01$, y $R^2 = .68$, $p < .01$, respectivamente) con la masa grasa de la pierna, donde el perímetro de la pantorrilla presentó el error de medición más pequeño (EEE = 0.92 kg).

En relación con las variables del tronco, vale la pena mencionar que los resultados de los pliegues cutáneos subescapular ($R^2 = .75$, $p < .01$) y la suma de los pliegues cutáneos del tronco ($R^2 = .63$, $p < .01$) pueden predecir la masa grasa del tronco por DXA y sin embargo, mostraron valores altos de error de estimación.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar la aplicabilidad de los métodos antropométricos del perímetro corporal y el espesor del pliegue cutáneo por segmento corporal en comparación con los resultados previstos por DXA. Por tanto, el estudio demostró que se pueden crear modelos de predicción de composición corporal de forma segmentaria, principalmente por medio de la suma del espesor del pliegue cutáneo de cada región que refleja claros grados de determinación con la masa grasa.

En la región del brazo, podemos identificar que los pliegues cutáneos de bíceps, tríceps y la suma de los mismos representan más del 60 % de la masa grasa prevista por DXA, pero con un error de estimación considerable. La relación entre estos pliegues cutáneos y la masa grasa se ha analizado

ampliamente, dado que se utiliza como referencia para el riesgo de obesidad en niños y adolescentes y en ecuaciones de predicción en adultos sin discapacidades (Marrodán et al., 2017; Nickerson et al., 2020; Wang et al., 2000). El error de estimación significativo observado podría estar relacionado con la heterogeneidad de la muestra que mostró, por ejemplo, una gran desviación estándar para la suma de los pliegues cutáneos de 18.6 ± 9.7 mm.

En relación con la predicción de la composición corporal por los pliegues cutáneos en la región del tronco, inicialmente se observó que los pliegues cutáneos subescapular, medio axilar, abdominal y la suma de los pliegues cutáneos del tronco fueron posibles predictores de masa grasa en esta región. Sin embargo, mostró errores de estimación significativos, que también podrían estar estrechamente relacionados con la heterogeneidad de la muestra, que mostró valores significativos de desviación estándar para los pliegues cutáneos subescapular (19.6 ± 11 mm), abdominal (27.3 ± 13.2 mm), medio axilar (19.7 ± 12.5 mm) y la suma de los pliegues cutáneos (99.8 ± 49.3 mm).

Además, en la región del tronco, solo el pliegue cutáneo subescapular mostró una correlación superior a $R^2 = .70$, con la masa grasa del tronco. Según Willett (2012), los pliegues cutáneos subescapulares se pueden utilizar como un indicador de adiposidad central, además de reflejar la grasa centralizada en el tronco. Se insertó en la ecuación de Steinkamp et al. (1965), que se utilizó en el estudio de Spungen et al. (1995), donde no se observó ninguna diferencia significativa en el porcentaje de grasa previsto por DXA en individuos con tetraplejia.

En las extremidades inferiores, se deben destacar el espesor del pliegue cutáneo y el perímetro de la pantorrilla ($R^2 = .70$, $p < .01$; $R^2 = .57$, $p < .01$), que pueden predecir el cambio en la masa grasa de la pierna. Sin embargo, se identificaron errores de estimación significativos del espesor del pliegue cutáneo (EEE = 1.03 kg) y el perímetro de la pantorrilla (EEE = 1.23 kg), que podrían estar relacionados con la atrofia muscular en la región del muslo y de la pantorrilla y la mayor acumulación de grasa, que aumenta el error de medición por el problema de separar la grasa subcutánea de la masa muscular.

Estos resultados son importantes porque presentan una alternativa de evaluación de la composición corporal de bajo coste, de fácil aplicabilidad y un análisis segmentario, fundamentales en personas con LM, dado que después de una LM aguda y crónica se producen numerosos cambios en la composición corporal (Beck et al., 2014; Ciriigliaro et al., 2013; Dionyssiotis et al., 2009), directamente relacionados con las extremidades afectadas. Si se centran en los deportes o la salud de estos individuos, identificar de forma fiable la región corporal donde se producen cambios es fundamental para el diagnóstico, la monitorización y la intervención efectiva.

En relación con el perímetro, se puede verificar si también se pueden utilizar en modelos de predicción de masa grasa por segmento corporal, aunque tienen correlaciones menores que el espesor del pliegue cutáneo. Los perímetros centrales ya tienen respaldo científico para utilizarse en la población con LM, poniendo de relieve que el perímetro de la cintura se puede utilizar como indicador de riesgo de enfermedad cardiovascular, con una firme correlación con la masa grasa corporal, la grasa abdominal y los biomarcadores (Ravensbergen et al., 2014; Sumrell et al., 2018; Sutton et al., 2009). En nuestro estudio, el perímetro abdominal (medido 1 cm por encima de la línea umbilical) representó el 50 % de la variación de la masa grasa del tronco, que pone de relieve la viabilidad de utilizar el perímetro como predictor de grasa central.

En cuanto a las bajas correlaciones de masa magra previstas por DXA con los pliegues cutáneos de todas las regiones del cuerpo, se podría explicar por el hecho de que los pliegues cutáneos estiman la grasa corporal total, debido a que aproximadamente la mitad de toda la grasa corporal se localiza en depósitos adiposos directamente bajo la piel, es decir, el tejido subcutáneo (McArdle et al., 2016).

A lo largo del estudio, se observó que se pueden crear modelos de predicción segmentaria que utilizan el espesor de los pliegues cutáneos y los perímetros para determinar la masa grasa. Sin embargo, no se puede proponer una ecuación utilizando dichas variables, dado que para la predicción se recomienda tener de 10 a 20 participantes por variable predictiva (Pedhazur, 1997), y se necesitaría una muestra de 30 a 60 sujetos.

La principal limitación de este estudio es el pequeño tamaño de la muestra, que podría tener un impacto negativo en el análisis estadístico. Sin embargo, vale la pena mencionar el carácter innovador de este estudio, que es el primero en analizar la composición corporal segmentaria de atletas con lesión medular.

Conclusión

En resumen, el análisis segmentario de la composición corporal mediante los perímetros y el espesor de los pliegues cutáneos podría ser apropiado para determinar de forma precisa la composición corporal segmentaria en atletas con lesión medular, especialmente la suma de los pliegues cutáneos segmentarios que reflejan de forma clara y significativa la masa grasa prevista por DXA.

Estudios adicionales con muestras representativas y análisis segmentarios más extensos que incluyan evaluaciones del mayor número de mediciones (perímetros, pliegues cutáneos, longitudes y diámetros óseos) en cada segmento corporal para crear los modelos predictivos subsiguientes podrían proporcionar resultados más manifiestos.

Agradecimientos

Este estudio fue financiado en parte por la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) - Código financiero 001.

Referencias

- 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 Fountaine, 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., Totosty de Zeptnek, 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., Mendez 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., Ciccone, 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>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES



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

ISSN: 2014-0983

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

Sección:
Ciencias humanas y sociales

Idioma del original:
Castellano

Recibido:
6 de enero de 2021

Aceptado:
27 de abril de 2021

Publicado:
1 de octubre de 2021

Portada:
Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Representación mediática de las deportistas en los Juegos Olímpicos: una revisión sistemática

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

¹ Instituto Universitario de Investigación en Estudios de las Mujeres y de Género. Universidad de Granada, Granada (España).

Citación

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)

Resumen

Este estudio tiene como objetivo realizar una revisión sistemática de la literatura existente sobre la cobertura femenina durante los Juegos Olímpicos. Para ello, se han recogido un total de 144 registros de la base de datos Web of Science, que han sido cribados a $n = 58$ para ser estudiados en profundidad. Se ha realizado un análisis de contenido con los datos recogidos a partir de las siguientes categorías temáticas: evolución por años de la producción científica, tipologías de estudios llevados a cabo, países y regiones con mayor trayectoria en la temática, citas, autores y principales hallazgos y líneas de futuro. Los resultados mostraron que los estudios se desarrollan principalmente en Estados Unidos, sobre todo en los últimos años, con especial incidencia en 2015, en áreas como las ciencias sociales y la comunicación y centrados en mayor medida en la televisión, aunque con un creciente interés por los nuevos medios digitales. De forma general, estos siguen encontrando falta de equidad en la cantidad de cobertura, así como una diferenciación de género en la representación del deporte femenino. Se propone profundizar en nuevos estudios para desvelar si tales desequilibrios perviven o se avanza hacia mayores cotas de equidad.

Palabras clave: deporte, Juegos Olímpicos, medios de comunicación, mujeres, revisión sistemática.

Introducción

Los estudios sobre la cobertura mediática deportiva han encontrado desde sus inicios una escasa presencia femenina, puesto que las deportistas han llegado a estar excluidas o marginadas de los medios, especialmente en la cobertura informativa diaria (Toffoletti, 2016), aunque también durante grandes eventos como los Juegos Olímpicos (Delorme y Testard, 2015; Salido-Fernandez, 2020). Esto es debido a que los medios, especialmente los deportivos, son un espacio de hegemonía masculina que da prioridad al deporte practicado por hombres y transmitido a una audiencia mayoritariamente masculina. En estos, las mujeres son infrarrepresentadas (Billings et al., 2010; Jones, 2013) y tienen que conquistar grandes logros para disfrutar de cierta presencia. Además, cuando aparecen, son mostradas de forma trivializada, parcial y estereotipada, con comentarios sobre sus emociones, apariencia física y vida familiar (Eagleman, 2015; Ravel y Gareau, 2016).

A partir de los años ochenta comienzan a desarrollarse investigaciones en Estados Unidos sobre la representación femenina deportiva en los medios, aunque es en los noventa cuando estas empiezan a ser más habituales. Destacan los trabajos de Duncan (1990), centrado en los Juegos de 1984 y 1988, que encuentra en la cobertura fotográfica imágenes que minimizan los logros de las deportistas a través de comentarios sobre su belleza o vestimenta, o Lee (1992), que descubre una cantidad de cobertura muy desigual tanto en el texto como en las imágenes en estos mismos Juegos, así como diferenciación biológica en función del sexo, con tendencia a la trivialización y marginación de las deportistas. A finales de los noventa, Toohey (1997), en un análisis de los Juegos de 1988 y 1992, confirma esta inferioridad cuantitativa femenina, con un 30-32 % de presencia mediática frente a un prominente 60 % masculino. Estos datos se van suavizando en las siguientes ediciones; así, la cobertura femenina en la NBC durante Barcelona 1992 llega al 44 %, pero con sesgos que enfatizan deportes apropiados femeninos, es decir, aquellos más estéticos y principalmente individuales, como la gimnasia (Daddario, 1997). Estas cifras de cobertura descienden para situarse de nuevo en torno al 30-33 % en los Juegos de Sídney 2000 y Atenas 2004 (Capranica et al., 2005; Capranica et al., 2008; Greer et al., 2009), aunque avanzan hasta el 40 % en Pekín 2008.

En los últimos años, los estudios han seguido mostrando un desequilibrio entre los datos de participación y la cobertura en los medios, como muestra el Proyecto Global de Monitoreo de Medios (GMMP, 2015), que indica una presencia mediática general femenina (radio, prensa o televisión) de un 24 % a nivel mundial, y en el caso de la prensa deportiva de apenas el 4 %, a pesar de alcanzar las mujeres una participación en el deporte del 40 % (UNESCO, 2020). Frente a estos datos, estudios más recientes han encontrado una cobertura femenina mucho más igualada en los Juegos de Río 2016, con un 58.5 % en la cadena estadounidense NBC (Billings et al., 2017). Un

avance al que han contribuido las distintas instituciones y organismos nacionales e internacionales que a lo largo de los años han comenzado a reclamar mayores cotas de igualdad en el deporte y en su cobertura mediática, entre los que destaca la labor del Comité Olímpico Internacional, que defiende un compromiso con la igualdad de género a través de las continuas actualizaciones de su Carta Olímpica (COI, 2020a). De hecho, su previsión para los Juegos de Tokio es lograr una participación femenina del 49 % (COI, 2020b).

Así, aunque se vislumbra una cobertura cada vez más equilibrada entre ambos sexos a nivel cuantitativo, los autores y las propias deportistas siguen percibiendo invisibilización y presencia de estereotipos como la belleza, apariencia física y sexualidad (Coche y Tuggle, 2016; Martínez-Abajo et al., 2020), infantilización y victimización, así como emoción, pasividad y debilidad femeninas (Eagleman, 2015; Jones, 2013), con comparaciones con los deportistas masculinos, ambivalencia y trivialización (Lichfield, 2018). Estas formas de representación diferenciada llegan a los medios digitales, donde se aprecia también una escasa cobertura femenina y pervivencia de sesgos y estereotipos idénticos a los de los medios tradicionales (Johnson et al., 2020; Lichfield y Kavanagh, 2019), así como una creciente presencia de perfiles femeninos definidos exclusivamente por su vinculación sentimental a deportistas masculinos y que restan espacio a las deportistas en los medios (Gómez-Colell, 2015; Muñoz-Muñoz y Salido-Fernandez, 2018).

Este trabajo pretende conocer en profundidad cómo ha evolucionado la cobertura del deporte femenino en los medios durante los Juegos Olímpicos a través de una revisión de las investigaciones desarrolladas a este respecto desde inicios del 2000 hasta la actualidad, a fin de descubrir los años más prolíficos, las principales áreas en las que se han desarrollado estos estudios, los autores y las líneas de investigación actuales, así como las propuestas de futuro expuestas.

Metodología

Este estudio realizó una revisión sistemática de las principales investigaciones publicadas sobre la representación mediática femenina durante los Juegos Olímpicos. Para ello, se llevó a cabo una búsqueda en la Web of Science (WOS), la base de datos que recoge las principales publicaciones científicas en cualquier campo, incluidas las ciencias sociales.

Estrategia de búsqueda

Para realizar este estudio se siguieron los criterios utilizados en otras revisiones sistemáticas (Castillo y Hallinger, 2018; Cruz-González et al., 2020) y se han tenido en cuenta para la inclusión de los artículos criterios centrados en la adecuación del tema, evolución temporal, áreas temáticas, países, autoría y enfoque de las investigaciones. De este

modo, se establecieron como criterios de exclusión e inclusión: artículos o revisiones publicados en revistas científicas a partir del año 2000, para establecer la evolución de los últimos 20 años, y centrados en el estudio de la representación mediática de las deportistas durante los eventos olímpicos celebrados a partir de esta fecha en áreas de ciencias sociales y humanidades.

Las palabras clave utilizadas en la ecuación de búsqueda fueron: TS=(wom*n AND Olympic AND media).

Cribado y extracción de los datos

Tal y como se aprecia en la Figura 1, la búsqueda dio como resultado un total de 144 registros específicos en WOS. A continuación, se refinó la búsqueda a través de una revisión de los artículos, eliminando todos aquellos que fueran anteriores al periodo establecido, también los centrados en los Juegos Paralímpicos, por tener otras características diferentes de cara al análisis, así como los estudios enfocados en los efectos que tiene sobre las audiencias o sobre los deportistas de élite una cobertura desigual de los medios, por contar con objetivos diferentes a los de esta investigación, quedando reducidos a 112.

Tras esta criba, el proceso de extracción final de los datos se realizó mediante una lectura profunda, primero de los resúmenes, reduciéndose los registros a 92, y después de los artículos completos, para descartar aquellos que no eran relevantes para la investigación, al no ajustarse al objeto de estudio. De esta forma, finalmente fueron $n=58$ los artículos incluidos para el análisis.

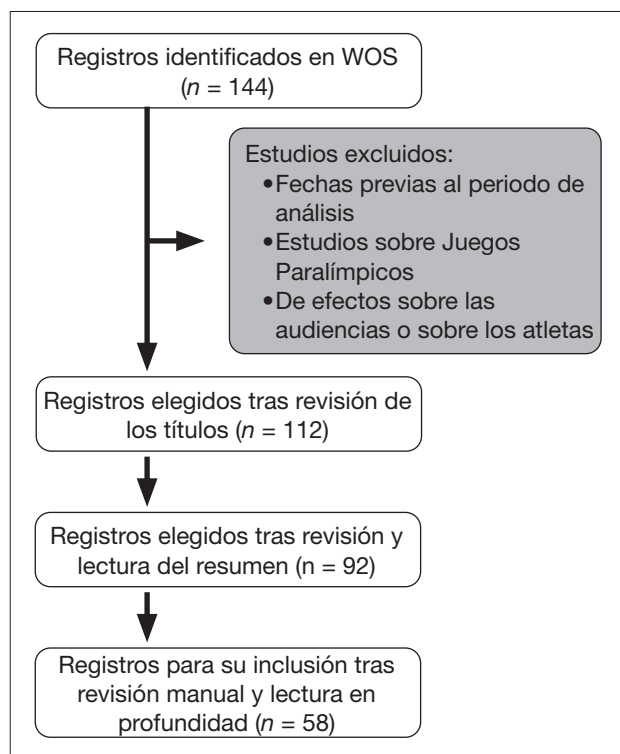


Figura 1
Selección del estudio. Fuente: elaboración propia.

Tras definir los registros que iban a ser incluidos en el análisis, se compararon y analizaron en profundidad los artículos según sus características (áreas, procedencia, autoría...) y principales resultados encontrados (Okoli y Schabram, 2010), lo que permitió establecer las siguientes categorías temáticas:

1. Evolución por años de la producción científica sobre cobertura olímpica femenina (los primeros estudios, los años más prolíficos...).
2. Tipo de análisis realizados (según áreas de conocimiento).
3. Países y regiones con mayor peso y trayectoria en la investigación.
4. Citas, autoría y hallazgos más relevantes encontrados.
5. Líneas de investigación futura.

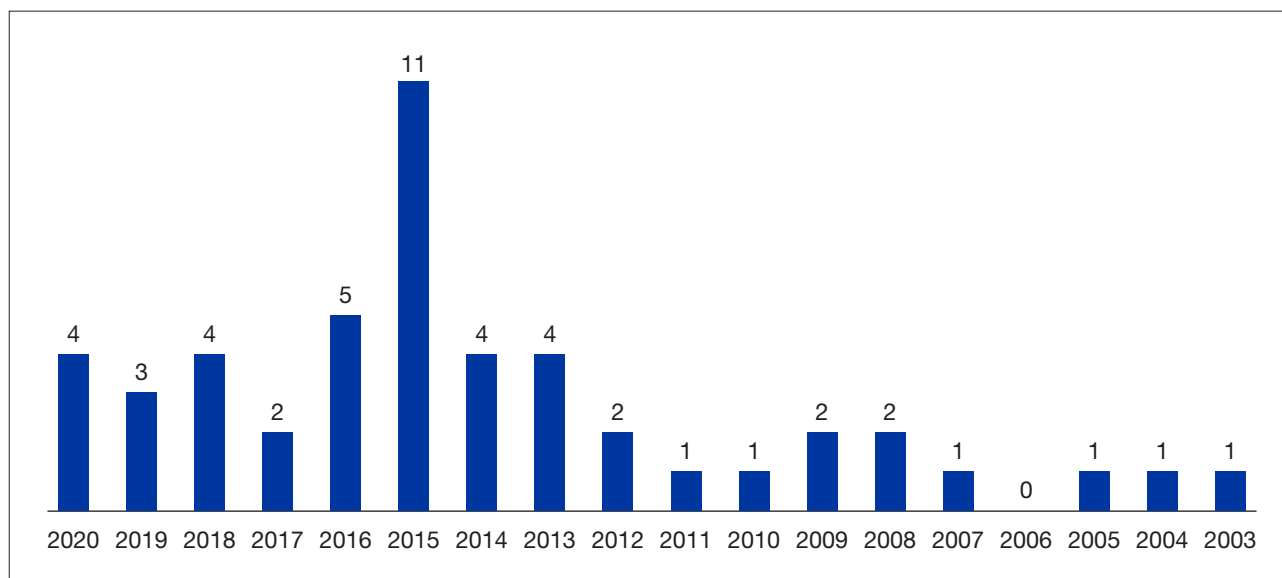
Resultados

Evolución de las investigaciones sobre la cobertura olímpica femenina

Los estudios sobre género y olimpismo en los medios cuentan con una evidente evolución, según vemos en la Figura 2. Estos han pasado de contar a principios del 2000 con una escasa presencia de apenas una o dos publicaciones al año a tener, a partir de los Juegos Olímpicos de Londres 2012, un amplio desarrollo, con cuatro publicaciones anuales en los dos años siguientes a estos Juegos, hasta alcanzar un máximo histórico de 11 publicaciones en total en 2015, con una bajada en 2017 hasta dos estudios, para mantenerse en torno a cuatro publicaciones por año los siguientes años.

Si atendemos al interés que suscitó cada evento olímpico a los investigadores, encontramos solo una publicación sobre los Juegos de Barcelona 1992 y Atlanta 1996 (Higgs et al., 2003), al igual que en Sídney 2000, también con una publicación específica (Capranica et al., 2005), subiendo a tres en Atenas 2004 (Billings, 2007; Capranica et al., 2008; Greer et al., 2009), ninguna en Turín 2006, para saltar a Pekín 2008 con nueve estudios, entre otros los de Billings et al. (2010), Li (2011), Tang y Cooper (2012), Amara (2012) o Jones (2013). En Vancouver 2010 encontramos nuevamente trabajos de Angelini et al. (2012), así como de Jones y Greer (2012) o Smith (2016).

A partir del año 2012, asistimos a un momento prolífico para las publicaciones sobre cobertura olímpica femenina, puesto que llegaron los Juegos de Londres, considerados “los Juegos de las mujeres”, por los niveles de participación y éxitos femeninos alcanzados, lo que trajo consigo un gran interés entre los investigadores, con 15 estudios específicos sobre estos, entre los que destacan los trabajos de Ravel y Gareau (2016), Franks y O'Neill (2016), Delorme y Testard (2015), Eagleman (2015) o Godoy-Pressland y Griggs (2014).

**Figura 2**

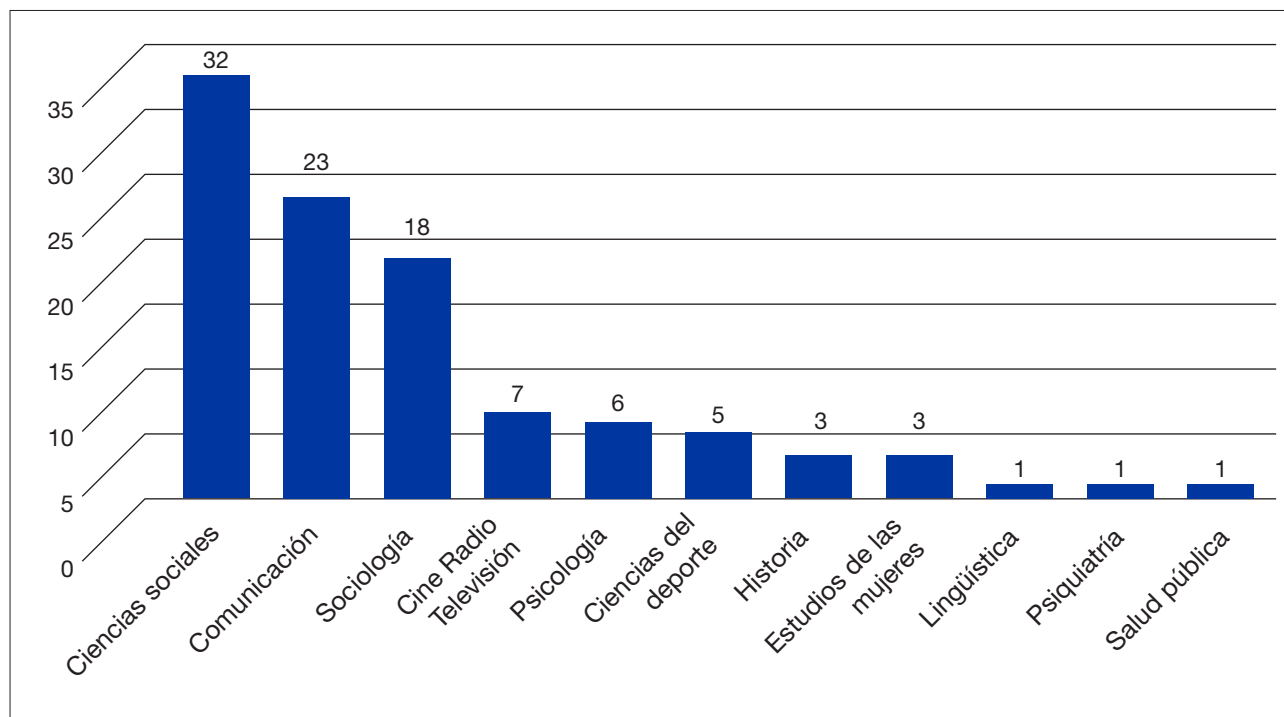
Publicaciones científicas por años. Fuente: elaboración propia con datos de WOS.

Además, también se encontró una incidencia cada vez mayor en los Juegos de invierno, llegando a cuatro estudios en Sochi 2014 (Delorme y Pressland, 2016; Jakubowska, 2017; MacArthur et al., 2016; 2017) y hasta ahora dos publicaciones en los de Pionchang 2018 (Oh et al., 2020; Xu et al., 2020). En los últimos Juegos de verano de Río 2016 se han contabilizado hasta la actualidad seis estudios específicos (Dashper, 2018; Litchfield, 2018; Litchfield y Kavanagh, 2019; Villalon y Weiller-Abels, 2018; Xu et al., 2018; Xu et al., 2019), aunque también se han encontrado estudios sobre estos Juegos en algunos análisis longitudinales que combinan diferentes periodos olímpicos (Johnson et al., 2020; Organista et al., 2020).

Tipología de estudios realizados

Los estudios de mujeres, medios y deporte, dada su interdisciplinariedad, han ido avanzando por áreas muy diferentes a lo largo de su desarrollo (Fig. 3), con las ciencias sociales o la comunicación como las más predominantes, aunque también destacan las ciencias del deporte, la psicología, la historia o la lingüística, y en algunos casos hemos encontrado registros que estaban presentes en varias disciplinas simultáneamente. Así, el mayor porcentaje lo concentraron las ciencias sociales, con el 55 % del total de publicaciones, destacando trabajos como los de Xu et al. (2020, 2019, 2018), enfocados en los dos últimos eventos olímpicos (los Juegos de verano de 2016 e invierno de 2018) y centrados en analizar la cobertura de las televisiones china y australiana. Estos encontraron una infrarrepresentación femenina, pero, sobre todo, una clara diferenciación en las atribuciones del éxito y fracaso de los atletas, dado que ellas triunfaban por sus habilidades y ellos, por su experiencia. En

áreas como la comunicación, que alcanzó un 40 %, destacan trabajos sobre prensa escrita, tales como los de Delorme y Pressland (2016) o Delorme y Testard (2015), este último basado en el análisis fotográfico. Ambos describieron diferencias significativas tanto en la cantidad como en la calidad de la cobertura, con sesgos de género, invisibilización y subrepresentación femenina. Otra área representativa fue la sociología, que alcanzó un 31 %, destacando estudios sobre la restauración de la imagen y las disculpas públicas de las deportistas (Litchfield, 2018), nociones que fueron reexaminadas y modificadas desde los estudios del deporte, el género y la tercera ola feminista. También encontramos en esta área trabajos como el de Amara (2012), con un estudio sobre el discurso mediático en el choque de culturas, centrado en la representación de las deportistas musulmanas y el uso del velo en los Juegos de Pekín 2008. Por su parte, el cine, radio y televisión alcanzaron un 12 % del total y los estudios de esta disciplina estaban enfocados principalmente en la cobertura televisiva, encontrándose un mayor tiempo en antena y más menciones masculinas (61.2 %), diferencias notables en las descripciones físicas y de la personalidad en función del sexo (Billings, 2007; MacArthur et al., 2017), más imágenes de partes del cuerpo femenino y estatus deportivo inferior (Kian et al., 2013), así como diferencias en la producción técnica visual, haciendo que el deporte femenino se mostrase como menos emocionante (Greer et al., 2009). Otras áreas destacadas fueron la psicología, con el 10.3 %, o las ciencias del deporte (8.6 %), que compartían artículos con áreas ya mencionadas. En esta última encontramos los trabajos de Xu et al., 2019; Litchfield y Kavanagh, 2019; Dashper, 2018 o Litchfield, 2018, entre otros. El resto de áreas, aunque se percibieron como minoritarias, trasladaron estos estudios a la historia, al abordar la evolución

**Figura 3**

Áreas de conocimiento de las investigaciones. Fuente: elaboración propia con datos de WOS.

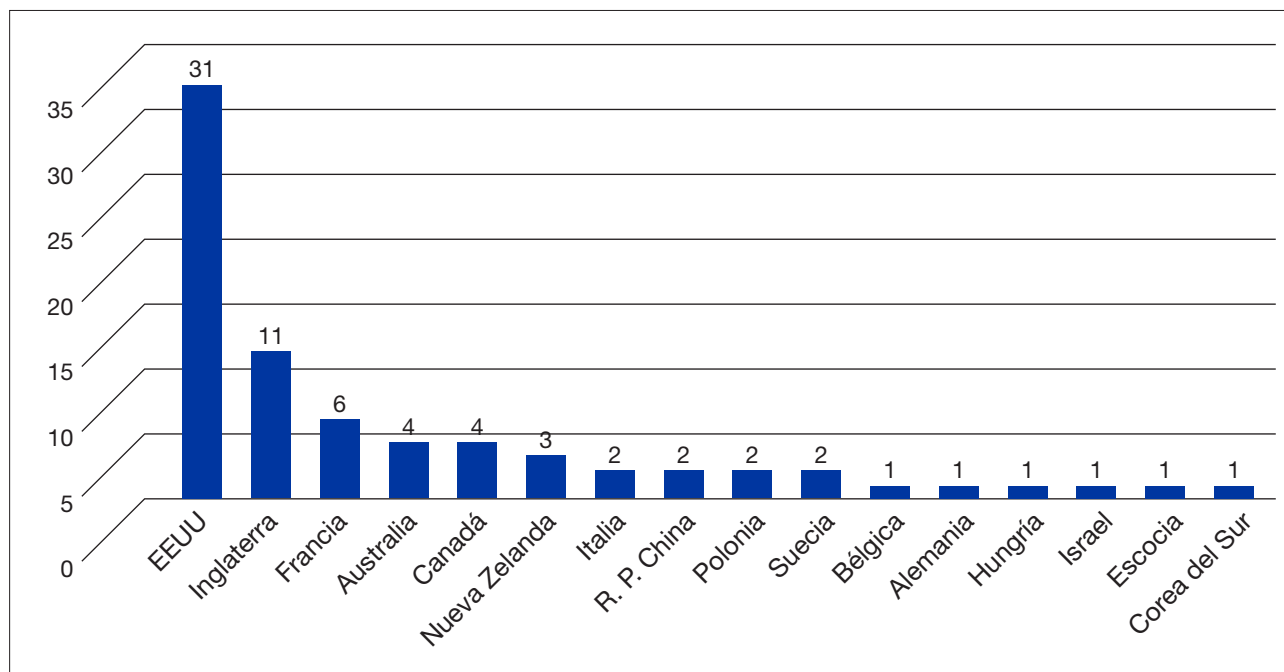
histórica de la representación femenina en deportes masculinos como el esquí y su impacto en la mayor participación femenina actual (Hofmann, 2012), la salud pública o la psiquiatría. En último lugar, también encontramos trabajos sobre lingüística, como el de Zhang (2015), centrado en las construcciones lingüísticas de género sobre las gimnastas chinas en la cobertura occidental y china, para revelar discriminación de género en ambas. En la primera se descubrió un discurso infantil, victimizado y pasivo ante la dureza del modelo de entrenamiento chino y en la segunda, un discurso de sumisión, inocencia y obediencia a las normas del país.

Países y regiones con mayor trayectoria e interés sobre la cobertura femenina en los Juegos Olímpicos

Los estudios sobre deporte olímpico femenino y medios se han expandido a lo largo de los años por diferentes países y regiones, aunque, como vemos en la Figura 4, ha sido en Estados Unidos donde han conseguido una primera y mayor incidencia. De esta forma, encontramos que el 53 % de la producción a este respecto se ha producido en dicho país y aborda desde la prensa escrita (Knight y Giuliano, 2001) y las revistas como *Sport Illustrated* (Dafferner et al., 2019) hasta los nuevos medios y redes sociales (Johnson et al., 2020), pero, sobre todo, cadenas de televisión, muy especialmente la 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 segundo lugar, se situaría Inglaterra, para concentrar el 19 % de las publicaciones, con distintos estudios centrados en la representación femenina en la prensa nacional británica, donde pervive una infrarrepresentación femenina tanto de las deportistas (O'Neill y Mulready, 2015), con parcialidad en las fotografías (Godoy-Pressland y Griggs, 2014), como de las reporteras deportivas (Franks y O'Neill, 2016). También encontramos estudios comparativos entre distintos países, como los realizados por Delorme y Pressland (2016) sobre Francia, Inglaterra y España, que identificaron variaciones en la desigualdad mostrada por los medios de cada país, siendo el caso español el que mayor nivel de equidad ofrecía. En este sentido, las comparativas también analizaron las diferencias culturales, como la representación del velo (Amara, 2012) o de las mujeres musulmanas en general en la prensa occidental, donde eran mostradas con rasgos de infantilización, victimización e indefensión y, además, objetivadas y construidas desde la otredad y el esencialismo excluyente (Samie y Sehlikoglu, 2015).

Por su parte, Francia alcanzó un 10.3 % del total de la producción científica, centrada en el estudio de la infrarrepresentación femenina en los medios franceses (Delorme y Testard, 2015), pero también se encontraron comparativas entre distintos países como Bélgica, Dinamarca, Francia o Italia (Capranica et al., 2005), así como de medios estadounidenses (Dafferner et al., 2019), con avances significativos en la cobertura de los logros femeninos, pero con pervivencia de sesgos basados en la sexualización y objetivación de sus cuerpos.

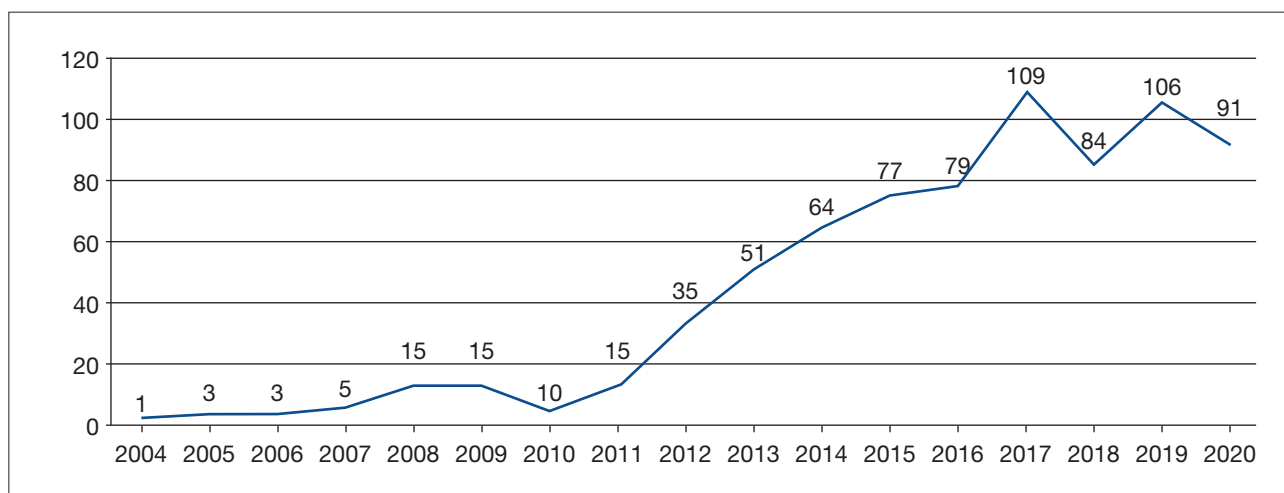
**Figura 4**

Países/regiones con mayor incidencia en la investigación. Fuente: elaboración propia con datos de WOS.

Otros de los países que más incidencia mostraron en los estudios sobre las deportistas fueron Australia (Litchfield, 2018; Litchfield y Kavanagh, 2019; Xu et al., 2019) y Canadá (Johnson et al., 2020; McGannon et al., 2015), con un 7% cada uno. Por último, Nueva Zelanda alcanzó un 5% (Eagleman, 2015; Eagleman et al., 2014) y de forma testimonial también aparecieron Italia (Capranica et al., 2008), China (Oh et al., 2020; Xu et al., 2020), Polonia (Organista et al., 2020) o Suecia (Hedenborg, 2013; Hellborg y Hedenborg, 2015), con un 3.5% cada uno. Estos porcentajes están referidos al total de artículos analizados (58) y varían debido a que algunos estudios han sido realizados por más de un país.

Citas, autores y principales hallazgos

Cabe destacar que, de forma conjunta, las publicaciones científicas sobre cobertura mediática femenina en los Juegos alcanzan un total de 763 citas, con un promedio de 13.16 citas cada artículo, 44.8 citas por año de todos los estudios y un índice h de 15. Además, encontramos un gran crecimiento de las citas desde el año 2011 (con 15), para llegar a su máximo en 2017 (con 109 en total). El año siguiente se produjo una cierta bajada, hasta las 84, y de nuevo, un incremento en 2019 (a 106), para alcanzar en lo que va de año (2020) las 91 (Fig. 5).

**Figura 5**

Evolución de las citas por años. Fuente: elaboración propia con datos de WOS.

La siguiente tabla (Tabla 1) recoge algunas de las investigaciones más importantes de las distintas ediciones de los Juegos Olímpicos publicadas desde el 2000. Cabe destacar los primeros trabajos centrados especialmente en la televisión norteamericana (NBC), que encontraron, en primer lugar, una mayor cobertura masculina que femenina a lo largo de distintos Juegos (Angelini et al., 2012; Billings, 2007; Billings et al., 2010; Higgs et al., 2003), para ir incorporando después otros tipos de estudios que desvelaron diferencias de

género basadas en sesgos según el deporte, por ejemplo, los de invierno, considerados más masculinos, puesto que suelen ser de mayor esfuerzo y contacto físico (Billings, 2007). Pero los estudios también se ampliaron a las imágenes, más emocionantes en el caso de los deportistas varones, como se ve en los Juegos de Atenas 2004 (Greer et al., 2009), o al uso del lenguaje, con diferencias en las descripciones de la personalidad y físico de los atletas, en el caso de Sochi 2014 (MacArthur et al., 2016).

Tabla 1

Evolución de las investigaciones sobre cobertura femenina.

Autoría y año	Evento olímpico	Medio analizado	Principales hallazgos
Higgs et al. (2003)	Barcelona 92-Atlanta 96	Televisión: NBC	Mayor cobertura masculina, deporte apropiado femenino, mayores críticas ante errores femeninos
Capranica et al. (2005)	Sídney 2000	Prensa escrita	Nacionalismo, mayor igualdad en la cobertura
Billings (2007)	Atenas 2004	Televisión: NBC	Cobertura diferenciada por género: subjetividad y sesgos en las descripciones femeninas
Greer et al. (2009)	Atenas 2004	Televisión: NBC	Sesgos en imágenes: cobertura masculina visualmente más emocionante, autoridad simbólica masculina
Billings et al. (2010)	Pekín 2008	Televisión: NBC	Menor cobertura femenina, diferencias de género y falta de equilibrio en las descripciones
Jones (2013)	Pekín 2008	Televisión digital: ABC, BBC, CBC y TVNZ	El doble de noticias e imágenes masculinas y estereotipos de género: dependencia, emoción y falta de compromiso femeninos
Angelini et al. (2012)	Vancouver 2010	Televisión: NBC	Desequilibrios cuantitativos: 3/5 de cobertura masculina y 75 % de las menciones
Kian et al. (2013)	Londres 2012	Varios medios	Deportes apropiados femeninos, sexualización, infantilización y estatus secundario femenino
Godoy-Pressland y Griggs (2014)	Londres 2012	Prensa escrita	Mayor cobertura fotográfica masculina, más activa y en equipo
Eagleman (2015)	Londres 2012	Prensa escrita	Encuadre diferenciado de género, deporte apropiado, descripciones infantilizadas, simplificadas y sobre el cuerpo femenino
Delorme y Testard (2015)	Londres 2012	Prensa deportiva	Subrepresentación femenina en fotografías, aunque sin diferencias significativas en el tamaño, posición ni en su contenido
MacArthur et al. (2016)	Sochi 2014	Televisión: NBC	Menor cobertura femenina (41.7 %). Diferencias de género en las descripciones de la personalidad y el físico
Litchfield y Kavanagh (2019)	Río 2016	Cuentas de Twitter oficial	Avances en la cantidad de cobertura (47 % masc. y 42 % fem.). Imágenes diferenciadas según el género e infantilización femenina
Xu et al. (2018)	Río 2016	Televisión Central China	No se encuentran diferencias significativas, incluso se percibe mayor presencia masculina en patinaje artístico que en los países occidentales
Organista et al. (2020)	Vancouver 2010, Londres 2012, Sochi 2014, Río 2016	Prensa	Significativa infrarrepresentación femenina, diferencias de género en la descripción, nacionalismo y menor valor a las atletas no polacas

Fuente: elaboración propia.

A partir de 2012, los estudios comenzaron a extenderse a otros medios diferentes, como las televisiones digitales. Destaca aquí el trabajo de Jones (2013) en Pekín 2008, que encontró también diferencias cuantitativas en las imágenes en línea y claros estereotipos como emoción, dependencia y falta de compromiso con el deporte en el caso femenino, así como en la prensa escrita, que van desde la subrepresentación femenina en el texto e imágenes en Londres 2012 (Delorme y Testard, 2015; Godoy-Pressland y Griggs, 2014) hasta encuadres diferenciados de género (Eagleman, 2015) y presencia de estereotipos tales como la sexualización e infantilización femenina (Kian et al., 2013), lo que contrastaba con el estudio realizado por Xu et al. (2018), que encontraron mayor equidad en la cobertura de la televisión china. En los últimos años han comenzado a incorporarse análisis sobre las redes sociales, entre los que destaca, por ejemplo, el estudio de Litchfield y Kavanagh (2019) sobre las cuentas oficiales de Twitter de distintas instituciones durante Río 2016, donde también perciben mayores niveles de equidad y, no obstante, perviven diferencias de género, con imágenes más activas masculinas e infantilización femenina. La última actualización de la situación fue llevada a cabo por Organista et al. (2020) en la prensa polaca, a través de un estudio longitudinal que abarcó todos los Juegos Olímpicos celebrados desde 2010, tanto de invierno como de verano, que desveló una significativa infrarrepresentación femenina y el mantenimiento de sesgos de género que disminuían en el caso de su equipo nacional, debido al marcado discurso nacionalista asociado a este tipo de eventos de competición mundial.

Líneas futuras

Las distintas investigaciones realizadas sobre representación femenina durante los eventos olímpicos han ido proponiendo a lo largo del tiempo ampliar el foco de análisis más allá de la prensa tradicional, explorando a fondo la cobertura femenina en nuevos medios, como son las plataformas digitales (Xu et al., 2020). También han planteado profundizar en estudios cualitativos con comparativas entre varios eventos olímpicos o distintos deportes, incluyendo no solo disciplinas consideradas apropiadas femeninas sino también apropiadas masculinas o neutras (Eagleman, 2015). Además, se proponen monitoreos continuos de medios para medir el impacto que tienen las diferentes acciones realizadas por parte de los organismos nacionales e internacionales con respecto a la equidad de género y conocer cómo avanza la cobertura diaria femenina en los medios deportivos fuera de los grandes campeonatos (Delorme y Testard, 2015).

Discusión y conclusiones

Los estudios sobre la cobertura femenina durante los Juegos Olímpicos han tenido desde inicios del 2000 una evolución lenta, aunque constante, con su momento de máxima producción en 2015, con un total de 11 publicaciones. Esto se produce por el interés que comienzan a despertar los éxitos femeninos, sobre todo desde los Juegos de Londres 2012, que consiguen atraer la atención de un gran número de investigadores que buscan examinar la cobertura destinada a las deportistas y sus logros, con un total de 15 publicaciones dedicadas en exclusiva a estos Juegos. Tras estos, los Juegos de Río 2016 han mantenido un alto nivel de atención (seis publicaciones), que se prevé no ha finalizado aún.

Estos estudios cuentan con un elevado componente de interdisciplinariedad, al ser abordados desde áreas como las ciencias sociales (55 %) y la comunicación (40 %), así como desde la psicología (10.3 %) o las ciencias del deporte (8.6 %). Bien es cierto que el centro de producción principal de estas investigaciones se sitúa en Estados Unidos (53 %), seguido de Inglaterra (19 %) y Francia (10.3 %), entre otros, lo que convierte a Europa en el segundo foco, con más del 46 % de la producción. Además, se comienza a expandir por otros países, como Australia y Canadá (6.9 % cada uno).

Estas investigaciones han contado también con un notable aumento en su impacto, pasando de apenas una cita en 2005 a su máximo en 2017 con 109 y cerca de 100 en 2020, así como una media de casi 45 citas anuales de todos los autores. En general, los estudios abordan todos los medios de comunicación, desde la televisión (Billings, 2007; Greer et al., 2009; Xu et al., 2018), pasando por la prensa escrita (Capranica et al., 2005; Godoy-Pressland y Griggs, 2014; Eagleman, 2015) o los nuevos medios digitales (Jones, 2013) y redes sociales (Litchfield y Kavanagh, 2019). Estos trabajos indican que aunque se ha producido un gran avance en la evolución de la cobertura, con mayores niveles de equidad en la cantidad de esta (Litchfield y Kavanagh, 2019; Xu et al., 2018), todavía hoy se perciben sesgos que van desde la infrarrepresentación en el texto e imágenes (Billings, 2007; Jones, 2013; MacArthur et al., 2016), pasando por diferencias en las descripciones de los deportistas en función del género (Billings et al., 2010; Organista et al., 2020), a una mayor atención a deportes apropiados masculinos y femeninos (Eagleman, 2015). Además, en estos pervive un refuerzo de la emoción y dependencia (Jones, 2013), infantilización y pasividad (Godoy-Pressland y Griggs 2014), así como belleza y sexualización femeninas (Kian et al., 2013).

En este sentido, los investigadores plantean ampliar el foco de estudio a otras competiciones y otros deportes considerados masculinos o neutros (Eagleman, 2015), así como profundizar en la cobertura de nuevos medios, como las plataformas digitales (Xu et al., 2020).

También proponen completar las investigaciones con nuevos estudios que permitan comprobar si las medidas implementadas por los distintos organismos para avanzar en equidad de género en el deporte encuentran su correspondencia en estos medios (Delorme y Testard, 2015).

En resumen, encontramos que, a pesar de los evidentes avances conseguidos en la cobertura del deporte femenino, el sexo y las normas de género siguen influyendo todavía hoy en las transmisiones mediáticas de los Juegos Olímpicos, independientemente del medio, deporte o país en el que se produzcan. De esta forma, recogiendo los distintos trabajos de los investigadores, se propone avanzar en nuevos estudios que, por un lado, monitoricen los medios para descubrir si los avances en la cantidad de cobertura femenina tienden a su consolidación, pero, sobre todo, que amplíen el foco de análisis a estudios cualitativos centrados en conocer los marcos noticiosos que los medios imponen a las audiencias, para descubrir si perviven las diferencias de género existentes, surgen otras adaptadas a los nuevos medios o se avanza hacia mayores cotas de igualdad en la representación mediática deportiva.

Referencias

- 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/rfjB08>
- 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](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-Fernandez, 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/pccsr-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., & Sehlikoglu, 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>
- Toohey, 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>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES



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

ISSN: 2014-0983

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

Sección:
Entrenamiento deportivo

Idioma del original:
Inglés

Recibido:
26 de enero de 2021

Aceptado:
29 de abril de 2021

Publicado:
1 de octubre de 2021

Portada:
Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Patrones de pases en profundidad: análisis observacional de torneos sénior de la UEFA y la FIFA

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

¹ CIFI2D, Centro de Investigación, Educación, Innovación e Intervención en el Deporte, Facultad del Deporte, Universidad de Oporto, Oporto (Portugal).

² Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña, INEFC. Universidad de LLeida (España).

³ Universidad Federal de Viçosa (Brasil).

Citación

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)

Resumen

El objetivo de este estudio fue identificar las variables de interacción, de comportamiento y estructurales más frecuentes que inducían tres tipos de pases en profundidad que generaban opciones de marcar goles en fútbol de élite. Siguiendo criterios de inclusión estrictos (todos y cada uno de los tipos de pases que alteran la última línea defensiva del contrario), se seleccionaron 134 secuencias de ataque de la UEFA Euro 2016, la FIFA Copa Confederaciones 2017 y la FIFA Copa Mundial 2018. Se utilizó el instrumento observacional PePas, que integra criterios previos validados, para analizar los pases en profundidad. Además, se realizó el test z de proporciones para comprobar si las proporciones de comportamientos tácticos y técnicos diferían de los demás ($\alpha = .05$). Los resultados mostraron que controlar el balón y correr con el balón fueron los comportamientos más frecuentes antes del pase en profundidad corto precedido por una acción individual y que el pase corto fue el comportamiento más frecuente que precedió al pase en profundidad corto precedido por una acción colectiva. Todos los comportamientos técnico-tácticos se produjeron en un contexto de interacción sin presión y principalmente en las zonas centrales del campo. Además, el control del balón fue significativamente diferente de otras categorías en el pase en profundidad largo precedido por una acción individual. Sugerimos que los entrenadores consideren replicar escenarios sin presión en la defensa e incluir actividades que potencien comportamientos técnico-tácticos como correr con el balón y un rápido intercambio de pases con uno y dos toques.

Palabras clave: análisis de partidos, asistir, fase de ataque, fútbol, perturbación.

Introducción

El fútbol es un juego de naturaleza compleja y dinámica, caracterizado por la interacción entre dos equipos en relación contraria. Esta relación incita de forma constante y simultánea al orden y el desorden durante un partido (Gréhaigne et al., 1997).

Se considera que el análisis de los partidos de fútbol es una herramienta esencial para entrenadores y jugadores por las potenciales percepciones que con frecuencia aporta para la práctica (Lames y Hansen, 2001). En consecuencia, la recopilación de información de un partido en relación con la secuencia temporal de eventos podría contribuir a diseñar actividades de entrenamiento más representativas para simular situaciones típicas en un entorno competitivo real (Pfeiffer y Perl, 2006). Además, parece importante para conocer qué eventos tienen más probabilidades de desembocar en juegos de ataque exitosos, es decir, los comportamientos que inducen los eventos críticos que caracterizan una secuencia de ataque.

La consecución de goles se ha investigado ampliamente en la literatura de ciencias del deporte y en los estudios se ha observado que se crean más oportunidades de marcar cuando los jugadores están dentro del área (p. ej., González-Ródenas et al., 2020) por la proximidad de la portería del adversario. Además, después de una asistencia, más del 60 % de los goles se marcaron con un tiro al primer toque, es decir, sin ningún contacto con el balón antes del tiro (González-Ródenas et al., 2020). Los autores también destacaron la importancia de los pases en profundidad para crear oportunidades de marcar goles (González-Ródenas et al., 2020). Este evento crítico se puede definir como una perturbación, es decir, una fuerza externa que provoca una alteración en el sistema, forzándolo a reorganizarse hacia un atacante o desplazando el sistema hacia un nuevo atacante (Gorman et al., 2017). Robins y Hughes (2015) mantienen que las perturbaciones se asocian con la desestabilización de la organización/coordinación dinámica del equipo contrario y se definen por incidentes (p. ej., pases en profundidad, regates, cambios de ritmo) capaces de modificar el flujo regular del partido, que se traduce en una clara oportunidad de marcar.

En este sentido, según nuestros conocimientos, solo en un estudio (Zani et al., 2021) se analizaron los tipos de pases en profundidad –“aquí concebido como el último pase de la secuencia de juego que altera la última línea defensiva del contrario (es decir, un pase jugado en el espacio situado detrás de la última línea defensiva), realizado por un jugador atacante y recibido exitosamente por un compañero de equipo que o bien ejecuta la última acción de la secuencia de juego delante del portero (p. ej., tiro al primer toque) o mantiene la posesión del balón hasta la última acción (p. ej., recepción del balón, regate y tiro), que genera una oportunidad de marcar goles”–. Los autores hallaron que el pase en profundidad corto precedido por una acción individual fue el más frecuente,

seguido por el pase en profundidad largo precedido por una acción individual y el pase en profundidad corto precedido por una acción colectiva. Sin embargo, desde nuestra perspectiva, es importante entender cómo los antes mencionados pases en profundidad traducidos en oportunidades de marcar goles son inducidos en relación con los comportamientos tácticos y técnicos, las condiciones de interacción entre los jugadores y los lugares donde se producen las acciones con mayor frecuencia.

Por tanto, nuestro objetivo es identificar las variables más frecuentes de comportamiento (es decir, comportamientos técnico-tácticos de equipos y jugadores atacantes y defensores), estructurales (es decir, lugares del campo) y de interacción (es decir, las interacciones entre jugadores atacantes y defensas) que provocaron cada tipo de pase en profundidad que generó oportunidades de marcar goles en fútbol.

Metodología

Diseño observacional

El diseño observacional siguió la taxonomía específica utilizada (Anguera et al., 2011). Los criterios nomotéticos se representaron por análisis de diferentes equipos nacionales en los torneos de la UEFA Euro 2016, la FIFA Copa Confederaciones 2017 y la FIFA Copa Mundial 2018 (Tabla 1). Los criterios de seguimiento se configuraron mediante un análisis secuencial de los eventos (empezando a partir de la acción que precedió al pase en profundidad hasta el final de la fase ofensiva) utilizando un instrumento observacional llamado PePas (Tabla 2), que incluye múltiples criterios y respuestas (concepto multidimensional).

Participantes

Todos los partidos se obtuvieron de la plataforma InStat Scout®. Se realizó una búsqueda e incluyó los 227 partidos jugados desde la fase de grupos hasta los partidos finales en la UEFA Euro 2016, la FIFA Copa Confederaciones 2017 y la FIFA Copa Mundial 2018. Se seleccionaron 134 secuencias de ataque con un pase en profundidad detrás de la última línea defensiva del contrario y cumplieron los criterios de inclusión y de análisis. Aunque el número de secuencias puede parecer limitado, la naturaleza específica de los eventos a estudiar, además del número y la importancia de los torneos que analizamos, justifica el tamaño de la muestra. El número de secuencias de ataque según la fase de la competición fue el siguiente: 92 en la fase de grupos, 20 en la ronda de dieciseisavos, cuatro en los cuartos de final, 11 en las semifinales, tres en las finales y cuatro en los partidos por el tercer puesto. De las 134 secuencias de ataque, 120 incluyeron los tres tipos de pases penetrantes analizados en el presente trabajo.

Tabla 1

Equipos nacionales que realizaron pases en profundidad durante la UEFA Euro 2016 y/o la FIFA Copa Confederaciones 2017 y/o la FIFA Copa Mundial 2018.

Albania	Colombia	Islandia	República de Corea
Alemania	Croacia	Italia	Rumanía
Arabia Saudí	Dinamarca	Japón	Rusia
Argentina	Egipto	México	Suecia
Australia	España	Nueva Zelanda	Suiza
Austria	Francia	Panamá	Ucrania
Bélgica	Gales	Perú	Uruguay
Brasil	Hungría	Polonia	
Camerún	Inglaterra	Portugal	
Chile	Irlanda	República Checa	

Tabla 2

Criterios y categorías del instrumento observacional PePas.

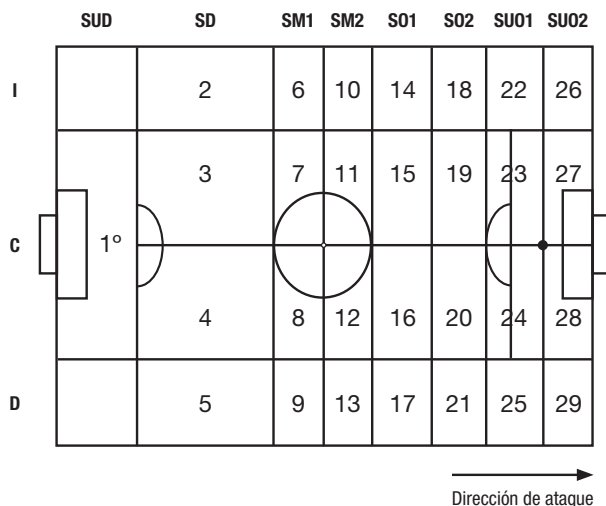
CRITERIOS	SUBCRITERIOS	CATEGORÍAS	CÓDIGO
1. Recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase (RDB) (adaptado de Barreira et al., 2013)	POR ACCIÓN COLECTIVA	Pase corto Pase largo Saque de banda Saque de esquina	RDBpc RDBpl RDBsb RDBse
	POR ACCIÓN INDIVIDUAL	Correr con el balón Regate (1x1) Control del balón Comportamiento defensivo seguido de un pase Intervención del contrario sin éxito	RDBcb RDBr RDBctrlb RDBcd RDBicse
2. Pase en profundidad (PP) (adaptado de Melo, 2017)		Pase en profundidad corto precedido por una acción colectiva Pase en profundidad corto precedido por una acción individual Pase en profundidad largo precedido por una acción colectiva Pase en profundidad largo precedido por una acción individual Intervención del contrario sin éxito Pase en profundidad corto precedido por una intervención del contrario sin éxito Pase en profundidad largo precedido por una intervención del contrario sin éxito	PPpcac PPpcai PPplac PPplai PPpicse PPpicse PPpicse
3. Desarrollo de la posesión del balón después del último pase (DB) (adaptado de Barreira et al., 2013)		Correr con el balón Regate (1x1) Control del balón Intento fallido Tiro a portería con un contacto	DBcb DBr DBc DBif DBuc
4. Acciones técnico-tácticas del primer defensa (PD) (adaptado de Fernandes et al., 2019)	MARCAJE ESTRECHO	Marcaje al jugador Presión Intervención sin éxito Entrada sin éxito	PDmj PDp PDise PDese
	GESTIÓN DEFENSIVA DEL ESPACIO	Espacios longitudinales estrechos Espacios transversales estrechos Cobertura zonal con marcaje al jugador Posicionamiento de equilibrio o control	PDel PDet PDcz PDpe
	RECUPERACIÓN DEFENSIVA	Desplazamientos de recuperación Recuperación de equilibrio	PDdr PDre
	VIGILANCIA DEFENSIVA	Cobertura defensiva Temporización	PDcd PDt

Tabla 2 (Continuación)

Criterios y categorías del instrumento observacional PePas.

CRITERIOS	SUBCRITERIOS	CATEGORÍAS	CÓDIGO
5. Acciones técnico-tácticas del segundo defensa (SD) (adaptado de Fernandes et al., 2019)	MARCAJE ESTRECHO	Marcaje al jugador	SDmj
		Presión	SDp
		Intervención sin éxito	SDise
		Entrada sin éxito	SDese
	GESTIÓN DEFENSIVA DEL ESPACIO	Espacios longitudinales estrechos	SDel
		Espacios transversales estrechos	SDet
		Cobertura zonal con marcaje al jugador	SDcz
		Posicionamiento de equilibrio o control	SDpe
	RECUPERACIÓN DEFENSIVA	Desplazamientos de recuperación	SDdr
		Recuperación de equilibrio	SDre
	VIGILANCIA DEFENSIVA	Cobertura defensiva	SDcd
		Temporización	SDt
6. Fin de la fase ofensiva (F) (adaptado de Barreira et al., 2013)		Gol concedido	Fg
		Tiro a puerta	Ftp

7. Zonas y sectores del campo donde se realizaron las acciones (adaptado de Castañer et al., 2016)



SUD: sector ultradefensivo; SD: sector defensivo; SM1: sector medio 1; SM2: sector medio 2; SO1: sector ofensivo 1; SO2: sector ofensivo 2; SUO1: sector ultraofensivo 1; SUO2: sector ultraofensivo 2; D: derecho; C: central; I: izquierdo

8. Centro del juego (CJ) (adaptado de Barreira et al., 2013)	CON PRESIÓN (P)	Inferioridad numérica relativa	Pr
		Inferioridad numérica absoluta	Pa
		Presión en igualdad numérica	Pi
	SIN PRESIÓN (SP)	Sin presión en igualdad numérica	SPi
		Superioridad numérica relativa	SPr
		Superioridad numérica absoluta	SPa
9. Patrón espacial de interacción entre equipos (IEE) (adaptado de Barreira et al., 2013)	VERSUS ZONA EXTERIOR	Línea retrasada <i>versus</i> zona exterior	RZE
	VERSUS LÍNEA OFENSIVA	Balón en la zona vacía (portero) <i>versus</i> línea ofensiva	ZVO
		Línea retrasada <i>versus</i> línea ofensiva	RO
		Línea media <i>versus</i> línea ofensiva	MO
	VERSUS LÍNEA MEDIA	Línea retrasada <i>versus</i> línea media	RM
		Línea media <i>versus</i> línea media	MM
		Línea ofensiva <i>versus</i> línea media	OM
	VERSUS LÍNEA RETRASADA	Línea media <i>versus</i> línea retrasada	MR
		Línea ofensiva <i>versus</i> línea retrasada	OR
		Zona exterior <i>versus</i> línea retrasada	ZER
	VERSUS ZONA VACÍA	Línea ofensiva <i>versus</i> zona vacía (portero)	OZV

Instrumentos

Instrumento observacional

Al inicio, los investigadores revisaron las grabaciones en vídeo de los partidos para comprobar la incidencia de pases en profundidad (como se ha descrito antes) en los tres torneos internacionales (UEFA Euro 2016, FIFA Copa Confederaciones 2017 y FIFA Copa Mundial 2018), con el propósito de registrar las variables que podían determinar los aspectos que caracterizaban el periodo entre la acción que precedía al pase en profundidad hasta la conclusión de la secuencia de juego. Después de este procedimiento, se diseñó el instrumento observacional PePas utilizando criterios y/o categorías de otros instrumentos publicados previamente (Barreira et al., 2013; Fernandes et al., 2019) que integran comportamientos técnicos y tácticos defensivos y ofensivos de los equipos, revelando así los contextos estructural, de comportamiento y de interacción del juego (Tabla 2). Este instrumento incluye nueve criterios y 93 categorías, es decir, cuatro variables de comportamiento (equipo atacante, criterios 1, 2, 3 y 6; equipo defensor, criterios 4 y 5), dos de interacción (criterios 8 y 9) y una estructural (criterio 7). Para la presente investigación se utilizaron los criterios 1, 2, 4, 5, 7, 8 y 9.

Software de recogida de datos

Para recopilar los datos se utilizó el *software* Lince v1.3. Permite codificar datos, analizar vídeos, estimar la calidad de los datos y exportar datos de formatos de archivos utilizados por otro *software* de análisis (Gabin et al., 2012).

Procedimientos

Realizamos un análisis de la recuperación del balón o el desarrollo del balón antes del último pase (criterio 1) y sus correspondientes variables estructurales (criterio 7) y de interacción (criterios 4, 5, 7, 8 y 9) para cada tipo de los pases en profundidad siguientes (criterio 2): i) pase en profundidad corto precedido por una acción individual (PPpcai), ii) pase en profundidad largo precedido por una acción individual (PPplai) y iii) pase en profundidad corto precedido por una acción colectiva (PPpcac).

Calidad de los datos

El *software* Lince consta de sistemas de análisis que permiten diseñar instrumentos observacionales, incluir archivos de vídeo y recoger datos mediante análisis notacionales. Además, el análisis se puede guardar y cargar en carpetas específicas, que después se pueden comparar. La fiabilidad intraobservadores se calculó con Kappa (k) de Cohen (Cohen, 1960) mediante el *software*

Lince v1.3. El mismo observador examinó dos veces el 30 % ($n = 35$) de la muestra, con un intervalo de 15 días. Los valores de k variaron entre 0.86 y 1.00. Estos valores se clasifican como casi perfectos (0.81-1.00) en la literatura (Bakeman y Gottman, 1997).

Software de análisis de datos

Se utilizó Orange: Data Mining Toolbox en Python v3.22. (Demšar et al., 2013) para examinar y visualizar los datos, y RStudio v1.2.1335 (R Core Team, 2019) para el análisis estadístico.

Análisis estadístico

Se realizó un análisis exploratorio mediante visualización de datos y tablas de contingencia. En la mayoría de celdas, el recuento previsto fue inferior al mínimo previsto (Rothman et al., 2008). Por tanto, utilizamos los subcriterios (Tabla 2) de los criterios siguientes: acciones técnico-tácticas del primer defensa (PD); acciones técnico-tácticas del segundo defensa (SD), centro del juego (CJ) y patrón espacial de interacción entre equipos (IEE). En cuanto a las zonas de campo, agrupamos las zonas centrales de los mismos sectores (es decir, zonas centrales 3 y 4; 7 y 8; etc.). Por consiguiente, aplicamos el test z de proporciones, específicamente a los grupos con un número de eventos suficientemente grande, es decir, $n > 5$ (Montgomery y Runger, 2003), para probar la hipótesis de que la proporción de un grupo es estadísticamente mayor que otra dentro del mismo criterio. El nivel de significación se fijó en $p < .05$.

Resultados

Variables de comportamiento del equipo atacante

La Tabla 3 muestra que la recuperación del balón o el desarrollo del balón antes del último pase por recepción/control (RDBctrlb) tendió a producirse con mayor frecuencia en el pase en profundidad corto precedido por una acción individual (PPpcai, $n = 39$) y en el pase en profundidad largo precedido por una acción individual (PPplai, $n = 21$), aunque en el PPpcai no se observaron diferencias estadísticas en comparación con la recuperación del balón o el desarrollo del balón antes del último pase por correr con el balón RDBcb ($n = 30$, $p = .09$). Por otro lado, la recuperación del balón o el desarrollo del balón antes del último pase por un pase corto (RDBpc) fue la acción más predominante que precedió al pase en profundidad corto precedido por una acción colectiva (PPpcac, $n = 13$).

Tabla 3

Frecuencia de recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase (RDB).

PP	RDB								TOTAL
	RDBctrlb	RDBcb	RDBpc	RDBcd	RDBr	RDBpl	RDBse	RDBsb	
	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: pase en profundidad; PPpcai: pase en profundidad corto precedido por una acción individual; PPplai: pase en profundidad largo precedido por una acción individual; PPpcac: pase en profundidad corto precedido por una acción colectiva; RDB: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del pase en profundidad; RDBctrlb: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por control del balón; RDBcb: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por correr con el balón; RDBpc: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por un pase corto; RDBcd: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por comportamiento defensivo seguido de un pase; RDBr: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por regate; RDBpl: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por un pase largo; RDBse: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por un saque de esquina; RDBsb: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por un saque de banda.

Variables de comportamiento del equipo defensivo

Como se muestra en la Tabla 4, la recuperación del balón o el desarrollo del balón antes del último pase por control del balón (RDBctrlb) en el PPpcai mostró que las acciones más frecuentes del primer defensa (PD) fueron la recuperación defensiva ($n = 20$), dado que se produjo con una frecuencia significativamente mayor que la vigilancia defensiva ($n = 11$, $p = .04$), y la gestión defensiva del espacio ($n = 6$, $p = .001$). En cuanto al segundo defensa (SD), la gestión defensiva del espacio ($n = 21$) se produjo con una frecuencia significativamente mayor que la recuperación defensiva ($n = 5$, $p < .05$) y la vigilancia defensiva ($n = 7$, $p = .002$).

Siguiendo la tendencia de desarrollo del balón antes del último pase por control del balón (RDBctrlb), los resultados de desarrollo del balón antes del último pase por correr con el balón (RDBcb) también mostraron que las recuperaciones defensivas ($n = 16$) fueron las acciones más frecuentes. Sin embargo, en este caso, no se observaron diferencias significativas en comparación con la vigilancia defensiva ($n = 13$, $p = .31$). Las acciones más frecuentes del segundo defensa (SD) fueron la gestión defensiva del espacio ($n = 17$), que fue significativamente más frecuente que la recuperación defensiva ($n = 5$, $p = .002$) y la vigilancia defensiva ($n = 7$, $p = .01$).

En cuanto al pase en profundidad largo precedido por una acción individual (PPplai), la Tabla 3 muestra que las acciones más frecuentes del PD fueron la gestión defensiva del espacio ($n = 11$), aunque no se observaron diferencias significativas en comparación con la recuperación defensiva ($n = 9$; $p = .378$). De forma similar, el SD concentró la mayoría de las acciones en el grupo de gestión defensiva del espacio ($n = 14$) y con una frecuencia significativamente mayor que la recuperación defensiva ($n = 5$; $p = .006$).

En cuanto al PPpcac, la gestión defensiva del espacio fue la acción más frecuente en el PD y el SD ($n = 6$). Con respecto al centro del juego (CJ), los resultados mostraron que el contexto sin presión ($n = 12$) se produjo con mayor frecuencia que el contexto con presión ($n = 1$).

Variables de interacción

En el pase en profundidad corto precedido por una acción individual (PPpcai), el centro del juego (CJ) reveló que, para RDBctrlb y RDBcb, un contexto sin presión ($n = 37$ y 28 , respectivamente) fue más frecuente que el contexto de presión ($n = 2$ en ambos casos). Con respecto a los patrones espaciales de interacción entre equipos (IEE), se observó que el RDBctrlb fue significativamente más frecuente en la relación de fuerzas contra la línea retrasada ($n = 21$) en comparación con la línea media ($n = 9$, $p = .01$).

Por otro lado, al correr con el balón (RDBcb), la relación de fuerzas *versus* la línea media ($n = 21$) se produjo con mayor frecuencia que contra la línea retrasada ($n = 18$), aunque esta diferencia no fue estadísticamente significativa ($p = .31$).

Respecto al pase en profundidad largo precedido por una acción individual (PPplai), los resultados del CJ revelaron que el contexto sin presión se produjo en el 100 % de los casos ($n = 21$). En cuanto a la IEE, la relación de fuerzas más frecuente se produjo *versus* la línea media ($n = 13$) y con una frecuencia significativamente mayor en comparación con la línea ofensiva ($n = 6$; $p = .03$).

En cuanto al pase en profundidad corto precedido por una acción colectiva (PPpcac), el patrón espacial de interacción entre equipos (IEE) mostró más relaciones de fuerzas *versus* la línea retrasada del equipo contrario ($n = 7$), a pesar de la ausencia de diferencias significativas, en comparación con la línea media ($n = 6$; $p = .5$).

Tabla 4

Variables de comportamiento y de interacción según el tipo de recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase (RDB) para cada tipo de pase en profundidad.

	PPpcai		PPplai	PPpcac
	RDBctrlb	RDBcb	RDBctrlb	RDBpc
Primer defensa (PD)				
Marcaje estrecho	2	1	0	2
Gestión defensiva del espacio	6 ^a	0	11	6
Recuperación defensiva	20 ^b	16	9	3
Vigilancia defensiva	11 ^c	13	1	2
Segundo defensa (SD)				
Marcaje estrecho	7 ^e	1	3	1
Gestión defensiva del espacio	21 ^d	17 ^f	14 ^h	6
Recuperación defensiva	5 ^e	5 ^g	5 ⁱ	3
Vigilancia defensiva	6 ^e	7 ^g	0	3
Centro del juego (CJ)				
Con presión	2	2	0	1
Sin presión	37	28	21	12
Patrón espacial de interacción entre equipos (IEE)				
Versus línea ofensiva	0	0	6 ^m	0
Versus línea media	9 ^k	21	13 ^l	6
Versus línea retrasada	21 ^j	18	2	7

Nota. PPpcai: pase en profundidad corto precedido por una acción individual; PPplai: pase en profundidad largo precedido por una acción individual; PPpcac: pase en profundidad corto precedido por una acción colectiva; RDB: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase en profundidad; RDBctrlb: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por control del balón; RDBcb: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por correr con el balón; RDBpc: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por un pase corto.

Las frecuencias con diferentes subíndices en cada columna y criterio difieren en $p = .05$, test z de una cola.

Variables estructurales

Como se muestra en la Figura 1, el RDBctrlb que precedió al PPpcai se produjo predominantemente en los tres sectores centrales del campo, que fueron el sector ofensivo central 1 (SOC1, $n = 9$), el sector ofensivo central 2 (SOC2, $n = 9$) y el sector ultraofensivo central 1 (SUOC1, $n = 9$). En conjunto, los sectores ofensivos centrales (SOC1 y SOC2, $n = 18$) mostraron una proporción significativamente mayor en comparación con los sectores ultraofensivos (SUOC1 y SUOC2, $n = 10$), $p = .049$.

En relación con el RDBcb, igual que con el RDBctrlb, se observó que los sectores ofensivos centrales fueron predominantes (SOC1 y SOC2, $n = 15$) para este tipo de acción, con diferencias significativas en comparación con

los sectores ultraofensivos (SUOC1 y SUOC2, $n = 7$, $p = .03$). El sector ofensivo central 2 (SOC2, $n = 9$) fue el más predominante, aunque las diferencias con SOC1 y SUOC1 (ambos $n = 6$) no fueron significativas ($p = .27$).

Según la Figura 1, antes del PPplai, el sector defensivo central (CDS, $n = 7$) y el sector mediocampo central 1 (SMC1, $n = 7$) mostraron la cifra máxima de control del balón (RDBctrlb), seguidos del sector ofensivo central 1 (SOC1, $n = 4$).

Respecto al RDBpc en el PPpcac, el SOC2 tuvo la máxima frecuencia ($n = 3$) de RDBpc. Los sectores centrales presentaron nueve ocurrencias en total, mientras que este comportamiento se observó tres veces en la banda derecha y solo una en la banda izquierda.

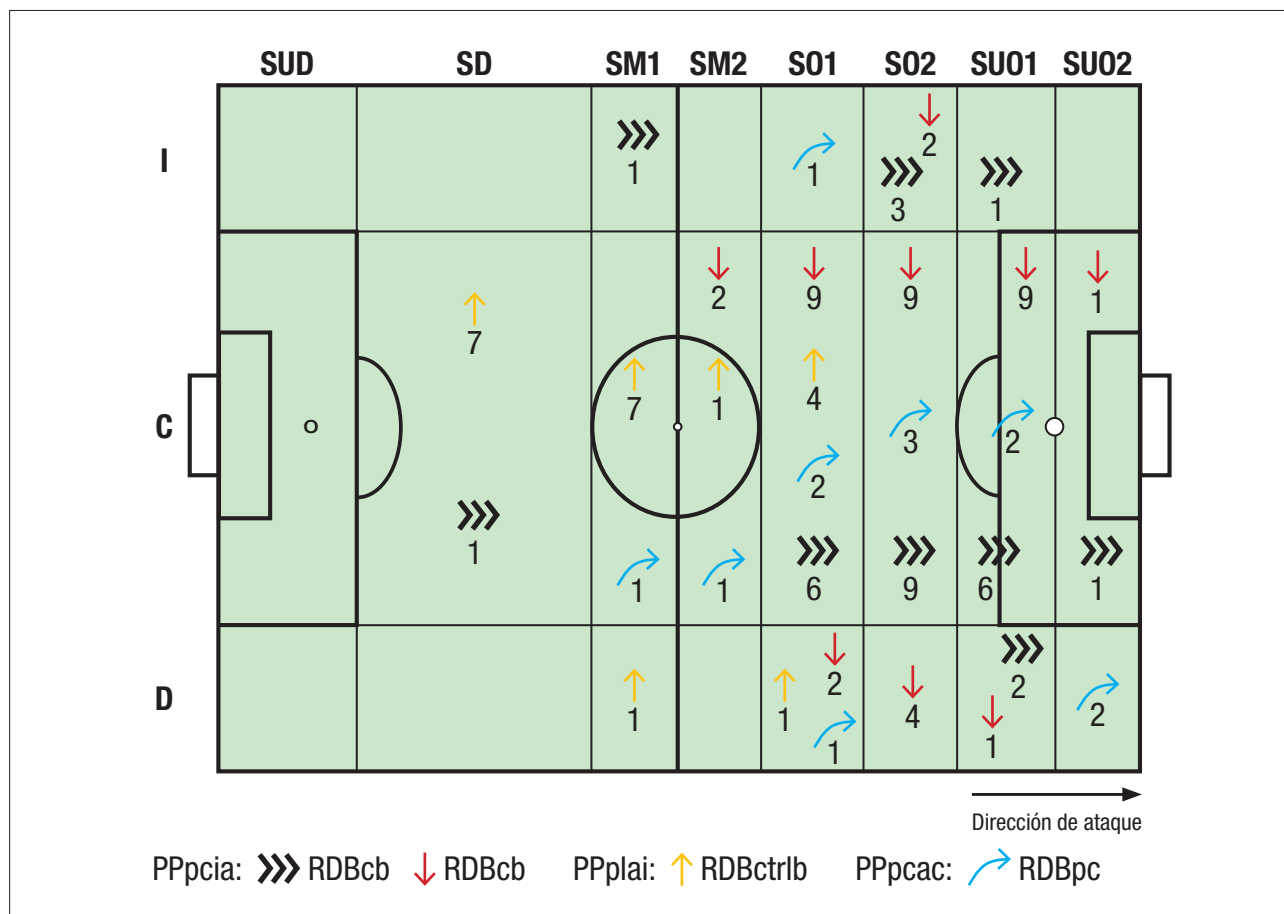


Figura 1

Frecuencias de recuperación del balón o desarrollo del balón antes de los últimos pases en profundidad (RDB) según los sectores del campo.

Nota. RDBctrlb: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por control del balón; RDBcb: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por correr con el balón; RDBpc: recuperación del balón o desarrollo del balón antes del último pase por un pase corto; I: izquierdo; C: central; D: derecho; SUD: sector ultradefensivo; SD: sector defensivo; SM1: sector medio 1; SM2: sector medio 2; SO1: sector ofensivo 1; SO2: sector ofensivo 2; SUO1: sector ultraofensivo 1; SUO2: sector ultraofensivo 2. PPpcai: pase en profundidad corto precedido por una acción individual; PPplai: pase en profundidad largo precedido por una acción individual; PPpcac: pase en profundidad corto precedido por una acción colectiva.

Discusión

El objetivo de este estudio fue identificar las variables más frecuentes de comportamiento, estructurales y de interacción que indujeron tres tipos de pases en profundidad (PPpcai, PPplai y PPpcac) que generaron opciones de marcar goles en fútbol. El control del balón y correr con el balón fueron las acciones más frecuentes, y se produjeron en un contexto sin presión. En algunos trabajos publicados (p. ej., González-Ródenas et al., 2020) se identifican los tipos de asistencia, pero en ninguno se identifica la acción que precede a la asistencia, lo que excluye la comparación con los resultados del presente estudio.

Nuestros resultados mostraron que el PPpcai se caracterizó por dos tipos de recuperación del balón o desarrollo del balón antes de los últimos pases en profundidad que fueron significativamente más frecuentes que los demás: i) control del balón y ii) correr con el balón. Barreira et al. (2014) han publicado que los patrones de ataque han

cambiado con los años, pasando de acciones individuales, como correr con el balón y regatear en los pasillos centrales del campo, a acciones colectivas a lo largo de los carriles laterales. Además, la densidad de jugadores cerca del balón ha aumentado de forma similar. La explicación para el hecho de que los resultados del presente trabajo difieran de los del estudio antes mencionado podría estar relacionada con el estilo o la estrategia de juego adoptado por los equipos para utilizar acciones en profundidad para explorar espacios críticos del equipo contrario, como los pasillos centrales del campo cerca de la portería. En este sentido, el tipo de juego influye probablemente en la fase atacante, como indican González-Ródenas et al. (2020), que identifican que el contraataque es una forma efectiva de crear oportunidades de marcar, probablemente porque el equipo atacante con frecuencia aprovecha una defensa desequilibrada. La falta de organización defensiva en ciertos momentos del juego podría explicar los resultados relacionados con RDBctrlb

y RDBcb en lugares arriesgados del campo, especialmente los sectores ofensivos centrales, en un contexto sin presión ($p < .05$). Según Silva et al. (2005), correr con el balón parece ser una acción esencial para convertir escenarios atacantes menos favorables en contextos más susceptibles de conseguir oportunidades de marcar y alterar la organización defensiva.

Además, Tenga et al. (2017) sugieren que cuando se recurre a acciones en profundidad, ya sea por un pase o por correr con el balón, aprovechar los espacios vulnerables dentro y detrás de la última línea defensiva es un indicador importante de éxito en la fase atacante. Desde esa perspectiva, nuestros resultados demostraron que para RDBctrlb y RDBcb, las acciones técnico-tácticas más frecuentes del PD fueron la recuperación defensiva (que significa que el jugador en posesión tuvo espacio y tiempo suficientes) y la vigilancia defensiva, mientras que el segundo defensa (SD) realizó una gestión defensiva del espacio en la mayoría de las secuencias observadas. En las subfases 1v1, con valores críticos de distancia interpersonal, la diada atacante-defensa puede desestabilizarse por los atacantes si cambian la diferencia entre la velocidad del defensa y la suya propia, lo que puede modificar la organización estructural del sistema (Duarte et al., 2010).

En relación con la IEE, la relación de fuerzas en el RDBctrlb fue significativamente mayor ($p < .05$) frente a la línea retrasada. Respecto al RDBcb, no se observó ninguna diferencia significativa entre la relación de fuerzas contra la línea media y la línea retrasada. En cuanto a las secuencias del RDBctrlb, es importante hipotetizar la ocurrencia de un rápido cambio de pases hasta la última acción, por la proximidad a la portería.

Como se ha descrito a lo largo de este estudio, el RDBctrlb precedió al PPpcai en condiciones considerablemente favorables en la mayoría de secuencias analizadas, por variables de comportamiento o de interacción. Estos resultados corroboran los hallazgos de Castañer et al. (2017), que muestran que jugadores expertos, como los que participaron en las competiciones de élite analizadas en el presente estudio, son capaces de crear con frecuencia condiciones, en tiempo y espacio, para jugar en contextos sin presión. Según Amatria et al. (2019), con el fin de reducir la densidad de contrarios en las zonas centrales del campo, el equipo español prefiere estratégicamente la amplitud a la profundidad en la fase atacante, como medio para alcanzar el éxito ofensivo.

Aunque nuestros hallazgos también reforzaron que los pases en profundidad cortos se tradujeron en más oportunidades de marcar, los pases en profundidad largos también resultaron ser acciones importantes para alterar la organización defensiva. La acción más frecuente que precedió al PPplai fue el RDBctrlb, que se había producido con mayor frecuencia en el sector defensivo central y en el sector central medio 1, en un contexto sin presión.

Además, la relación de fuerzas contra la línea media fue significativamente mayor ($p < .05$) que las demás, dato que sugiere que el equipo contrario podría aplicar una presión alta adelantada o en el medio del campo, lo que abre espacio entre el portero y la última línea defensiva. Aprovecharla podría ser una oportunidad estratégica, especialmente porque las acciones técnico-tácticas de los defensas fueron la gestión defensiva del espacio, que indica que los defensas podían estar reduciendo el espacio entre las líneas (transversales o longitudinales) controlando su posición o realizando una cobertura zonal.

En cuanto al RDB en el PPpcac, los pases cortos fueron más frecuentes que los pases largos y se produjeron en los sectores centrales del campo con mayor frecuencia que en las bandas. Además, la relación de fuerzas más común fue contra la línea media y la línea retrasada.

Conclusiones

En conclusión, tres tipos de RDB precedieron a los tres tipos de PP: control del balón, correr con el balón y pase corto. La mayoría de las acciones se produjeron en los sectores centrales del campo, especialmente en los sectores ofensivos centrales. La relación de fuerzas se produjo principalmente contra la línea retrasada y la línea media y cuando los defensas no presionaron a los atacantes. El presente estudio aporta información relevante a los entrenadores de fútbol, porque parece existir una limitación en la literatura relacionada con las acciones que preceden a un pase final. El uso de esta información en sesiones de entrenamiento podría ayudar a mejorar la calidad de los comportamientos y la efectividad atacante del equipo.

A pesar de las importantes contribuciones, este artículo tiene limitaciones. Algunos grupos no alcanzaron el número previsto de eventos, que impidieron la comparación con otros. Futuros estudios podrían beneficiarse del análisis de la secuencia ofensiva completa, con el fin de identificar más aspectos relevantes que probablemente influyen en la ejecución de los pases en profundidad (p. ej., tipo de ataque, estilo de juego, recuperación del balón). Por tanto, sería importante recopilar información detallada para respaldar el diseño de actividades de entrenamiento para animar a los jugadores a realizar pases en profundidad en la fase atacante o evitarlos durante la fase defensiva.

En cuanto a las consecuencias prácticas, nuestros resultados mostraron la importancia de aprovechar los momentos en que el equipo contrario está realizando una presión baja (por movimiento rápido del balón lejos de zonas de presión y creando un desequilibrio en la defensa del contrario), y cuando es más probable que las acciones se produzcan antes de un pase en profundidad detrás de la última línea defensiva. Por lo tanto, los entrenadores podrían diseñar actividades que repliquen escenarios sin

presión de la defensa, especialmente en los sectores centrales del campo, mientras que los jugadores atacantes deberían coordinar sus movimientos para crear espacio al jugador en posesión y para los demás compañeros del equipo para recibir el pase en profundidad. Las actividades que animan a correr con el balón y a un rápido intercambio de pases (con uno o dos toques) también podrían ofrecer resultados efectivos.

Financiación

Los autores expresan su agradecimiento al patrocinio del subproyecto del Gobierno español Enfoque de método mixto en el análisis de rendimiento (en entrenamiento y competición) en el deporte de élite y academia [PGC2018-098742-B-C33] (2019-2021) [del Ministerio de Ciencia, Innovación y Universidades (MCIU), la Agencia Estatal de Investigación (AEI) y el Fondo Europeo de Desarrollo Regional (FEDER)], que forma parte del proyecto coordinado New approach of research in physical activity and sport from mixed methods perspective (NARPAS_MM) [SPGC201800X098742CV0].

Referencias

- 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., & Hilen, 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., & Hilen, 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/jets.v7i2.3998>
- 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.

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES



Efectos de la terapia con diodos emisores de luz en la recuperación de jugadores de fútbol sala masculino

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

1. Departamento de Educación Física, Universidad Federal de Bahía (Brasil).
2. Departamento de Patología General, Universidad Estatal de Londrina, Londrina (Brasil).
3. Departamento de Educación Física, Universidad Norte de Paraná, Londrina (Brasil).
4. Departamento de Educación Física, Facultad de Ciencias, Universidad Estatal de São Paulo (UNESP), Bauru, São Paulo (Brasil).
5. Departamento de Histología, Universidad Estatal de Londrina, Londrina (Brasil).

Citación

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)

Resumen

El objetivo de este estudio fue investigar los efectos de la terapia con diodos emisores de luz (LED) en los marcadores de rendimiento físico, daño muscular, inflamación y estrés oxidativo hasta 24 horas después del protocolo de carrera intermitente específico para fútbol sala (Futsal-Specific Intermittent Shuttle Protocol, FISP). Diez jugadores de fútbol sala adultos realizaron el FISP con siete días de diferencia. Los participantes fueron aleatorizados en dos grupos que recibieron LED (630 nm; 300 mW; 4.6 J/cm², 6 J por punto, 120 J en cada muslo) o placebo. Durante los FISP se determinaron la frecuencia cardíaca (FC) y la concentración sanguínea de lactato [Lac]. Se recogieron muestras de sangre para analizar la creatina cinasa (CK), interleucina-6 (IL-6), factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) y productos avanzados de la oxidación de proteínas (PAOP), y el salto con contramovimiento (CMJ, por sus siglas en inglés) y el dolor muscular percibido se evaluaron antes (Pre), después (Post) y 24 horas después (24 h) del FISP. Los grupos de LED y placebo presentaron valores medios similares de FC ($p = .58$) y [Lac] ($p = .86$) durante los FISP. Se observaron efectos de interacción ($p < .01$) y tiempo ($p < .01$) en la CK, con un aumento de CK con placebo ($p < .01$) y LED ($p < .01$) en el momento Post comparado con el Pre. Se observó un efecto de tiempo en el CMJ ($p < .01$) y la IL-6 ($p < .01$); el CMJ presentó valores más bajos en el momento Post ($p < .01$) y 24 h ($p = .01$) comparado con Pre, y la IL-6 aumentó en el momento Post comparado con Pre ($p < .01$) y volvió a valores Pre 24 h después del FISP. No se comunicaron efectos de interacción, tiempo y grupo en relación con el dolor muscular, el TNF- α o los PAOP ($p > .05$). En conclusión, la terapia con LED alteró el patrón de la CK después del FISP, pero no cambió los marcadores de rendimiento físico, dolor muscular, inflamación o estrés oxidativo de jugadores de fútbol sala hasta 24 horas después del FISP.

Palabras clave: daño muscular, deportes de equipo, fotobiomodulación, fototerapia.

Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Solange de Paula Ramos*
solangedepaularamos@gmail.com

Sección:

Entrenamiento deportivo

Idioma del original:

Inglés

Recibido:

6 de agosto de 2020

Aceptado:

30 de abril de 2021

Publicado:

1 de octubre de 2021

Portada:

Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Introducción

El fútbol sala es un deporte de equipo, en el que los jugadores cubren un 15 % de la distancia total (~3000-4000 m) a velocidades de alta intensidad (es decir, >18.3 km/h) (De Oliveira Bueno et al., 2014) y presentan valores de frecuencia cardíaca (FC) próximos al 86-90 % de la FC máxima (FC_{máx}) durante un partido (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009). Además, durante los partidos se pueden producir esprints constantes, paradas súbitas, aceleraciones, cambios de dirección y finalizaciones (Naser et al., 2017). Como consecuencia de las exigencias físicas y fisiológicas de alta intensidad, en estudios previos se han descrito descensos del rendimiento físico durante los partidos, demostrados por una menor distancia cubierta a alta intensidad en la segunda parte comparada con la primera (Barbero-Alvarez et al., 2008; De Oliveira Bueno et al., 2014; Milioni et al., 2016) y una alteración de la torsión del flexor y extensor de la rodilla y de la potencia muscular de las extremidades inferiores (deducido por el test de salto con contramovimiento [CMJ]) inmediatamente (Dal Pupo et al., 2014) y hasta 24 horas después del partido (De Freitas et al., 2017). Cuando se juegan partidos consecutivos, también se observa el mismo fenómeno en los días posteriores (Freitas et al., 2014).

El daño muscular inducido por el ejercicio (DMIE) se relaciona con frecuencia con una alteración del rendimiento inmediatamente después y durante días después de un partido de fútbol sala (De Marchi et al., 2019; De Moura et al., 2012; Freitas et al., 2014). En estudios previos se ha descrito un aumento de daño muscular, inflamación y estrés oxidativo, manifestado por aumentos en suero de las actividades de creatina cinasa (CK) y lactato deshidrogenasa (LDH) (De Marchi et al., 2019; De Moura et al., 2012), en los niveles de interleucina 6 (IL-6) y proteína C-reactiva (PCR) (De Moura et al., 2012) y proteína carbonilada (PC) (De Marchi et al., 2019) inmediatamente después y 48 horas después de un partido de fútbol sala. En este sentido, las estrategias que aceleran la recuperación del DMIE y del rendimiento físico son útiles para ayudar a los jugadores de fútbol sala a reducir los síntomas de fatiga, que se traduce en la inmediata disponibilidad de los deportistas para sesiones de entrenamiento o competiciones los días siguientes a los partidos.

Recientemente se ha sugerido el uso de fototerapia en el deporte, con el principal objetivo de impulsar efectos ergogénicos, aumentar el rendimiento físico durante el ejercicio y, como método de recuperación después de ejercicios de alta intensidad, reducir el DMIE en atletas de deportes individuales y de equipo (Leal-Junior et al., 2015; Leal-Junior et al., 2019; Vanin et al., 2018). La fototerapia consiste en aplicar luz de longitudes de onda de rojo a infrarrojo cercano emitida por láser de baja densidad (láser) o diodos emisores de luz (LED) (Leal-Junior et al., 2019). La fototerapia estimula células fotorreceptoras en la cadena respiratoria mitocondrial del músculo esquelético, especialmente la enzima citocromo

C-oxidasa (Hayworth et al., 2010). En consecuencia, se puede observar una mejoría en la transferencia de electrones en la membrana mitocondrial interna, se reduce la formación elevada de especies reactivas de oxígeno (ROS) y aumenta la reserva intracelular resultante de trifosfato de adenosina (ATP) (Hayworth et al., 2010). La mejoría en la producción total de ATP en el músculo esquelético proporciona más energía disponible a la función muscular, atenuando el DMIE. En un estudio previo se sugirió que la fototerapia aplicada antes de los partidos de fútbol sala promovía un efecto protector muscular, reduciendo los marcadores de daño muscular (es decir, CK y LDH) y estrés oxidativo (sustancias reactivas al ácido tiobarbitúrico [SRATB] y PC) de jugadores de fútbol sala después y 48 horas después de los partidos (De Marchi et al., 2019). Sin embargo, no se ha publicado si la fototerapia aplicada después de los partidos podría ser efectiva para acelerar la recuperación de jugadores de fútbol sala. Además, hasta ahora, siguen sin conocerse los efectos de la fototerapia en la recuperación de marcadores de jugadores de fútbol sala, como el rendimiento físico, hasta 24 horas después de los partidos. Esta información podría ayudar a los entrenadores principalmente en torneos cortos, donde el intervalo entre partidos es de aproximadamente 24 horas (Freitas et al., 2014).

El objetivo de este estudio fue investigar los efectos de la terapia con LED en marcadores de rendimiento físico, daño muscular, inflamación y estrés oxidativo hasta 24 horas después de un protocolo de ejercicios que simula las exigencias físicas de disputar un partido de fútbol sala. Para justificar el objetivo, planteamos la hipótesis de que el protocolo de ejercicios podía afectar negativamente a los marcadores asociados a DMIE de jugadores de fútbol sala, de forma similar a los después de un partido de fútbol sala (De Marchi et al., 2019; De Moura et al., 2012), y que LED podría atenuar estos efectos negativos.

Metodología

Participantes

En el presente estudio participaron 10 jugadores de campo (edad 23.5 ± 7.8 años, estatura 174.3 ± 6.1 cm, y peso 69.1 ± 3.8 kg) de un equipo de fútbol sala adulto. Este equipo ocupaba la segunda posición de la división de ascenso a primera división de un campeonato estatal de fútbol sala. La muestra se seleccionó por conveniencia debido al número limitado de jugadores en un equipo de fútbol sala y a los problemas para encontrar diferentes equipos con la misma rutina y calendario de entrenamiento y con disponibilidad. Los criterios de inclusión fueron: jugar en el equipo incluido en el presente estudio y haber practicado fútbol sala durante al menos cuatro años. Todos los jugadores estaban sanos, sin lesiones e informaron no haber consumido sustancias ergogénicas ni antiinflamatorios en el momento del experimento. Además, se indicó a todos los jugadores

voluntarios que no consumieran alcohol ni alimentos con cafeína durante al menos las 24 horas previas a la realización de los procedimientos experimentales. La ingesta dietética no fue guiada por un nutricionista y no se realizó ningún recuerdo dietético; sin embargo, se indicó a los jugadores que comieran regularmente y que se hidrataran con frecuencia de forma voluntaria y libremente. Los procedimientos experimentales se realizaron a mediados de la temporada de competición, en un momento de pausa en el calendario competitivo. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en Investigación en Seres Humanos de la Universidad Estatal de Londrina (CAAE: 39519414.4.0000.5231; código otorgado: 930.218), de conformidad con las normas reguladoras establecidas por el Consejo Nacional de Salud y de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

Procedimientos

Para simular las exigencias físicas de un partido de fútbol sala, los jugadores realizaron el protocolo de carrera intermitente específico para fútbol sala (FISP) (De Freitas et al., 2017). El FISP es un protocolo de ejercicios válido, que permite a los jugadores someterse de forma homogénea a las exigencias físicas de los partidos de fútbol sala. El primer día del experimento, los jugadores llegaron al club a las 9:00 h de la mañana, sin haber hecho ejercicio durante aproximadamente 48 horas, para caracterizar las muestras (medidas antropométricas: peso y estatura). Los jugadores de fútbol sala realizaron el FISP (De Freitas et al., 2017) con siete días de diferencia, a las 14:00 h, en una pista oficial de fútbol sala. Los participantes fueron aleatorizados por sorteo simple en dos grupos a los que se aplicó LED o placebo en un diseño cruzado (con cinco jugadores sometidos a LED y cinco a placebo el primer día, que se invirtió el segundo día). Aunque se describen efectos de recuperación similares con LED y láser (Vanin et al., 2018), en el presente estudio se prefirió LED (fuente de luz no coherente) por la mayor área focal, que cubre áreas extensas de piel en cada punto de aplicación de la luz. Las condiciones de LED o placebo se aplicaron aproximadamente ~1-35 minutos después de finalizar el FISP y recoger los datos de los jugadores. La FC se monitorizó de forma continua y las muestras de sangre se extrajeron del lóbulo de la oreja después de cada bloque del FISP para analizar la concentración sanguínea de lactato [Lac]. Además, las muestras de sangre se recogieron antes (Pre), inmediatamente después (Post) y 24 horas después (24 h) del FISP para analizar la concentración plasmática de CK, IL-6, factor de necrosis tumoral alfa (TNF- α) y productos avanzados de la oxidación de proteínas (PAOP). Antes y 24 horas después del FISP, se extrajo sangre antes del calentamiento. Antes y 24 horas después del FISP, después del calentamiento, e inmediatamente después, se realizó el test de salto con contramovimiento (CMJ) y se monitorizó el dolor muscular percibido. El calentamiento consistió en realizar el

FISP durante cinco minutos con sprints a ~90 % de la velocidad máxima. Este calentamiento también se utilizó para que los jugadores se familiarizaran con el FISP. Para comprobar la frecuencia cardíaca (FC), los jugadores realizaron el nivel 1 del test de recuperación intermitente YO-YO (YO-YOIR1) (Bangsbo et al., 2008) una semana antes del primer FISP, sin haber realizado ejercicio durante aproximadamente 48 horas. Los procedimientos experimentales se realizaron a mediados de la temporada de competición, en un momento de pausa en el calendario competitivo.

Terapia con diodos emisores de luz (LED) o placebo

La terapia con diodos emisores de luz (LED) o placebo se realizó con un equipo comercial (Tabla 1). El equipo se colocó sobre los músculos cuádriceps e isquiotibiales en contacto con la piel, según la Figura 1. En cada punto, se irradiaron 6 J de energía (20 s de aplicación), aplicándose 120 J de energía en total en cada muslo. El procedimiento con placebo se realizó con el aparato apagado, sin conocimiento de los jugadores, dado que los dos grupos (LED y placebo) llevaban un antifaz durante la aplicación del protocolo. LED y placebo se aplicaron en los mismos lugares anatómicos y con una duración similar. La longitud de onda de LED y la energía irradiada se aplicaron según revisiones sistemáticas previas (Leal-Junior et al., 2015; Vanin et al., 2018). Antes de los procedimientos experimentales, a los jugadores de ambos grupos (LED y placebo) se les explicó el efecto de la aplicación de LED, con el fin de convencerlos de que la terapia con LED es efectiva para acelerar la recuperación.

Tabla 1
Parámetros de aplicación de LED.

Aparato: Biostherapy II; BIOS®, São José dos Campos, Brasil
Longitud de onda: 630 nm
Frecuencia de salida: continua
Potencia: 300 mW
Tamaño del haz: 1.32 cm ²
Tiempo de aplicación por punto: 20 s
Número de lugares irradiados: 20 en cada muslo: 5 en el vasto externo, 3 en el vasto interno, 4 en el recto anterior, 4 en el bíceps femoral y 4 en el semitendinoso
Densidad de potencia en cada punto: 227.3 mW/cm ²
Densidad de energía en cada punto: 4.5 J/cm ²
Densidad total de energía en cada muslo: 90.8 J/cm ²

Protocolo de carrera intermitente específico para fútbol sala (FISP)

El FISP consta de cuatro bloques de seis minutos de duración por bloque e intervalos de cinco minutos entre bloques

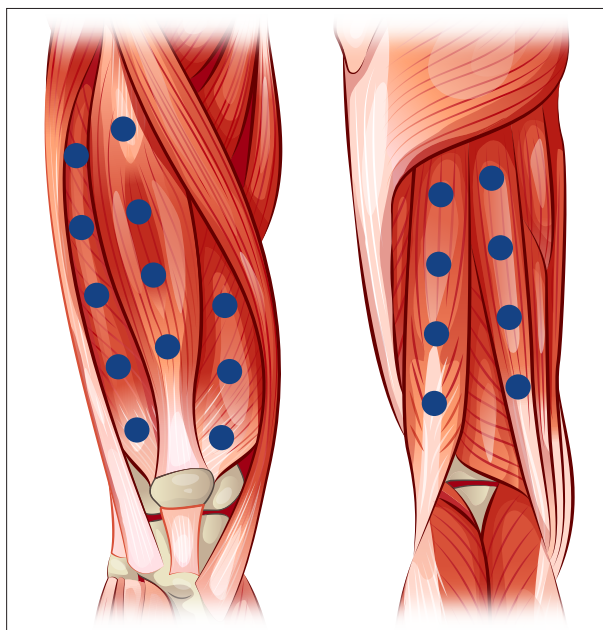


Figura 1
Mapa de aplicación de LED.

(39 minutos en total). La distancia total cubierta por el FISP es de 3600 metros y cada bloque de ejercicios se estructura en seis secuencias de 10 desplazamientos de 15 metros, durante las que los jugadores corren a intensidades diferentes ordenadas por un pitido y un comando de voz. La secuencia de los desplazamientos es: caminar, 5.4 km/h; 2 × carreras de baja intensidad, 9 km/h; esprints, velocidad máxima; 2 × carreras de baja intensidad, 9 km/h; 2 × carreras de intensidad media, 13.5 km/h; carrera de alta intensidad, 18 km/h; caminar, 5.4 km/h. Se ha demostrado que los valores de FC, los cambios en el CMJ, el dolor muscular percibido y los marcadores de recuperación de inflamación y estrés oxidativo en el FISP son similares a los de un partido simulado (De Freitas et al., 2017).

Frecuencia cardíaca (FC)

La FC se monitorizó a intervalos de 1 s con monitores telemétricos (Polar®, RS800, Polar Electro, Finlandia). Se calculó la FC media para los cuatro bloques completos del FISP (24 min = 4 bloques × 6 min). Además, la FC se determinó en el YO-YOIR1 y se consideró que la FC al final del test era la FC máxima (FC_{máx}). También se calculó el porcentaje de FC monitorizada en el FISP, que correspondía a la FC_{máx} (% FC_{máx}).

Test de salto con contramovimiento (CMJ)

El CMJ se realizó utilizando una colchoneta de contacto (Smart Jump®, Fusion Sport, Australia). Los jugadores empezaron el test de pie y realizaron una sentadilla (flexión de ~90° de las rodillas) seguido de un salto con las manos

colocadas sobre las caderas. Los jugadores realizaron tres intentos de CMJ máximo con un descanso de 60 segundos entre los intentos y para el análisis se consideró el salto más alto. El test de CMJ mostró un coeficiente de correlación intraclase (CCI) de 0.97 (Sattler et al., 2012).

Dolor muscular percibido

El dolor muscular se evaluó con una escala categórica (0-10) de dolor (Cook et al., 1998). Los jugadores realizaron una flexión de rodillas de ~90° antes de comunicar el dolor muscular en una escala; 0 representa ningún dolor y 10, dolor sumamente intenso, casi insoportable. Es importante señalar que esta variable fue registrada por el mismo evaluador, un jugador cada vez, en un lugar aislado, sin influencia de otros jugadores.

Marcadores sanguíneos

Se extrajeron muestras de 5 ml de sangre de la vena antecubital en tubos heparinizados (Becton Dickinson, Franklin Lakes, EE. UU.). Las muestras se centrifugaron (1370 g durante 10 min a 4 °C) y el plasma recogido se alicuotó y almacenó a -20 °C. Los niveles de IL-6 y TNF-α se determinaron por enzoinmunoanálisis de adsorción (ELISA) con kits comerciales, según las instrucciones del fabricante (IL-6; equipo BD OptEIA Human IL6 ELISA, n.o cat. 555220; TNF-α; equipo BD OptEIA Human TNF ELISA, n.o cat. 555212, Becton, Dickinson and Company, Franklin Lakes, EE. UU.). Los PAOP se calcularon por los niveles plasmáticos de cloraminas, que son productos finales derivados de la oxidación proteica por HOCl, el principal producto de actividad de los neutrófilos durante la inflamación, por su reacción con KI. La reacción final produce un compuesto de color, que se detecta a 340 nm por espectrofotometría (Witko-Sarsat et al., 1996). Las concentraciones plasmáticas de CK se determinaron con un sistema bioquímico automático (Dimension EXLTM Chemistry System, Siemens, Munich, Alemania).

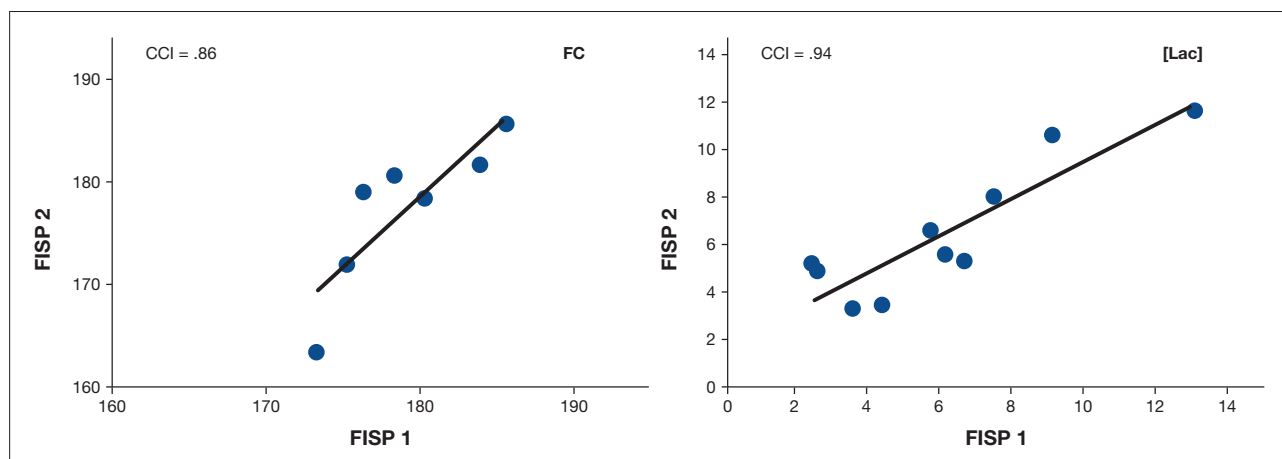
Concentración sanguínea de lactato [Lac]

Se extrajeron muestras de aproximadamente 25 µl de sangre del lóbulo de la oreja para analizar la [Lac]. Brevemente, el lóbulo de la oreja se desinfectó con alcohol al 70 % y se utilizó una lanceta metálica desechable para realizar la punción. La sangre se extrajo con capilares de vidrio heparinizados y se transfirió inmediatamente a tubos de microcentrífuga de polietileno de 1.5 ml que contenían 50 µl de fluoruro sódico al 1 %. Los tubos se almacenaron en un recipiente con hielo y después se congelaron en un congelador a -20 °C. El análisis de [Lac] se realizó con un analizador electroquímico (YSI 2300 STAT PLUS; Copyright © Yellow Springs, Ohio, EE. UU.), con un error de medición de ± 2 %.

Tabla 2

Frecuencia cardíaca (FC) media, porcentaje de frecuencia cardíaca máxima (% FCmáx) y concentración de lactato [Lac] de cuatro bloques/fases del FISP el primer y segundo día de realización y en condiciones de LED y placebo.

	FC (latidos/min)	% FCmáx	[Lac] (mmol/L)
FISP día 1	179.05 ± 4.55	92.84 ± 3.33	6.16 ± 3.26
FISP día 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**

Coeficiente de correlación intraclass (CCI) de frecuencia cardíaca (FC) y concentración de lactato [Lac] del FISP realizado el primer (FISP 1) y segundo día (FISP 2).

Análisis de datos

No se identificaron valores atípicos con la puntuación Z ($Z = (\text{muestra} - \text{media}) / \text{desviación estándar}$; valores atípicos = $Z > 3$). Se utilizó el test de Shapiro-Wilk para comprobar la normalidad de los datos. Se utilizaron pruebas de la *t* de Student para datos emparejados para comparar la FC media, % FCmáx y [Lac] entre las condiciones de LED y placebo. Los resultados en los momentos Pre y Post se presentan como media ± desviación estándar. Se realizó una técnica de ecuación de estimación generalizada (GEE, por sus siglas en inglés) con dos factores (tiempo y grupo) para obtener comparaciones inter-, intra- y de interacción. Cuando se encontraron efectos, se realizó una comparación por pares con ajuste de Bonferroni. Se utilizó el CCI para comprobar la reproducibilidad de la FC y la [Lac] se midió en la primera y segunda realización del FISP. El CCI se interpretó utilizando los siguientes umbrales: .1 a .29 pequeño, .30 a .49 moderado, .50 a .69 grande, .70 a .89 muy grande y .90 a 1, casi perfecto (Hopkins, W.G., 2002). Todos los análisis se realizaron con IBM® SPSS® para Windows versión 20.0. El nivel de significación adoptado fue de $p < .05$.

Resultados

Los jugadores presentaron una FCmáx de 194 ± 5 latidos/min en el test YO-YOIR1. La FC media y el % FCmáx ($n = 7$; Tabla 2) fueron similares en ambos FISP, analizados de forma

independiente del tratamiento aplicado ($p = .31$; $p = .30$, respectivamente), y al comparar LED con placebo ($p = .58$; $p = .61$, respectivamente). Tres participantes no fueron incluidos en el análisis de la FC por errores técnicos asociados con el registro de la FC. La [Lac] media obtenida en el FISP (Tabla 2) fue similar en la primera y la segunda tanda, analizada de forma independiente del tratamiento realizado ($p = .61$) y cuando se compararon LED y placebo ($p = .86$). El CCI de la FC fue muy grande y el de la [Lac] casi perfecto (Figura 2).

Para CMJ e IL-6, la GEE no demostró efectos de interacción o grupo ($p > .05$), pero mostró un efecto de tiempo ($p < .01$; Tabla 3). Las comparaciones por pares mostraron que los valores del CMJ fueron menores en el momento Post ($p < .01$) y 24 horas después ($p = .01$) comparado con Pre, y que los valores Post no fueron diferentes a las 24 horas ($p = 1$). La concentración sanguínea de IL-6 aumentó en el momento Post comparado con Pre ($p < .01$) y el valor de IL-6 a las 24 horas fue menor que en Post ($p = .04$), pero no diferente de Pre ($p = 1$), dato que sugiere que la IL-6 volvió a valores Pre a las 24 horas del FISP. Para CK, la GEE mostró efectos de interacción y tiempo, pero no de grupo (Tabla 3). Las comparaciones por pares mostraron un aumento de CK con placebo ($p < .01$) y LED ($p < .01$) en el momento Post comparado con Pre. Sin embargo, no se observaron diferencias en ningún grupo cuando se comparó el momento 24 h con Pre y Post ($p > .05$). Para dolor muscular, TNF- α y PAOP, la GEE no demostró efectos de interacción, tiempo o grupo ($p > .05$; Tabla 3).

Tabla 3

Valores y comparaciones inter-, intra- y de interacción de salto con contramovimiento (CMJ), dolor muscular percibido, creatina cinasa (CK), interleucina-6 (IL-6), factor de necrosis tumoral-alfa (TNF- α) y productos avanzados de oxidación de proteínas (PAOP) de los grupos de placebo y LED en los momentos Pre, Post y 24 h.

	Grupos	Pre	Post	24 h	Diferencia media Post - Pre (IC 95 %)	Diferencia media 24 h - Pre (IC 95 %)	Diferencia media 24 h - Post (IC 95 %)	<i>p</i> Grupo	<i>p</i> Tiempo	<i>p</i> Inter.
		Media $\pm$ DE	Media $\pm$ DE	Media $\pm$ 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. Significativamente diferente de Pre con efecto de tiempo (* $p < .01$; ** $p < .05$); significativamente diferente de Post con efecto de tiempo ([#] $p < .05$); significativamente diferente de Pre dentro del mismo grupo (^ψ $p < .01$).

Discusión

La hipótesis planteada en este estudio fue que la terapia con LED podría atenuar el empeoramiento en marcadores de rendimiento físico, daño muscular, inflamación y estrés oxidativo de jugadores de fútbol sala hasta 24 horas después del FISP. Es importante señalar que, a diferencia de lo que se esperaba, solo el CMJ empeoró 24 horas después del FISP. Los principales resultados observados fueron que la terapia con LED fue efectiva para cambiar el patrón de la CK después del FISP. Sin embargo, no se observaron otros efectos positivos.

La atenuación del aumento en sangre de la actividad de CK es uno de los efectos positivos más probables de la fototerapia publicados en la literatura (Nampo et al., 2016). En el presente estudio, la terapia con LED cambió el patrón de la CK después del FISP, dato que se corrobora con un estudio previo que mostró una atenuación del aumento en sangre de la actividad de CK después y 48 horas después de partidos de fútbol sala (De Marchi et al., 2019). Aunque las comparaciones por pares no mostraron efectos a las 24 horas comparado con los momentos Pre o Post, es posible observar que los valores de CK siguieron elevados después de placebo, mientras que este patrón no se observó después de LED, y posiblemente contribuye en el efecto de interacción encontrado. Aún no está claro el mecanismo relacionado con la capacidad de LED de reducir la CK (Nampo et al., 2016). Sin embargo, es posible que LED atenúe las ROS generadas después del ejercicio (que no se reflejó en cambios en los PAOP) y aumente la reserva muscular de ATP (Hayworth et al., 2010), atenuando el DMIE. Es importante señalar que el aumento de CK descrito en el presente estudio fue menor que la elevación descrita en atletas 24-72 horas después del ejercicio (~400 %) (Brancaccio et al., 2010). Es posible que las exigencias metabólicas y físicas del FISP no fueran suficientes para promover niveles elevados de daño muscular en jugadores de fútbol sala bien entrenados (De Freitas et al., 2017). Además, podría existir un límite en la intensidad que puede soportar el tejido muscular y este límite podría ser inferior en participantes mal preparados en comparación con sujetos bien preparados (Brancaccio et al., 2010). Por tanto, en jugadores de fútbol sala, las exigencias físicas del FISP y, por consiguiente, de los partidos de fútbol sala no promueven un gran DMIE. Otra posibilidad podría ser que 24 horas no fuera tiempo suficiente para que se produjera la liberación máxima de CK a la circulación sanguínea (Brancaccio et al., 2010). Sin embargo, en algunos estudios se ha demostrado que la liberación máxima de CK se produce 24 horas después de partidos de fútbol (Magalhaes et al., 2010; Russell et al., 2015), dato que sugiere que el momento de recogida de datos del presente estudio fue suficiente para detectar signos de daño muscular. Aunque la falta de mediciones a las 48 y 72 horas podría ser una limitación de este estudio, en la práctica esto es difícil de llevar a cabo

por las rutinas semanales de entrenamiento de los atletas. Por tanto, se anima a que en futuros estudios se analice el efecto de la fototerapia en la actividad de CK en sangre hasta 72 horas después de un ejercicio con exigencias físicas y metabólicas elevadas. Hasta ahora, se han descrito los efectos beneficiosos de la fototerapia para reducir la elevación de CK en sangre de jugadores de fútbol sala, incluso aunque se muestre solo un ligero aumento de esta variable.

Según nuestros conocimientos, este es el primer estudio que investiga los efectos de LED en el rendimiento del CMJ de jugadores de fútbol sala que realizaron los esfuerzos de un partido simulado. A pesar del efecto de LED en la CK, los resultados observados no sugieren un efecto positivo de LED sobre el rendimiento en el CMJ. Es importante señalar que una reducción de ~4-5 % en el CMJ después y 24 horas después del FISP, descrito en el presente estudio, estuvo en consonancia con resultados publicados previamente (De Freitas et al., 2017; Freitas et al., 2014). A diferencia de los resultados encontrados, en un estudio previo se observó un pequeño efecto beneficioso de la fotobiomodulación en el rendimiento del CMJ de jugadores de fútbol *amateurs* (Dornelles et al., 2019). Sin embargo, el presente estudio se realizó con jugadores de fútbol sala profesionales y es posible que mecanismos distintos al bajo nivel de daño muscular, como fatiga central (Milioni et al., 2016), por ejemplo, podrían ser la causa del rendimiento alterado observado en jugadores de fútbol sala bien entrenados sometidos a un esfuerzo común como un partido de fútbol sala.

Borges et al. (2014) observaron un posible efecto de LED después del ejercicio para atenuar el descenso de fuerza muscular isométrica en sujetos sometidos a un protocolo de ejercicios excéntricos. En este estudio, el protocolo de ejercicios excéntricos modificó negativamente los marcadores de DMIE (es decir, dolor muscular percibido y amplitud de movimiento) que también se atenuaron con LED (Borges et al., 2014). En consonancia, según publicaciones previas (De Freitas et al., 2017), el FISP aumentó la concentración plasmática de CK, pero no cambió los marcadores de dolor muscular percibido, inflamación o estrés oxidativo. Estos resultados sugieren que si el FISP promueve un DMIE, el nivel de daño no es suficiente para alterar los marcadores de dolor, inflamación y estrés oxidativo analizados en el presente estudio. En otros deportes de equipo, como el fútbol, se observaron aumentos en los marcadores de daño muscular, inflamación y estrés oxidativo 24 horas después de los partidos (Magalhaes et al., 2010). Sin embargo, la distancia cubierta en partidos de fútbol es mayor que la recorrida en partidos de fútbol sala (De Oliveira Bueno et al., 2014; Stolen et al., 2005), dato que sugiere mayores exigencias metabólicas en fútbol que en fútbol sala. Por tanto, animamos a realizar nuevos estudios para investigar el efecto de LED en sujetos que realizan ejercicios con alta exigencia metabólica, que comporta niveles altos de DMIE.

Además, aunque la característica invasiva dificulta obtener frecuentes extracciones de muestras de sangre en atletas profesionales, esto podría ser interesante en futuros estudios porque algunos marcadores, inflamación y estrés oxidativo, por ejemplo, presentan tiempos diferentes de secreción y extracción de la sangre (Brancaccio et al., 2010).

El uso del FISP para estudiar métodos de recuperación podría ser ventajoso porque impone un esfuerzo similar a todos los sujetos. En el presente estudio, los valores de FC y % FCmáx monitorizados durante el FISP en los grupos de LED y placebo fueron similares. Los valores de estas variables (FC, ~177-179 latidos/min; % FCmáx, ~91-92 %) fueron similares a los descritos en estudios previos durante partidos de fútbol sala simulados y oficiales (Barbero-Alvarez et al., 2008; Castagna et al., 2009; De Freitas et al., 2017). Estos resultados estuvieron en concordancia con la [Lac], que no mostró valores diferentes cuando se compararon LED y placebo, y los valores descritos en el presente estudio (~6-6.5 mmol/L) estuvieron cerca de los valores descritos previamente (Castagna et al., 2009). Además, los valores de FC, % FCmáx y [Lac] fueron similares cuando se compararon los dos momentos de realización del FISP (con independencia de los métodos de intervención), y los CCI de FC y [Lac] fueron muy grandes y casi perfectos, respectivamente. Estos resultados podrían confirmar que los jugadores se sometieron a esfuerzos físicos similares durante los dos FISP y que fueron similares al esfuerzo físico de los partidos oficiales de fútbol sala.

La dosis de tratamiento aplicada en el presente estudio estuvo en consonancia con revisiones sistemáticas previas, dato que sugiere un efecto positivo de la fototerapia (Leal-Junior et al., 2015; Vanin et al., 2018). Sin embargo, se publicó una actualización sobre la ventana terapéutica en grupos de grandes músculos, que sugieren que se recomendó una gran dosis, tras la recogida de datos del presente estudio (Leal-Junior et al., 2019). Por tanto, la dependencia dosis-respuesta del efecto de LED (Leal-Junior et al., 2015) podría ser una posible explicación del limitado efecto encontrado para este tratamiento. Por otro lado, en el presente estudio, la terapia con LED produjo un efecto en la CK, dato que sugiere que la dosis aplicada fue efectiva para esta variable. En futuros estudios se debería investigar si se necesitan dosis altas de LED para cambiar los marcadores de rendimiento físico, dolor muscular, inflamación y estrés oxidativo. Creemos que los principales resultados observados fueron una consecuencia del bajo nivel de daño muscular inducido por el FISP en jugadores de fútbol sala bien entrenados.

El número de participantes podría ser un posible factor limitante para los resultados observados en el presente estudio. Por desgracia, el número de jugadores en un equipo de fútbol sala es limitado y es difícil reclutar jugadores de diferentes equipos por las rutinas y pautas de entrenamiento de cada equipo. Es importante destacar que previamente

se utilizó una muestra de menor tamaño para mostrar el efecto protector muscular de la fototerapia aplicada antes de partidos de fútbol sala (De Marchi et al., 2019). Sin embargo, suponemos que, para tener un mejor conocimiento de los resultados observados en el presente estudio, se podría necesitar una muestra de gran tamaño y, por tanto, en futuras investigaciones se debería definir el tamaño de la muestra. En el presente estudio se controlaron otros puntos para reducir el riesgo de sesgo, como la aleatorización de los participantes en los dos grupos, el enmascaramiento de los participantes, la presencia de placebo y el diseño cruzado del estudio, factores que deben considerarse en la interpretación de los resultados observados.

Conclusión

En conclusión, la terapia con LED aplicada en el presente estudio fue efectiva para cambiar el patrón de la CK, pero no cambió los marcadores de rendimiento físico, dolor muscular, inflamación o estrés oxidativo de jugadores de fútbol sala hasta 24 horas después del FISP. Parece que el uso de LED como método de recuperación en jugadores de fútbol sala bien entrenados después del partido mostró unos efectos limitados dado que, aparentemente, el esfuerzo del fútbol sala en estos jugadores no promueve aumentos importantes de los marcadores asociados al DMIE. Ante los efectos positivos publicados previamente, el efecto de la fototerapia podría ser más pronunciado con una dosis diferente, una muestra diferente, un nivel diferente de capacidad de entrenamiento, diferentes momentos de medición y en partidos jugados en días consecutivos, que se deberían examinar en estudios futuros.

Agradecimientos

Queremos agradecer al Prof. Fábio Yuzo Nakamura toda la contribución intelectual. Queremos dar las gracias a la Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior, CAPES, por aportar fondos para este estudio.

Referencias

- 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., Cimaçon, 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 Fis 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>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES



Variables contextuales y carga externa semanal en un equipo de fútbol semiprofesional

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

¹Grupo de Investigación Planificación y Evaluación del Entrenamiento y Rendimiento Deportivo, Universidad Pontificia de Salamanca, Salamanca (España).

²Departamento de Estadística. Facultad de Medicina. Universidad de Salamanca, Salamanca (España).

Citación

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)

Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Javier Sánchez-Sánchez
jsancheza@upsa.es

Sección:

Entrenamiento deportivo

Idioma del original:

Castellano

Recibido:

5 de septiembre de 2020

Aceptado:

14 de mayo de 2021

Publicado:

1 de octubre de 2021

Portada:

Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Resumen

El objetivo de este estudio fue comparar la carga externa de las sesiones de un microciclo de entrenamiento en un equipo de fútbol semiprofesional, teniendo en cuenta el rol del jugador durante la competición y la localización del partido. Dieciocho futbolistas que competían en la tercera división española fueron monitorizados mediante sistemas de posicionamiento global durante siete microciclos compuestos por cinco sesiones categorizadas en función de su situación respecto al día de partido (DP). Los datos fueron analizados en función de la condición de titular o suplente del jugador, así como de la condición de local o visitante. Las variables de carga externa utilizadas fueron la distancia total (DREL), la distancia a esprint (DE), a alta (DAV), media (DMV) y baja velocidad (DBV), expresada en función del tiempo de sesión, junto con el número de aceleraciones por minuto (ACC n/10). La carga externa fue mayor en DP+1 ($p < .01$) para los jugadores suplentes (DE, DAV y ACC) y en DP-1 ($p < .05$ y $p < .01$) para los titulares (DREL, DE y DAV). Por otra parte, en las sesiones centrales del microciclo, la carga (DP-4: DREL, DE y DAV; DP-3: DREL, DE y DMV; DP-2: DREL, DMV y DBV) fue mayor ($p < .05$ y $p < .01$) cuando el equipo jugaba de local que cuando lo hacía como visitante. Los hallazgos de esta investigación son relevantes para programar el proceso de entrenamiento y las estrategias de recuperación postcompetición.

Palabras clave: fútbol, GPS, monitorización, periodización, rendimiento.

Introducción

La carga representa el estrés físico y psicológico generado en el deportista por el entrenamiento y la competición (Foster et al., 2001). En estas actividades, el estrés provocado en el deportista ha sido tradicionalmente definido por la carga interna, que se relaciona con la respuesta fisiológica (p. ej., frecuencia cardíaca, esfuerzo percibido, etc.) y por la carga externa, que informa del trabajo realizado por el deportista (p. ej., distancia recorrida, número de esprints, etc.) (Wallace et al., 2014). En los últimos años, el control de estas variables se ha convertido en un aspecto de especial interés para investigadores y entrenadores (Akenhead y Nassis, 2016), puesto que puede servir como ayuda a la optimización del proceso de entrenamiento y a la programación de estrategias de prevención de lesiones (Jaspers et al., 2017).

El avance tecnológico ha permitido mejorar los procesos de control de la carga y ha facilitado que entrenadores y jugadores se familiaricen con las herramientas de monitorización del entrenamiento y la competición (Rago et al., 2019). Concretamente, los microsensors portátiles basados en sistemas de posicionamiento global (GPS), aprobados por la Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) (FIFA, 2015), han permitido cuantificar de forma sencilla el volumen de actividad realizada por los jugadores durante la práctica deportiva, a partir del registro de variables como la distancia recorrida, los desplazamientos a alta velocidad o el número de aceleraciones y desaceleraciones (Buchheit y Simpson, 2017). Aunque estos instrumentos presentan algunas limitaciones para el control de los esfuerzos de alta velocidad, las aceleraciones y las desaceleraciones (Buchheit et al., 2014), muchos equipos los emplean para la evaluación del proceso de entrenamiento y los futbolistas (Akenhead y Nassis, 2016).

A partir de la monitorización de las principales variables de carga externa, ha sido posible describir el microciclo de entrenamiento en equipos profesionales (Malone et al., 2015; Owen et al., 2017), *amateurs* (Sánchez-Sánchez et al., 2019) y de formación (Wrigley et al., 2012). Sin embargo, el enfoque utilizado en gran parte de las ocasiones podría ser considerado reduccionista (Paul et al., 2015), ya que la monitorización de la carga del microciclo se ha realizado sin tener en cuenta factores que los entrenadores han utilizado para programar sus entrenamientos (Rago et al., 2019). Algunas variables como la localización del partido, el resultado de la competición, el número de partidos incluidos en el microciclo, la duración de la semana de entrenamiento, el nivel de competición del equipo rival y el rol de los propios jugadores durante el partido deben ser estudiadas y tenidas en cuenta para interpretar la carga asociada a cada ciclo de entrenamiento (Brito et al., 2016). Un estudio reciente, realizado con futbolistas jóvenes pertenecientes a cinco equipos (Curtis et al., 2020), observó diferencias en la carga de entrenamiento semanal en función de la fase de la temporada (*i.e.*, periodo preparatorio, periodo de competición y periodo de transición), la extensión del

microciclo (*i.e.*, <4 sesiones, 4-5 sesiones y >5 sesiones) y el resultado del partido (*i.e.*, victoria, empate y derrota). En una línea parecida pero con una muestra de jugadores profesionales de equipos participantes en la liga española, se observó que el volumen de entrenamiento aumentaba y la intensidad disminuía en la semana anterior y posterior a jugar con un rival de nivel superior (Rago et al., 2019). Además, según los autores del estudio, el volumen aumentaba en la semana posterior a una derrota, y la intensidad de la carga crecía después de haber jugado como local.

La monitorización de la demanda física asociada al microciclo de entrenamiento sin tener en cuenta aspectos como el rol del jugador durante la competición, la localización del partido o el nivel del equipo rival supone obviar la complejidad asociada a la carga de trabajo en fútbol (Curtis et al., 2020). A pesar de que en los últimos años ha aumentado el número de estudios en esta línea, se necesita incrementar la investigación para aclarar la posible relación causa-efecto entre ciertas variables contextuales y la carga de entrenamiento semanal (Rago et al., 2019). Por esta razón, el objetivo principal de nuestro trabajo fue comparar la carga externa de las sesiones de un microciclo de entrenamiento en un equipo de fútbol semiprofesional, teniendo en cuenta el rol del jugador durante la competición y la localización del partido.

Metodología

Participantes

En el estudio participaron 18 futbolistas semiprofesionales (26.2 ± 3.9 años de edad; 177.7 ± 5.3 cm de altura; 73.9 ± 6.4 kg de masa corporal) que competían en la tercera división española. Los jugadores entrenaban cinco veces por semana y disputaban un partido de competición oficial el fin de semana. En el estudio se monitorizaron siete microciclos de competición consecutivos pertenecientes al primer trimestre de la temporada. Para determinar la muestra de estudio se tuvieron en cuenta los criterios de inclusión: i) ser jugador de campo; ii) participar en el 85 % de las sesiones de entrenamiento; iii) completar al menos el 50 % de los partidos de competición; iv) no haber sufrido ninguna lesión en los cuatro meses anteriores a la toma de datos (Sánchez et al., 2019). Debido a circunstancias inherentes al proceso de entrenamiento, de los 630 registros totales se pudieron emplear para el estudio 601 registros, divididos en función de las diferentes variables, tal y como se describe en la Tabla 1.

El personal técnico del club participante dio el visto bueno para realizar la investigación, y los jugadores firmaron un consentimiento informado en el que se indicaban los procedimientos, riesgos y beneficios asociados a participar en el estudio. El diseño experimental se realizó de acuerdo a la Declaración de Helsinki.

Tabla 1

Número de registros analizados para cada variable objeto de estudio.

Sesiones	Localización		Rol	
	Local	Visitante	Titular	Suplente
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 entrenamiento del microciclo; DP-4: segundo entrenamiento del microciclo; DP-3: tercer entrenamiento del microciclo; DP-2: cuarto entrenamiento del microciclo; DP-1: último entrenamiento del microciclo.

Instrumentos

Para obtener la medida de la carga externa durante las sesiones de entrenamiento, se utilizó una unidad GPS (K-GPS 10 Hz, K-Sport®, Motelabbate, PU, Italia) con una fiabilidad aceptable demostrada en estudios previos (Fernandes-da-Silva et al., 2016). Los dispositivos se situaron en la parte alta de la espalda del jugador, dentro del bolsillo de un chaleco específico, colocado debajo de la camiseta de entrenamiento. Todas las unidades GPS se encendieron a la vez, 10 minutos antes de comenzar el registro de la carga externa. Se anotó el comienzo y el final de cada sesión de medición, para extraer solamente los datos referentes al tiempo bruto del entrenamiento. Los datos recopilados se analizaron a través del *software* K-Fitness (K-Sport®, Motelabbate, PU, Italia). Para la correcta tabulación de los datos se utilizó una hoja de cálculo creada para el estudio.

Procedimiento

Para valorar las diferencias entre el rol asumido por el jugador durante la competición, se clasificó a los futbolistas en titulares, si habían comenzado el partido dentro del once inicial, y suplentes, cuando i) habían participado en el partido una vez que este se había iniciado, ii) habían sido convocados, pero no habían jugado ningún minuto, iii) no habían sido convocados para ese partido. Para comprobar el efecto de la localización del partido, se tuvo en cuenta la condición de local, cuando el equipo jugaba en el campo de su propiedad, y de visitante, cuando el equipo analizado jugaba el partido en el campo del equipo rival (Tabla 1). Por otro lado, las sesiones de entrenamiento se clasificaron cronológicamente en función de su ubicación respecto a la siguiente competición (Sánchez-Sánchez, et al., 2019). En la primera sesión de entrenamiento de la semana (día postpartido [DP+1]) los jugadores titulares en el partido anterior realizaron un trabajo regenerativo (*i.e.*, aeróbico

de baja intensidad y ejercicios de movilidad), mientras que los futbolistas suplentes y no convocados hicieron un trabajo complementario (*i.e.*, circuitos específicos con alta demanda neuromuscular). En la segunda sesión de entrenamiento (*i.e.*, DP-4) se llevó a cabo un trabajo específico a través de juegos reducidos de alta demanda neuromuscular (50 m²/jugador) y trabajo preventivo (movilidad, fuerza excéntrica y *core*) para todos los jugadores de la plantilla. En el tercer entrenamiento de la semana (*i.e.*, DP-3) se combinó en todos los futbolistas un trabajo de juegos reducidos (100 m²/jugador) con situaciones de 11 vs. 11 con orientación táctica defensiva. En el cuarto entrenamiento de la semana (*i.e.*, DP-2) todos los jugadores participaron en situaciones orientadas a la optimización de la velocidad y aplicaciones 11 vs. 11 con orientación táctica ofensiva. En la última sesión de entrenamiento, realizada el mismo día de partido (*i.e.*, DP-1), todos los futbolistas realizaron ejercicios de activación y acciones a balón parado. En todos los microciclos analizados, el día de descanso para los jugadores fue el siguiente a la sesión DP+1.

Medidas

Todas las variables se expresaron en valores relativos (m·min⁻¹) en función al tiempo de participación de cada jugador durante la sesión de entrenamiento. Las variables de carga externa fueron seleccionadas a partir de lo indicado en estudios previos (Sánchez-Sánchez et al., 2019): i) distancia total (DREL; m·min⁻¹), ii) distancia a sprint (DE; > 19.8, m·min⁻¹), iii) distancia a alta velocidad (DAV; 14.4-19.8 km·h⁻¹, m·min⁻¹), iv) distancia a media velocidad (DMV; 7-14.4 km·h⁻¹, m·min⁻¹), v) distancia a baja velocidad (DBV; 0-7 km·h⁻¹, m·min⁻¹) y vi) número de aceleraciones (ACC; > 3.0 m·s⁻², n/10·min⁻¹). La carga externa de cada variable analizada corresponde al valor medio de las sesiones de igual orientación que configuraron cada uno de los siete microciclos analizados. El valor de ACC se expresó en base 10 para una mejor expresión del resultado.

Análisis estadístico

Los datos se presentaron como media ± desviación estándar. La normalidad de los datos se verificó con la prueba Shapiro-Wilk ($p > .05$). Para determinar las diferencias en la carga externa, teniendo en cuenta la localización del partido y el rol asumido por el jugador durante la competición, se utilizó la prueba *t* de Student para muestras independientes. Se consideraron diferencias significativas cuando $p < .05$. Adicionalmente, se valoró el tamaño de efecto (TE) a través de la prueba *d* de Cohen (Cohen, 1988). Para la interpretación del valor *d* se utilizó la escala: trivial < 0.2, bajo = 0.2-0.5, moderado = 0.5 - 0.8 y alto > 0.8 (Hopkins et al., 2009). Se utilizó el paquete estadístico para ciencias sociales (SPSS, versión 25.0, SPSS, Inc., Chicago, IL, EE. UU).

Tabla 2

Valores de carga externa (media $\pm$ DE) en cada sesión de entrenamiento, teniendo en cuenta el rol asumido por el jugador durante la competición.

Variable	DP+1		DP-4		DP-3		DP-2		DP-1	
	Titular	Suplente	Titular	Suplente	Titular	Suplente	Titular	Suplente	Titular	Suplente
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 entrenamiento del microciclo; DP-4: segundo entrenamiento del microciclo; DP-3: tercer entrenamiento del microciclo; DP-2: cuarto entrenamiento del microciclo; DP-1: último entrenamiento del microciclo; DREL: distancia total; DE: distancia a esprint ($> 19.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); DAV: distancia a alta velocidad ($14.4\text{-}19.8 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); DMV: distancia a media velocidad ($7\text{-}14.4 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); DBV: distancia a baja velocidad ($0\text{-}7 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$); ACC: número de aceleraciones ($> 3.0 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$). * Indica diferencia titular vs. suplente, * $p < .05$ y ** $p < .01$.

Tabla 3

Valores de carga externa (media $\pm$ DE) en cada sesión de entrenamiento teniendo en cuenta la localización del partido.

Variable	DP+1		DP-4		DP-3		DP-2		DP-1	
	Local	Visitante	Local	Visitante	Local	Visitante	Local	Visitante	Local	Visitante
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 entrenamiento del microciclo; DP-4: segundo entrenamiento del microciclo; DP-3: tercer entrenamiento del microciclo; DP-2: cuarto entrenamiento del microciclo; DP-1: último entrenamiento del microciclo; DREL: distancia total; DE: distancia a esprint ($> 19.8 \text{ km/h}$); DAV: distancia a alta velocidad ($14.4\text{-}19.8 \text{ km/h}$); DMV: distancia a media velocidad ($7\text{-}14.4 \text{ km/h}$); DBV: distancia a baja velocidad ($0\text{-}7 \text{ km/h}$); ACC: número de aceleraciones ($> 3.0 \text{ m/s}^2$). * Indica diferencia local vs. visitante, * $p < .05$ y ** $p < .01$.

Resultados

En la Tabla 2 se observa que en la sesión DP+1 las demandas de DE ($d = 0.63$), DAV ($d = 0.69$) y ACC ($d = 0.68$) fueron significativamente menores ($p < .001$, $p < .000$, $p < .002$ y $p < .000$, respectivamente) para los jugadores titulares que para los suplentes. Los resultados no mostraron diferencias significativas en la carga externa obtenida entre los jugadores titulares y los suplentes en las sesiones centrales del microciclo (*i.e.*, DP-4, DP-3 y DP-2). Sin embargo, los valores encontrados en DP-1 indicaron que la carga externa para los jugadores titulares era significativamente mayor que para los suplentes (DREL: $p < .01$, $d = -0.73$; DE: $p < .05$, $d = -0.83$; DAV: $p < .01$, $d = -0.51$).

Atendiendo a la localización del partido (Tabla 3), en DP-4 los valores de DREL ($d = -0.61$), DE ($d = -0.99$) y DAV ($d = -0.93$) resultaron ser significativamente mayores ($p < .001$, $p < .000$ y $p < .000$) cuando el equipo se preparó para jugar como local que cuando participó como visitante. En DP-3, los resultados mostraron que DREL ($d = -0.91$), DE ($d = -0.6$) y DAV ($d = -0.96$) eran significativamente mayores ($p < .000$, $p < .001$ y $p < .000$, respectivamente) cuando el equipo participó como local que cuando lo hizo como visitante. En la misma línea, los valores de DREL ($d = -0.81$), DMV ($d = -0.52$) y DBV ($d = -0.65$) obtenidos en DP-2 fueron significativamente mayores ($p < .000$, $p < .005$ y $p < .000$, respectivamente) al actuar el equipo como local respecto a su condición de visitante.

Discusión

El objetivo principal de nuestro trabajo fue comparar la carga externa de las sesiones de un microciclo de entrenamiento en un equipo de fútbol semiprofesional, teniendo en cuenta el rol del jugador durante la competición y la localización del partido. Hasta donde conocemos, la mayoría de estudios han analizado la carga de entrenamiento semanal en función de variables contextuales, pero no muchos han investigado el efecto de estos factores sobre las sesiones del microciclo. Los resultados más destacados de nuestro estudio indicaron mayor carga externa en la sesión DP+1 para los jugadores suplentes y en la sesión DP-1 para los titulares. Por otra parte, la carga de entrenamiento en las sesiones DP-4, DP-3 y DP-2 fue mayor cuando el equipo jugaba de local que cuando lo hacía como visitante.

No hubo diferencias en la carga externa de las sesiones centrales del microciclo (*i.e.*, DP-4, DP-3 y DP-2) entre jugadores titulares y suplentes. Estudios previos obtuvieron resultados similares al analizar la carga de entrenamiento semanal en función del rol del jugador en la competición (Curtis et al., 2020). Debido a la proximidad entre competiciones, durante las semanas de entrenamiento

habitual (*i.e.*, 5-7 días entre partidos) los entrenadores suelen concentrar los días de carga en la parte central del microciclo (Rago et al., 2019). Esto posibilita que jugadores titulares y suplentes reciban un estímulo de entrenamiento suficiente para mantener su estado de forma, sin perjudicar su preparación para la competición inmediata (Martín-García et al., 2018). Aunque el estado de forma del jugador depende en gran parte del entrenamiento realizado durante la semana, la carga de competición también influye en la preparación del futbolista (Morgans et al., 2018). A partir de este resultado, se ha observado que los jugadores suplentes, que en ocasiones solo reciben un 20 % del estímulo de partido a lo largo del año, pueden tener una aptitud aeróbica menos desarrollada que los titulares (Curtis et al., 2020). Por lo tanto, en estos futbolistas la carga de las sesiones centrales del microciclo debe ser complementada por entrenamientos que compensen la falta de competición (Anderson et al., 2016). En la mayoría de las ocasiones, la sesión posterior al partido (*i.e.*, DP+1) es utilizada para simular la carga de competición en los jugadores que menos minutos disputaron (Martín-García et al., 2018).

Nuestros resultados mostraron valores de carga mayores para los jugadores suplentes en DP+1 (*i.e.*, DE, DAV y ACC) y para los titulares en DP-1 (*i.e.*, DREL, DE y DAV). Las diferencias encontradas en DP+1 concuerdan con los resultados de estudios previos (Martín-García et al., 2018). En estas sesiones, la carga de entrenamiento se diversifica para atender las necesidades de los futbolistas en función del rol asignado en competición. En concreto, las diferencias encontradas en la carga en la sesión DP+1 son debidas a que los jugadores titulares realizaban un entrenamiento de recuperación basado en carga aeróbica, mientras que los suplentes desarrollaban tareas para compensar la falta de actividad competitiva (Stevens et al., 2017). Admitiendo que es difícil que un entrenamiento replique las demandas del partido (Sánchez-Sánchez et al., 2019), la sesión DP+1 suele incluir una elevada demanda neuromuscular y déficits en la alta velocidad (Martín-García et al., 2018), ya que normalmente implican pocos jugadores y espacios reducidos (Owen et al., 2011). Sin embargo, debido a que la alta velocidad parece ser una habilidad cada vez más relacionada con el éxito en el fútbol (Faude et al., 2012) y la prevención de lesiones en la musculatura isquiosural (Malone et al., 2018), los entrenadores deben incluir actividades que fomenten este tipo de acciones en jugadores suplentes durante la sesión DP+1.

Al analizar la carga externa de las sesiones en función de la localización del partido, las sesiones DP-4, DP-3 y DP-2 tuvieron, en general, valores de carga mayores cuando el equipo jugaba de local. Nuestros resultados coinciden con lo observado en otros trabajos realizados

con futbolistas juveniles de alto nivel (Brito et al., 2016). Es posible que la carga neuromuscular sea menor en los microciclos que sirven para preparar los partidos en los que el equipo juega de visitante, para compensar la fatiga que acompaña a estas semanas, provocada por los viajes y las alteraciones en la rutina del sueño (Rago et al., 2019). Para hacer frente a esta circunstancia, los entrenadores regulan la carga de las sesiones y los propios jugadores adaptan su ritmo de entrenamiento semanal para mantener la fatiga dentro de unos límites asumibles que les permitan competir con garantías el fin de semana (Brito et al., 2016).

Los estudios que han investigado el efecto de las variables contextuales relacionadas con la carga de entrenamiento en fútbol deberían utilizar un periodo de entrenamiento completo, múltiples equipos y varias temporadas de análisis (Rago et al., 2019). Sin embargo, nuestro estudio se ha desarrollado en un momento concreto de la temporada, empleando una muestra reducida de jugadores de nivel semiprofesional. Además, y dado que los futbolistas pueden responder de forma diferente a la carga de entrenamiento (Brito et al., 2016), el proceso de control de la carga debería realizarse teniendo en cuenta las características individuales de cada jugador. Para ello, parece recomendable utilizar umbrales individuales de velocidad para monitorizar la carga externa (Abt y Lovell, 2009). Sin embargo, en nuestro estudio los rangos de velocidad se estudiaron a partir de referencias generales.

Conclusión

Los resultados más destacados de nuestro estudio indicaron mayor carga externa en la sesión DP+1 para los jugadores suplentes y en la sesión DP-1 para los titulares, sin diferencias para este rol del jugador en el resto de sesiones. Nuestros hallazgos son relevantes para los procesos de programación del entrenamiento y las estrategias de recuperación de los futbolistas que participan en un deporte con un periodo de competición con alta densidad de partidos. Por esta razón, cuando los entrenadores programen sus sesiones, deben tener en cuenta la interacción entre las variables analizadas en este estudio y otras incluidas en estudios previos para conocer la respuesta del jugador al estímulo de entrenamiento. Dentro de un deporte de alta complejidad, la carga de entrenamiento debe ajustarse a todas aquellas dimensiones que pueden afectar al proceso de adaptación dentro de un periodo prolongado y de alta densidad de competiciones.

Referencias

- 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/ijssp.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/ijssp.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.0000000000003361>
- 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., Dolezal, 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/ijssp.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.0000000000002816>
- 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/ijsp.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., & Nassiss, 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.0000000000003258>
- 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>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES



Entrenamiento deportivo de las lesiones del ligamento cruzado anterior en jugadoras de balonmano: una revisión sistemática

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

¹ Instituto Nacional de Educación Física de Cataluña



Citación

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)

Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Maria Cadens Roca*
mcadens@gencat.cat

Sección:

Preparación física

Idioma del original:

Catalán

Recibido:

12 de enero de 2021

Aceptado:

29 de abril de 2021

Publicado:

1 de octubre de 2021

Portada:

Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Resumen

El balonmano es un deporte que requiere la repetición de movimientos y acciones de alta intensidad, como aterrizajes con una pierna y acciones de uno contra uno, que favorecen el mecanismo lesivo del ligamento cruzado anterior. El entrenamiento preventivo puede identificar los factores de riesgo neuromusculares asociados al riesgo de sufrir esta lesión en deportistas femeninas. Determinar sus características (duración, frecuencia, tipo de ejercicio...) y componentes (fuerza, pliometría, equilibrio...) es fundamental a la hora de diseñar un entrenamiento que sea específico e individualizado para la jugadora. Los objetivos de este trabajo fueron identificar y categorizar los componentes comunes de los programas de entrenamiento preventivo de la lesión del ligamento cruzado anterior en jugadoras de balonmano y describir y clasificar los ejercicios que conforman cada categoría. Se realizó una revisión sistemática siguiendo las directrices de la declaración PRISMA en las bases de datos Web of Science, Sport Discus, PubMed, Scopus, Cochrane y ScienceDirect. Los criterios de inclusión fueron: (a) las participantes eran jugadoras de balonmano de cualquier edad y sexo femenino, (b) había una intervención con un entrenamiento preventivo, y (c) se informaba de la incidencia lesiva con el número de lesiones de LCA. Se incluyeron seis estudios y se evaluó su calidad metodológica mediante la herramienta ROB 2.0. Los resultados indican que la mayoría de intervenciones incluían más de un componente de entrenamiento con una duración media de 15 minutos y que los ejercicios que más variaban entre los diferentes programas fueron los de pliometría.

Palabras clave: balonmano femenino, entrenamiento, ligamento cruzado anterior, prevención.

Introducción

El balonmano es uno de los deportes con más número de lesiones por no contacto del ligamento cruzado anterior (LCA) (De Loës et al., 2000; Myklebust et al., 1997). En el 90 % de los casos, la lesión está relacionada con un cambio de dirección o con un aterrizaje con una sola extremidad inferior después de un salto (Olsen et al., 2004; Takahashi et al., 2019). Este tipo de acciones favorecen la posición del valgo de la rodilla en flexión y rotación interna de la tibia respecto al fémur, que es el principal mecanismo lesivo del LCA (Koga, H., 2010). Es una de las lesiones de más gravedad, tanto por el tiempo prolongado para volver a la competición como por las consecuencias a largo plazo (Lai et al., 2018).

La tasa de lesiones del LCA en jugadoras de balonmano es de 0.7-2.8 lesiones por cada 1000 horas de exposición (Myklebust et al., 1998), con una incidencia de dos a cinco veces más grande que en sus homólogos masculinos (Montalvo et al., 2019). Esta diferencia también se observa entre los 12 y 16 años y es durante la adolescencia cuando la jugadora es más susceptible de sufrir esta lesión (LaBella et al., 2014; Reckling et al., 2003).

Los factores de riesgo anatómicos y hormonales que son intrínsecos y no modificables y, además, los factores de riesgo modificables asociados al control neuromuscular son las contribuciones etiológicas más importantes de la lesión del LCA en deportistas femeninas (Griffin et al., 2006; Shultz et al., 2015). Dado que el origen de la lesión es multifactorial, la primera estrategia en la prevención tiene que ser identificar los factores de riesgo modificables (Fort-Vanmeerhaeghe i Romero, 2013).

Las deportistas suelen mostrar menos flexión de la rodilla y cadera (Bencke et al., 2018) y un aumento del valgo de la rodilla (Hewett et al., 2005) en las acciones de aterrizaje y cambio de dirección. El déficit de fuerza relativa en extremidades inferiores, sobre todo en isquiosurales (DiStefano et al., 2015), y la menor activación de estos en relación con los cuádriceps en este tipo de acciones favorecen las fuerzas de tracción anterior en la tibia y, como consecuencia, generan más tensión en el LCA (Ahmad et al., 2006).

El entrenamiento preventivo aconseja tener en cuenta los factores de riesgo descritos (Gómez et al., 2019), incidiendo principalmente en los patrones de movimiento biomecánicos anormales y las alteraciones neuromusculares, adaptándose a los principios del entrenamiento (Fort-Vanmeerhaeghe y Romero, 2013; Taylor et al., 2015). En deportistas femeninas que siguen entrenamientos preventivos multifactoriales y de carácter general se demuestra una reducción del riesgo de lesión del LCA (Myer et al., 2013; Petushek et al., 2019; Soomro et al., 2016; Sugimoto et al., 2016).

Los objetivos de esta revisión fueron identificar y categorizar los componentes comunes de los programas de entrenamiento preventivo de la lesión del LCA en jugadoras

de balonmano y describir y clasificar los ejercicios que conforman cada categoría.

Metodología

El estudio siguió las directrices de la declaración PRISMA para revisiones sistemáticas con la finalidad de asegurar una estructura y desarrollo adecuados (Urrutia y Bonfill, 2010). Se realizó una búsqueda bibliográfica en las bases de datos Web of Science (WOS), Sport Discus, PubMed, Scopus, Cochrane y ScienceDirect combinando las siguientes palabras clave: “female” o “woman” o “girl”, “handball”, “exercise” o “training” o “prevention” o “intervention” y “ACL injury” o “anterior cruciate ligament injury” o “lower limb injury” o “knee injury” (Tabla 1). Se consideraron todos los artículos científicos publicados en catalán, castellano e inglés, aplicando los siguientes criterios de inclusión: (a) las participantes eran jugadoras de balonmano de cualquier edad y de sexo femenino, (b) había una intervención con un entrenamiento deportivo, y (c) se informaba de la incidencia lesiva con el número de lesiones de LCA. Se excluyeron los artículos de los que no se obtuviera el texto completo o fuesen revisiones.

Para llevar a cabo la extracción de datos se registró el país donde se realizó el estudio, la edad de las participantes, la muestra analizada, la frecuencia de sesiones semanales y la duración de las sesiones. También se registró la descripción de todos los ejercicios que se realizaban en cada uno de los entrenamientos preventivos de los estudios y se clasificaron en cinco categorías:

- 1) Agilidad: ejercicios que se destinaban a promover la capacidad de cambiar de dirección o velocidad del cuerpo entero en respuesta a un estímulo (Sheppard y Young, 2006).
- 2) Carrera: ejercicios que se destinaron al desarrollo del patrón motor locomotor basado en el movimiento y la técnica (Jeffreys, I., 2019).
- 3) Equilibrio: ejercicios que implicaban mantener una posición monopodal o bipodal específicamente diseñados para desafiar la estabilidad y mejorar la conciencia propioceptiva (Crossley et al., 2020).
- 4) Fuerza: ejercicios que se utilizaban para mejorar la capacidad muscular mediante el uso del propio peso corporal, peso libre, gomas elásticas o máquinas libres (Crossley et al., 2020).
- 5) Pliometría: ejercicios que incluían movimientos dinámicos potentes, como saltar, aterrizar o hacer rebotes (Crossley et al., 2020). Los ejercicios de pliometría se clasificaron en tres niveles, teniendo en cuenta la intensidad (aumento de la velocidad horizontal o de la altura vertical) y la complejidad del movimiento.

Cada ejercicio solo se podía clasificar en una categoría, pero un programa de entrenamiento podía estar formado por una o más categorías.

Tabla 1*Estrategia y clave de búsqueda.*

Base de datos	Ecuación
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

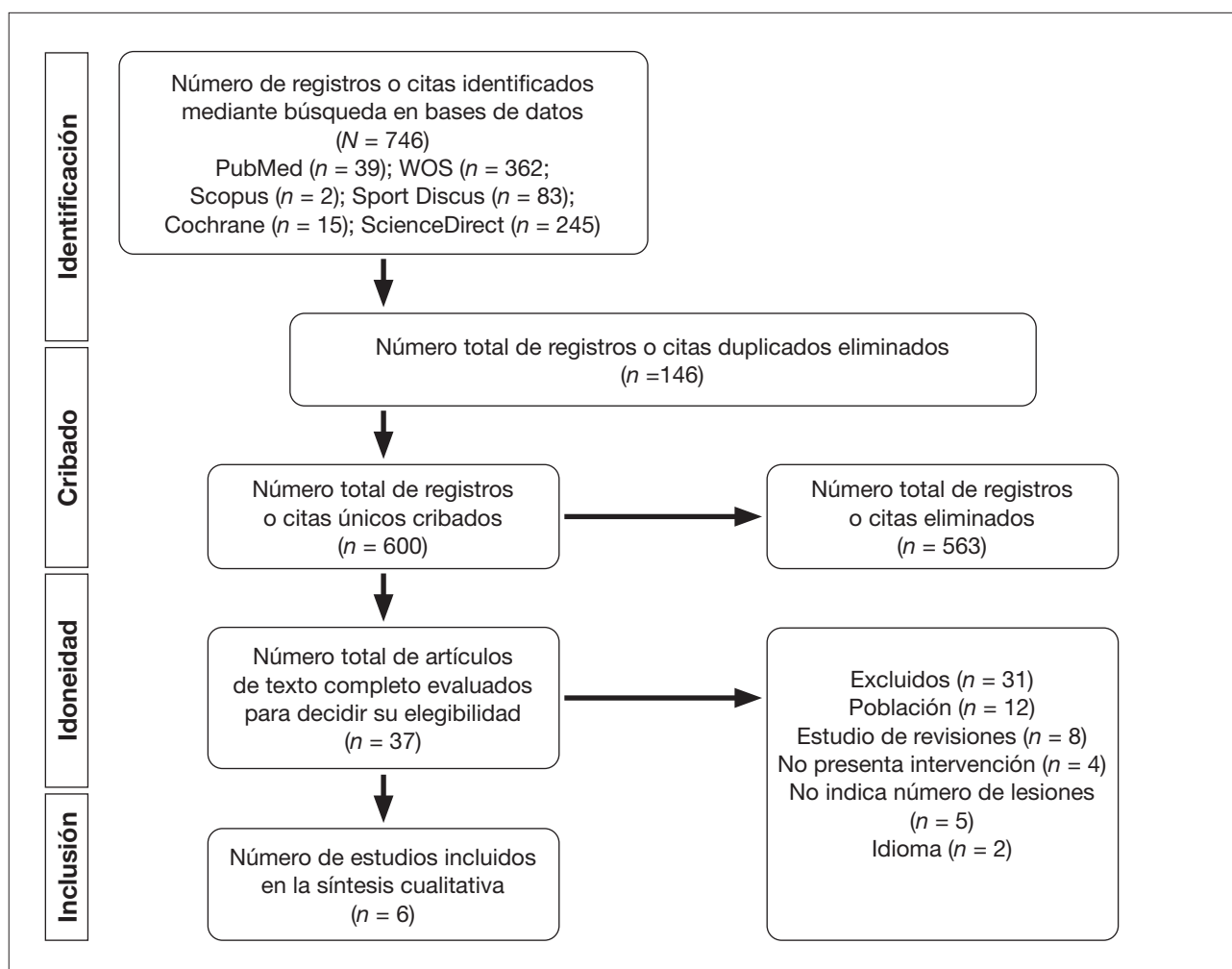
**Figura 1***Diagrama de flujo del proceso de selección bibliográfica.*

Tabla 2*Puntuaciones de los estudios revisados con la herramienta ROB 2.0.*

Estudio	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 = proceso de aleatorización; D2 = desviaciones de las intervenciones previstas; D3 = datos de resultados; D4 = medida del resultado; D5 = notificación de los resultados.

Evaluación de riesgo de sesgo

Dos revisores (MC y SM) evaluaron independientemente la calidad metodológica de los artículos incluidos mediante la herramienta ROB 2.0, que consta de cinco dominios y un criterio general. Los cinco dominios son: (a) sesgo derivado del proceso de aleatorización, (b) sesgo debido a desviaciones de las intervenciones previstas, (c) sesgo por falta de datos en los resultados, (d) sesgo en la medida del resultado, y (e) sesgo en la notificación de los resultados (Sterne et al., 2019).

Resultados

Selección de los estudios

La recopilación inicial de artículos para esta revisión fue de 746 documentos originales. Después de descartar los duplicados ($n = 146$), hacer el cribado por título y resumen ($n = 563$) y aplicar los criterios de inclusión ($n = 31$) (Figura 1), se incluyeron tres estudios que no cumplían completamente con los criterios de inclusión (los participantes eran hombres y mujeres, y la muestra practicaba balonmano y fútbol), ya que se ajustaban al objetivo de la revisión. Finalmente, seis estudios fueron incluidos para hacer el análisis (Urrutia y Bonfill, 2010).

La calidad metodológica global de los seis estudios incluidos se resume en la Tabla 2.

Para facilitar la comprensión, se agruparon los resultados de los datos extraídos en función de las características de la población analizada (país, edad y muestra) y en función de los componentes, la duración y los ejercicios de los programas de entrenamiento.

Características de los estudios

En la mayoría de los estudios incluidos ($4/6 = 66\%$) las participantes fueron jugadoras de balonmano adolescentes (menores de 18 años). En el estudio de Zebis et al. (2016) las participantes podían practicar balonmano o fútbol y en los estudios de Achenbach et al. (2018) y Olsen et al. (2005) se incluyeron participantes tanto del sexo femenino como del masculino (Tabla 3).

En el estudio de Zebis et al. (2016) se utilizó el mismo programa de entrenamiento que en el de Olsen et al. (2005). En el estudio de Wedderkopp et al. (1999) no se indicaban los ejercicios que se utilizaron en el programa de entrenamiento.

Componentes de los programas de entrenamiento

El equilibrio estaba incluido en todos los programas de entrenamiento, seguido de la pliometría ($5/6 = 83\%$), mientras que la agilidad y la fuerza se trabajaban en la mitad de los estudios analizados ($3/6 = 50\%$). La combinación de diferentes componentes en el entrenamiento preventivo era lo más común en los estudios analizados ($5/6 = 83\%$). Solo Wedderkopp et al. (1999) utilizaban el equilibrio como único componente del programa (Tabla 3).

Duración de los programas de entrenamiento

La duración de los entrenamientos variaba entre 10 y 20 minutos (Tabla 3). Si un programa exponía un intervalo de tiempo, se registró el valor máximo del rango. La mayoría de los programas analizados tenían una duración de 15 minutos ($4/6 = 66\%$).

Tabla 3
Características del estudio.

Estudio	Población			Frecuencia ^a	Duración (min)	Número de ejercicios	Componentes				
	País	Edad (años)	Muestra analizada				C	E	F	A	P
Achenbach et al. (2018)	Alemania	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	✗	✓	✓	✗	✓
Myklebust et al. (2003)	Noruega	21 - 22	Temporada 1: n = 855 (58 equipos) Temporada 2: n = 850 (52 equipos)	PRE: 3 TEMP: 1	15	3	✗	✓	✗	✓	✓
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)	Alemania	Gl: 19,8 GC: 19,4	N = 276 Gl: n = 134 (10 equipos) GC: n = 142 (10 equipos)	PRE: 3 TEMP: 1	10	4	✗	✓	✗	✗	✓
Wedderkopp et al. (1999)	Dinamarca	16 - 18	N = 237 Gl: n = 111 GC: n = 126	TEMP: todas	10 - 15	3	✗	✓	✗	✗	✗
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 semanas)	15	3	✓	✓	✓	✓	✓

Nota. C: carrera; E: equilibrio; F: fuerza; A: agilidad; P: pliometría; Gl: grupo intervención; GC: grupo control; PRE: pretemporada; TEMP: temporada.

^aExpresado en sesiones por semana. ^bEl estudio incluye hombres y mujeres. ^cEl estudio incluye fútbol y balonmano.

Tabla 4*Ejercicios de los programas de entrenamiento.*

Carrera		Agilidad	Fuerza	
Correr adelante ^{c, f}		Movimientos de frenada y cambio de dirección (<i>plant and cut</i>) ^{c, f}	Tren inferior	Nordic Hamstring ^{a, c, f}
Correr de espaldas ^{c, f}		Correr y frenar (<i>run and plant</i>) ^b		Squat hasta 80° de flexión de rodilla ^{c, f}
Correr levantando las rodillas y patadas de talón ^{c, f}		Correr y frenar (<i>run and plant</i>) con pelota ^b	Tronco	Plancha ^a
De lado lateralmente cruzando las piernas (carioca) ^{c, f}				Plancha lateral ^a
De lado corriendo con los brazos arriba (desfilada) ^{c, f}				
Correr adelante con rotaciones de tronco ^{c, f}				
Correr adelante con paradas intermitentes ^{c, f}				
Velocidad de carrera ^{c, f}				
Equilibrio			Pliometría	
Superficie estable	Unipodal, ojos cerrados y perturbación ^a	Aterrizaje estático	Aterrizaje con dos piernas después de salto con una pierna ^b	
	Unipodal y uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) ^d		Aterrizaje con dos piernas después de salto con una pierna y lanzamiento ^{c, f}	
	Bipodal ^b		Aterrizaje con dos piernas después de lanzamiento desde una caja de 30-40 cm ^b	
	Bipodal y squat ^{b, c, f}		Aterrizaje con una pierna desde una caja de 30-40 cm ^b	
Superficie inestable (esterilla, plato de Freeman, BOSU...)	Bipodal y perturbación ^{b, c, d, f}	Aterrizaje controlado encadenando una acción posterior	Encadenar saltos con dos piernas (adelante-atrás, de lado a lado, giro 180°) ^{b, d}	
	Bipodal y uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) ^{b, c, d, f}		Encadenar saltos con dos piernas con perturbación ^b	
	Bipodal y uso de la pelota (recepción con salto) ^b		Encadenar saltos adelante de una caja a una esterilla y al revés ^d	
	Unipodal y squat ^{b, c, f}		Salto del suelo a una esterilla con lanzamiento y encadenar salto de lado a lado ^d	
	Unipodal y perturbación ^{b, c, f}	Disminuir el tiempo de contacto con el suelo	Salto de una caja a una esterilla con lanzamiento y encadenar salto de lado a lado ^d	
	Unipodal y uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) ^{b, c, d, f}		Salto de una caja a una esterilla con ojos cerrados y encadenar salto de lado a lado ^d	
	Unipodal, uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) y perturbación ^b		Saltos laterales (patinador) ^a	
	Unipodal, uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote) y ojos cerrados ^{b, d}		Zancadas frontales ^{a, c, f}	
	Unipodal, uso de la pelota (lanzamiento, pasada-recepción o bote), ojos cerrados y objetivo precisión ^d		Encadenar saltos multidireccionales con una pierna ^a	
			Encadenar saltos adelante con una pierna ^{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).

Ejercicios de los programas de entrenamiento

Los programas de entrenamiento incorporaban entre tres y cinco ejercicios en cada sesión.

En los ejercicios de agilidad no se especificaba la ejecución, pero incorporaban movimientos de frenada y cambios de dirección combinados con acciones de lanzamiento.

Los ejercicios de carrera formaban parte del calentamiento y estaban enfocados en el desarrollo de la técnica de desplazamiento.

Los ejercicios de equilibrio más utilizados fueron sobre superficies inestables (plato de Freeman, esterilla, BOSU...) con apoyo unipodal o bipodal y con uso de la pelota, para hacer acciones de lanzamiento, pasada, recepción o bote (Tabla 4).

Todos los ejercicios de equilibrio seguían una progresión en la ejecución: se incorporaban diferentes perturbaciones internas (extremidades de la jugadora en movimiento) y externas (manipular una pelota para realizar diferentes acciones técnicas relacionadas con el lanzamiento o el desequilibrio de la pareja) y se reducían las aferencias sensitivas para limitar la visión.

El Nordic Hamstring fue el único ejercicio que coincidía con los programas de entrenamiento que incluían la fuerza como componente.

Finalmente, los ejercicios clasificados en pliometría eran los más variados, ya que incluían saltos en diferentes planos y ejes, con perturbaciones y aterrizajes, con una y dos piernas, y, además, desde diferentes alturas (Tabla 4).

El tiempo de trabajo más común para cada ejercicio fue de 30 segundos.

Discusión

Cinco de las seis intervenciones incluyeron más de un componente de entrenamiento (Achenbach et al., 2018; Myklebust et al., 2003; Olsen et al., 2005; Petersen et al., 2005; Zebis et al., 2016), mientras que un estudio tenía el equilibrio como único componente (Wedderkopp et al., 1999).

También se observó que la duración media de los entrenamientos era de 15 minutos, que incluían entre tres y cinco ejercicios por sesión y que los ejercicios que variaban más entre los diferentes programas fueron los de pliometría.

Componentes de los programas de entrenamiento

La combinación más frecuente fue la del entrenamiento de equilibrio con el de pliometría ($5/6 = 83\%$), lo cual no coincidía con las revisiones de Petushek et al. (2019), Yoo et al. (2010) o Taylor et al. (2015), que concluyen que el entrenamiento de fuerza combinado con el de pliometría

es la combinación más favorable para disminuir el riesgo de lesión del LCA en chicas adolescentes.

El entrenamiento de la fuerza ha estado poco representado en los estudios analizados ($3/6 = 50\%$). Myer et al. (2004) y Lloyd y Oliver (2012) remarcaron la prioridad de desarrollar esta capacidad en etapas de crecimiento, sobre todo en chicas, para compensar los cambios antropométricos y hormonales que ocurren durante el punto máximo de la velocidad de crecimiento (PHV). Según Fort-Vanmeerhaeghe et al. (2016), el objetivo es crear una estructura estable previa al trabajo pliométrico o más específico del deporte, para disminuir los factores de riesgo neuromusculares descritos anteriormente, ya que, al contrario que en los chicos, no se han demostrado correlaciones entre la altura, el peso y el rendimiento neuromuscular en la fase de maduración en las chicas (Hewett et al., 2016).

El trabajo de equilibrio se aplicaba en todos los estudios de la revisión (Tabla 3) y en la mayoría de los casos ($5/6 = 83\%$) era con la combinación de otro componente. Este hecho coincide con los resultados de las revisiones de Yoo et al. (2010) y Sugimoto et al. (2015) en deportistas femeninas, que demostraban que el trabajo de equilibrio por sí solo no tiene resultados pero en combinación con otros, sí.

Los ejercicios de estabilización en el aterrizaje que se centran en la optimización de la activación muscular para asegurar la técnica y la alineación adecuada de los saltos (aterrizaje suave y rodillas alineadas) se habían incluido por definición dentro del componente pliométrico. Otros estudios, como Brunner et al. (2019) y Petushek et al. (2019), los clasificaban como ejercicios técnicos. Brunner et al. (2019) les otorgaba menor importancia debido a que los deportes en que se centraba su revisión (fútbol y floorball) no contemplaban el salto como una acción usual. En cambio, en el balonmano, los saltos y las recepciones de saltos, sobre todo con una pierna, son unas de las acciones específicas, junto con la acción del uno contra uno, que más favorecen un conjunto de mecanismos que pueden provocar la lesión del LCA (Myklebust et al., 1997; Olsen et al., 2004; Takahashi et al., 2019). Por tanto, la progresión del trabajo pliométrico debe poner el foco en la técnica de aterrizaje, para poder ir aumentando la intensidad y la variabilidad, por ejemplo, implicando diferentes planos y ejes, incluir perturbaciones con estímulos externos o un móvil, combinar acciones esperadas e inesperadas para mejorar la capacidad de *feedforward* (preactivación), aumentar la intensidad del ciclo de estiramiento y acortamiento del músculo, combinar acciones elásticas y reactivas e introducir progresivamente el estado de fatiga (Bedoya et al., 2015; Ford et al., 2011; Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016).

Duración de los programas de entrenamiento

La mayoría de los estudios coinciden en una duración aproximada de 15 minutos (Tabla 3). Los resultados de la revisión de Taylor et al. (2015) no rebelaron ninguna tendencia clara que permita recomendar parámetros de duración para los programas de entrenamiento. En cambio, Padua et al. (2018) demostraron que existía una disminución de los índices de lesión del LCA en programas de entrenamiento que duraron aproximadamente 15 minutos o más.

Ejercicios de los programas de entrenamiento

Solo en las revisiones de Padua et al. (2018) y Arundale et al. (2018) se hace una descripción detallada de los ejercicios que están incorporados en los diferentes programas de prevención de la lesión del LCA.

El Nordic Hamstring es el ejercicio propuesto por los tres estudios que incluyen la fuerza en el programa de entrenamiento. Es importante realizar un trabajo de fuerza y de activación de la musculatura isquiosural en posiciones próximas a la máxima extensión de la rodilla, ya que es la encargada de evitar la traslación anterior en la tibia y proteger el LCA (Sugimoto et al., 2015).

Las planchas que Achenbach et al. (2018) proponen en su programa de entrenamiento tienen el objetivo de mejorar el control neuromuscular de esta zona, ya que un déficit de fuerza y un control inadecuado del tronco en los ejercicios que implican cambios rápidos de posición durante los movimientos de cambio de dirección, frenada y aterrizaje comprometen la estabilidad dinámica y provocan un aumento de la carga de abducción de la rodilla (Zazulak et al., 2007). Se ha demostrado que el mecanismo de la lesión del LCA sin contacto en mujeres deportistas incluye la inclinación lateral del tronco con el cuerpo desplazado sobre una pierna; por lo tanto, será uno de los patrones que se deberán corregir a la hora de ejecutar tareas de agilidad (Hewett et al., 2009; Olsen et al., 2004).

Alterando el estado de equilibrio a través de las diferentes perturbaciones propuestas en los programas de entrenamiento, se busca una mejora de la conciencia de la posición, del movimiento y de la regulación muscular de la articulación de la rodilla frente a un estímulo, es decir, se pretende estimular los receptores propioceptivos para favorecer la coactivación muscular y mejorar el tiempo de activación (Padua et al., 2018).

Aun así, Fort-Vanmeerhaeghe et al. (2016) proponen que la ejecución de los ejercicios de equilibrio deberían buscar la especificidad y el dinamismo del gesto deportivo, ya que cuando la jugadora sufre la lesión del LCA acostumbra a estar en movimiento, por ejemplo, haciendo un cambio de dirección o un aterrizaje después de un salto.

Aprender a aterrizar es probablemente más importante que aprender a elevarse, ya que la carga que tiene que absorber la jugadora puede llegar a ser de entre 5.7 y 8.9 veces su peso corporal, dependiendo de la trayectoria y tiempo de vuelo y la velocidad del salto (Mothersole et al., 2014). Achenbach et al. (2018), Myklebust et al. (2003) y Petersen et al. (2005) incluyen ejercicios que combinan la habilidad de aterrizaje con otros movimientos. Los ejercicios enfocados a disminuir el tiempo de contacto con el suelo se deben realizar una vez alcanzados los niveles anteriores y garantizando la calidad del movimiento.

Las propuestas de ejercicios de pliometría son mayoritariamente generales. Por tanto, se considera necesaria una mayor especificidad para que la jugadora pueda reconocer los patrones de movimiento que favorecen el mecanismo lesivo del LCA (Fort-Vanmeerhaeghe et al., 2016).

Según la evidencia disponible, se recomienda que los programas de entrenamiento multicomponente con la finalidad de disminuir el riesgo de lesión del LCA incluyan *feedback* sobre la técnica y la calidad del movimiento e incorporen ejercicios de las categorías de agilidad, equilibrio, fuerza y pliometría.

Conclusiones

Los programas de entrenamiento para la prevención de la lesión del LCA en jugadoras de balonmano se realizan entre dos y tres veces por semana durante aproximadamente 15 minutos. Se categorizan en cinco componentes: carrera, agilidad, fuerza, equilibrio y pliometría. Un mismo programa puede estar formado por uno o más componentes. La combinación más frecuente fue el entrenamiento pliométrico con el de equilibrio, con este último como componente común en todos los programas de entrenamiento.

Los ejercicios que conforman la categoría de carrera están enfocados en el desarrollo de la técnica de desplazamiento; los ejercicios de agilidad incorporan movimientos de frenada y cambios de dirección combinados con acciones de desplazamiento; los ejercicios de fuerza se centran en las extremidades inferiores y el tronco; los ejercicios de equilibrio son sobre superficie estable e inestable, con apoyo unipodal o bipodal, y con uso de la pelota, y finalmente, los ejercicios de pliometría son en diferentes planos y ejes, con perturbaciones y aterrizajes con una o dos piernas y, además, desde diferentes alturas.

Limitaciones

Uno de los principales problemas fue el escaso número de estudios, la elevada variabilidad en cuanto a componentes y la combinación de estos y la poca individualización de los contenidos de los programas de entrenamiento según las características de la jugadora.

En todos los artículos se analizan únicamente los resultados en participantes femeninas jugadoras de balonmano, excepto en los de Achenbach et al. (2018) y Olsen et al. (2005), que también incluían participantes masculinos. En el estudio de Zebis et al. (2016) las jugadoras que se analizaron podían practicar o bien fútbol o bien balonmano.

Referencias

- Achenbach, L., Krusch, V., Weber, J., Nerlich, M., Luig, P., Loose, O., Angele, P., & Krusch, 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., & Mentiplay, 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.00000000000001052>
- 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-Rodriguez, 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., Beynonn, 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., Beynonn, 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. (2007). 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., Skjøelberg, 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>
- Petushkek, 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 · Sportschaden*. <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., & Copley, 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 metaanálisis. 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>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES



Natación en socorristas: energética de crol y crol con la cabeza fuera del agua

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

¹Grupo de Investigación en Deportes Acuáticos, Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brasil).

²Facultad de Educación Física, Universidad Estatal de Ceará, Fortaleza (Brasil).

Citación

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)

Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Wellington G. Feitosa
wellington.feitosa@uece.br

Sección:

Preparación física

Idioma del original:

Inglés

Recibido:

14 de octubre de 2020

Aceptado:

30 de abril de 2021

Publicado:

1 de octubre de 2021

Portada:

Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Resumen

Los socorristas utilizan, como parte del rescate acuático, el estilo crol y crol con la cabeza fuera del agua. Los estudios sobre gasto energético y variables fisiológicas complementarias obtenidas durante estrategias de rescate acuático son escasos. El objetivo de este estudio fue comparar la energética y el rendimiento del estilo crol y crol con la cabeza fuera del agua realizado por socorristas. En este estudio participaron voluntariamente 21 socorristas militares. Se realizaron dos tests a máxima intensidad: 100 metros en crol y en crol con la cabeza fuera del agua. En cada test se identificaron datos fisiológicos (medición directa de consumo de oxígeno, lactacidemia y frecuencia cardíaca), la escala de esfuerzo percibido y la velocidad media de natación (análisis de vídeo bidimensional). Se calculó la contribución de cada fuente de energía y el coste energético. Se utilizaron estadísticos descriptivos e inferenciales para $\alpha < .05$. El rendimiento fue mejor en crol, los resultados fisiológicos fueron similares entre crol y crol con la cabeza fuera del agua y el coste energético fue mayor en crol con la cabeza fuera del agua ($1.90 \pm 0.33 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-1}$), comparado con el crol ($1.51 \pm 0.33 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-1}$). En conclusión, el estilo crol con la cabeza fuera del agua es menos eficiente que el crol.

Palabras clave: esfuerzo físico, labor de rescate, rendimiento físico funcional.

Introducción

El rescate acuático llevado a cabo por socorristas forma parte de las estrategias para reducir el número de muertes (Gámez de la Hoz y Padilla Fortes, 2017; Szpilman et al., 2016; Wallis et al., 2015). La posibilidad de un rescate exitoso aumenta en medios de natación regulados, como piscinas y aguas abiertas con socorristas entrenados (Chan et al., 2018; Idris et al., 2017; Jeong et al., 2016). La natación es la forma más común de rescate para llegar hasta la víctima y sacarla del agua. Los socorristas realizan la brazada de crol (CR) con la cabeza en el agua como la forma más rápida y eficiente de movimiento humano en el agua (Barbosa et al., 2006). Sin embargo, la primera opción del rescatador es el crol con la cabeza fuera del agua (CFA), que consiste en nadar con la cabeza por encima del agua y mirando adelante para poder ver constantemente a alguien con posible riesgo de ahogarse.

El CR y el CFA como formas de movimiento en el medio acuático parecen requerir costes energéticos y gastos energéticos metabólicos totales diferentes, según la velocidad de natación y el arrastre por la posición del cuerpo (Barbosa et al., 2006; Figueiredo et al., 2013; Gonjo et al., 2018; Zamparo et al., 1996). Los parámetros fisiológicos y biomecánicos pueden aportar información útil para el entrenamiento de los socorristas, pero estos estudios son muy limitados en la literatura.

En natación, cuanto más horizontal está el cuerpo respecto a la superficie del agua, menor es el arrastre y mejor el rendimiento (Zamparo et al., 2009). La principal diferencia técnica entre CR y CFA es la posición de la cabeza fuera del agua. La elevación de la cabeza provoca que las caderas y las piernas se hundan, incrementando el área de contacto del cuerpo con el agua por un aumento del ángulo formado entre la cadera y el hombro respecto a la superficie del agua, aumentando el arrastre en consecuencia (Toussaint y Hollander, 1994; Zamparo et al., 2009). El arrastre y la velocidad de natación influyen en el coste energético en el medio acuático (Pendergast et al., 2006; Toussaint y Hollander, 1994). El coste energético se puede expresar como el cociente entre gasto energético metabólico total (suma de energías de las tres vías energéticas aeróbica, anaeróbica aláctica y láctica) y velocidad media de natación a una distancia determinada (Figueiredo et al., 2012). Con la misma velocidad de natación, el CR tiene el menor coste energético comparado con otros estilos de natación (Pendergast et al., 2015).

Los estudios que buscan analizar y respaldar la actividad de entrenamiento de los socorristas son de suma importancia, aunque limitados. De esta forma, si los estudios se centraran en la energética y el coste energético del CFA, el entrenamiento podría ser más específico. El principal resultado debería ser una reducción de las tasas de muerte por ahogamiento y un estado clínico mejor de las víctimas

salvadas, reduciendo las posibles secuelas fisiológicas y psicológicas (Schweibel et al., 2007; Wallis et al., 2015). Los estudios sobre el rendimiento de los socorristas pueden informar del trabajo a la sociedad, ayudando a mejorar el estado físico de los socorristas (a mejor preparación, mayores las probabilidades de éxito en su trabajo). Al analizar con detalle las técnicas de natación utilizadas por los socorristas, esperamos obtener un cuerpo de conocimientos que servirá para mejorar el entrenamiento y los procesos de orientación en el momento del rescate. Por tanto, el objetivo de este estudio fue comparar la energética y el rendimiento de CR y CFA realizados por socorristas. Planteamos la hipótesis de que: a) el rendimiento (velocidad de natación y duración del test) será mejor en CR que en CFA, b) el consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca, la concentración sanguínea de lactato y la escala de esfuerzo percibido serán mayores en CFA que en CR, y c) el gasto energético metabólico total y el coste energético serán mayores en CFA que en CR.

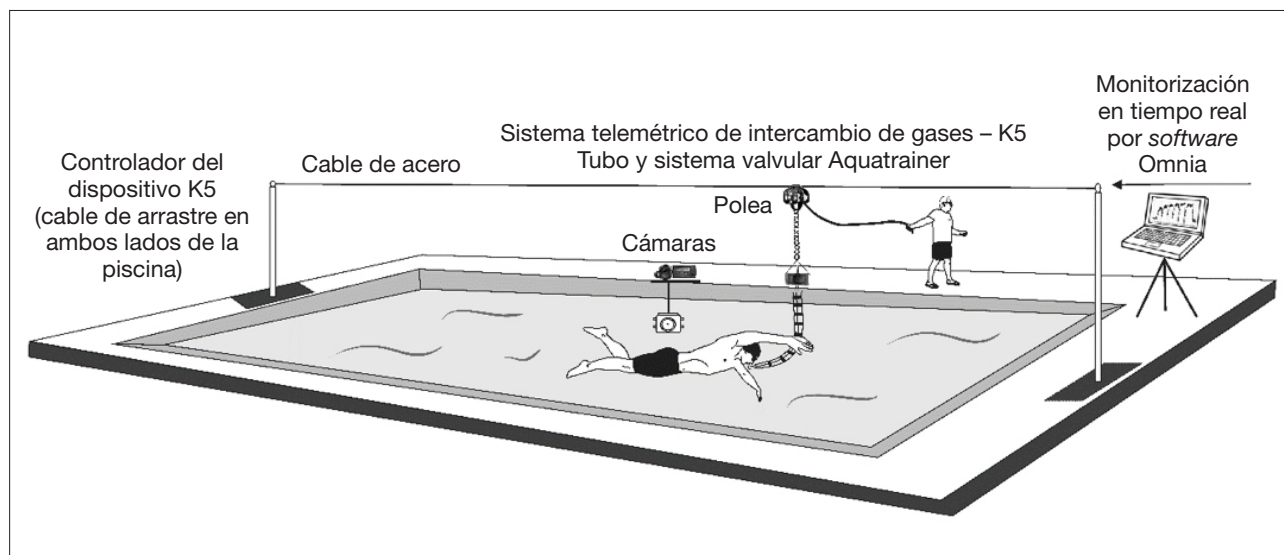
Metodología

Participantes

En este estudio participaron 21 socorristas militares entrenados, todos varones, con al menos tres años de experiencia en rescates (edad: 32.4 ± 3.1 años; masa corporal 79.2 ± 8.0 kg; estatura: 177.0 ± 7.2 cm; envergadura de los brazos: 183.3 ± 8.1 cm). Este estudio fue aprobado (n.º 2.316.201) por el Comité de Ética de Investigación de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, de conformidad con las guías de la Declaración de Helsinki. Todos los participantes dieron el consentimiento informado para participar en la investigación. Se pidió a los participantes que se abstuvieran de realizar un esfuerzo físico o entrenamiento 24 horas antes de cada test.

Diseño/procedimiento experimental

Cada participante realizó dos sesiones de tests en una piscina cubierta de 25 metros (1.90 m de profundidad, temperatura del agua $\approx 28^\circ\text{C}$). Los participantes se calentaron con 400 metros de CR, pero con vueltas abiertas, seguido de 100 metros de CR con un tubo respirador corriente. El calentamiento se utilizó para hacer que los participantes se sintieran aún más cómodos con el tubo AquaTrainer® (Cosmed, Italia) y la piscina durante los tests. Los tests fueron: i) 100 metros de CR y ii) 100 metros de CFA, realizados con 24 horas de diferencia y a máxima intensidad, con inicio en el agua y vueltas abiertas. Todos los socorristas se familiarizaron previamente con el uso del tubo AquaTrainer® durante seis sesiones. En la Figura 1 se presenta la configuración para la recogida de datos.

**Figura 1**

Configuración para la recogida de datos de rendimiento y fisiológicos en los protocolos de 100 metros de crol y 100 metros de crol con la cabeza fuera del agua.

Recogida de datos

Antes del test de natación, se midieron la masa corporal (báscula digital SECA® 813, resolución de 0.1 kg, Alemania), la estatura (estadiómetro SANNY, Personal Caprice, resolución de 0.1 cm, Brasil) y la envergadura de los brazos (estadiómetro SANNY, Personal Caprice, resolución de 0.1 cm, Brasil). Los socorristas se colocaron marcadores circulares (pegamento negro dermatológicamente testado) sobre los maléolos externos (bilaterales), el trocánter mayor del fémur y el acromion.

Dos investigadores cronometraron el rendimiento en cada test (cronómetros CR20, Kikos, Brasil). La velocidad media de natación ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) se midió por videogrametría con ayuda del sistema de análisis de rendimiento Ariel (APAS®, Ariel Dynamics Inc., Estados Unidos) en dos secciones: 25-50 y 75-100 m (dos ciclos de brazadas en cada sección). La velocidad media de natación se obtuvo por el cociente entre el desplazamiento de la cadera y el tiempo durante un ciclo completo de brazada. Un ciclo de brazada consistió en la entrada y reentrada de la misma mano en el agua (Barbosa et al., 2008).

Las imágenes para identificar la velocidad de natación se registraron con la ayuda de dos cámaras fijas (Sony Hdr cx260, 60 Hz, Estados Unidos), una colocada 0.3 m bajo la línea de superficie del agua protegida con una carcasa impermeable (Sony SPK-HCH, Estados Unidos) y otra 0.3 m fuera del agua (Figura 1). Las cámaras estaban en la mitad de la piscina y a una distancia de 7.5 m del plano sagital de desplazamiento del participante. Se utilizó un dispositivo con

diodos emisores de luz situado por encima y por debajo del nivel del agua para sincronizar las imágenes obtenidas por las cámaras, según los estudios de De Jesus et al. (2015). Las imágenes fueron registradas por las cámaras en un espacio calibrado previamente (dimensiones de la estructura de calibración $X = 4.5$ m [eje horizontal], $Y = 1$ m [eje mediolateral] y $Z = 1.5$ m [eje vertical]). El error cuadrático medio para los ejes X, Y y Z fue de 1.92, 0.29 y 1.34 mm, respectivamente (10 puntos reales y 10 de control para las cámaras sumergida y externa).

El consumo de oxígeno (VO_2) en ambos tests se midió directamente con cada respiración mediante un analizador de gases telemétrico portátil (K5, Cosmed, Italia) conectado a un tubo respirador y a un sistema valvular (AquaTrainer®, Cosmed, Italia), suspendido ≈ 2 m sobre la superficie del agua con un cable de acero. El analizador de gases telemétrico portátil se calibró antes de cada sesión de test con gases de referencia (O_2 16 % y CO_2 5 %) y el transductor de volumen de turbina se calibró con una jeringa de 3 l. Para el tratamiento de los datos, las respiraciones errantes (tragar, toser o interrupciones de la señal) se eliminaron del análisis de VO_2 y se incluyeron solo los datos con media ± 4 DE (Ozyener et al., 2001). Los datos se suavizaron posteriormente con una ventana en movimiento de cinco respiraciones (De Jesus et al., 2014). El consumo máximo de oxígeno ($\text{VO}_{2\text{máx}}$) se consideró como el valor máximo de la curva de los dos tests (Laffite et al., 2004). El VO_2 y la concentración de lactato en reposo ($\text{VO}_{2\text{rep}}$ y La_{rep} , respectivamente) se midieron

antes de cada test, después de 10 minutos de descanso. Después del descanso, el VO_{2rep} fue la media de VO_2 , en que la tasa de intercambio respiratorio se estabilizó en aproximadamente 0.8.

Se extrajo sangre de la punta del dedo para determinar la concentración de lactato, que se midió en reposo y después del esfuerzo (1, 3, 5 y 7 minutos después del test) para identificar el valor máximo de lactato ($La_{máx}$). El lactato sanguíneo se identificó mediante un lactómetro portátil (Accutrend, Roche, Alemania). La frecuencia cardíaca (FC) y la escala de esfuerzo percibido (RPE, por sus siglas en inglés) se identificaron en reposo e inmediatamente después de cada test. Para comprobar la FC, se colocó un transmisor en la región del xifoides de los participantes durante los tests (Garmin, 920XT, Estados Unidos). Se presentó la escala de Borg de 15 puntos (6-20) a los participantes que indicaron la RPE según su visualización (Borg, 1998).

Contribución y coste energético

Las proporciones de metabolismo aeróbico y anaeróbico durante cada test (Ecuación 1) se calcularon con la ecuación de gasto energético total (Capelli et al., 1998; Di Prampero, 1986; Figueiredo et al., 2011):

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

donde E_{tot} es el consumo energético total durante el test; VO_2 se calculó a partir de la integral-tiempo del valor neto entre $VO_{2máx}$ y VO_{2rep} como la contribución aeróbica (Aer, kJ); βLa_b es la diferencia entre $La_{máx}$ y La_{rep} multiplicado por 2.7 ml de $O_2 \cdot mM^{-1} \cdot kg^{-1}$ y después por la masa corporal (kg) total como la contribución anaeróbica láctica (AnaerLa, kJ); y PCr (fosfocreatina) es la contribución anaeróbica aláctica (AnaerAla, kJ), mientras que esta fuente de energía corresponde en constante tiempo a 23.4 s (Binzoni et al., 1992). La AnaerAla se calculó por la concentración de fosfocreatina disminuida por 18.55 $mM \cdot kg^{-1}$ (peso neto en activación muscular máxima, suponiendo el 50% de masa muscular activada) (Capelli et al., 1998; Zamparo et al., 2011). Aer y AnaerLa se expresaron en kJ, suponiendo un equivalente energético de 20.9 $kJ \cdot LO_2^{-1}$ y como un % del gasto energético metabólico total. Por último, el coste energético (Ecuación 2) se calculó por el cociente entre el gasto energético metabólico total y la velocidad media de natación (Di Prampero, 1986):

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

donde C es el coste energético; E_{tot} es el consumo energético total durante el test; y v es la velocidad de natación.

Análisis estadísticos

Se utilizó el *software* G*Power 3.1 (Düsseldorf, Alemania) para determinar el tamaño mínimo de la muestra necesario (potencia estadística de .80, $\alpha = .05$ para el análisis, intervalo de confianza del 95 %, error de muestreo del 5 % y una supuesta magnitud del efecto de 0.50). En todos los datos se comprobó la normalidad de la distribución con el test de Shapiro-Wilk. Los datos se describieron como media $\pm$ desviación estándar (DE) e intervalo de confianza [IC] del 95 % de la media. Se realizaron comparaciones con la prueba de la t dependiente de las muestras, seguido del cálculo de la magnitud del efecto (Rosenthal, 1996): (donde d : 0 < magnitud del efecto insignificante < 0.19; efecto pequeña $0.20 \leq d \leq 0.49$; magnitud del efecto mediana $0.50 \leq d \leq 0.79$; magnitud del efecto grande $0.80 \leq d \leq 1.29$; y magnitud del efecto muy grande $d \geq 1.30$). El nivel de significación se estableció en el 5 %.

Resultados

Los resultados se expresaron como media, DE, IC y d de Cohen para la media de socorristas respecto a rendimiento y velocidad de natación, parámetros fisiológicos ($VO_{2máx}$, $La_{máx}$, FC y RPE), contribución energética metabólica total y coste energético (Tabla 1). La magnitud del efecto fue muy grande ($d > 1.30$) en el rendimiento (83.2 ± 8.2 s en CR y 100.5 ± 11.8 s en CFA) y grande ($0.80 \leq d \leq 1.29$) en la velocidad de natación (1.09 ± 0.13 m·s⁻¹ en CR y 0.96 ± 0.17 m·s⁻¹ en CFA) (Tabla 1). La magnitud del efecto fue mediana ($0.50 \leq d \leq 0.79$) en la Aer (80.2 ± 15.6 kJ en CR y 89.4 ± 18.0 kJ en CFA) y pequeña ($0.20 \leq d \leq 0.49$) en la AnaerLa (53.4 ± 15.5 kJ en CR y 60.0 ± 15.2 kJ en CFA) (Tabla 1). La magnitud del efecto fue grande ($0.80 \leq d \leq 1.29$) en el gasto energético metabólico total (166.4 ± 16.5 kJ en CR y 182.5 ± 23.1 kJ en CFA) y muy grande ($d > 1.30$) en el coste energético (1.51 ± 0.24 kJ·m⁻¹ en CR y 1.90 ± 0.33 kJ·m⁻¹ en CFA) (Tabla 1). En reposo, no se identificaron diferencias en VO_2 , LA, FC y RPE en CR y CFA, respectivamente: 6.6 ± 1.4 y 6.8 ± 2.3 ml·kg⁻¹·min⁻¹; 2.3 ± 0.8 y 2.0 ± 0.7 mmol·l⁻¹; 73.5 ± 13.6 y 75.9 ± 14.0 lpm, y 7.3 ± 1.5 y 7.5 ± 1.9 puntos.

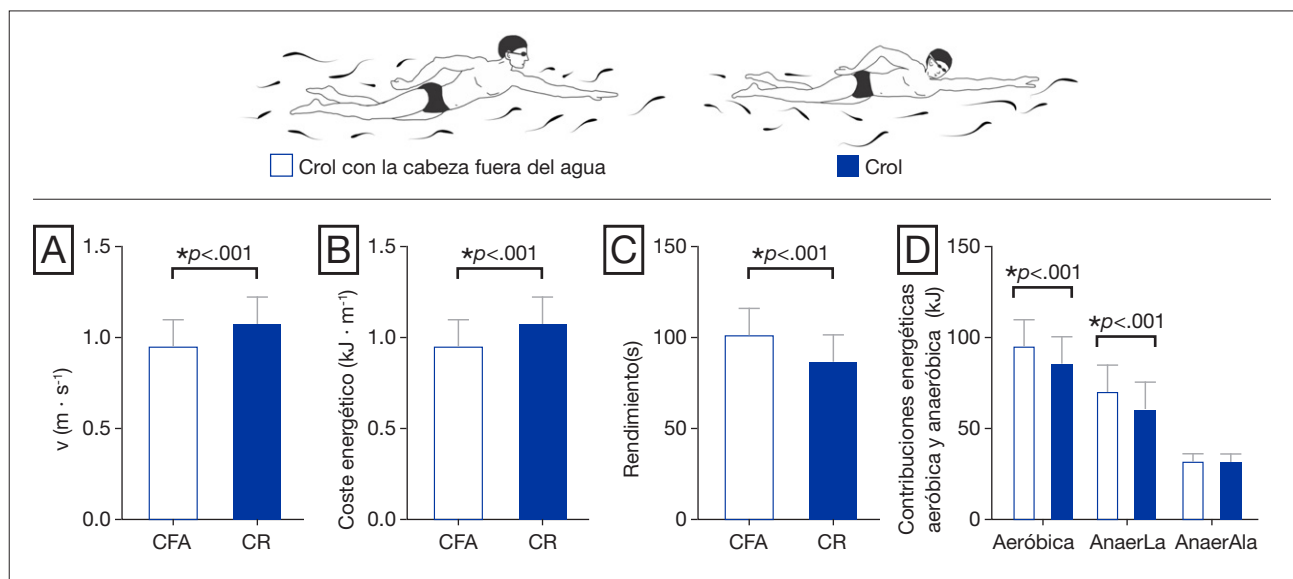
En la Figura 2 se presentan la media y la desviación estándar de velocidad de natación (imagen A), coste energético (imagen B), rendimiento (imagen C) y contribución energética aeróbica y anaeróbica (imagen D) de los socorristas durante los tests de 100 metros de crol con la cabeza fuera del agua y 100 metros de crol, $N = 21$. Los resultados del test de CR fueron mejores que los obtenidos en el test de CFA en las variables rendimiento (menor duración en segundos en el test de 100 metros) y velocidad de natación (Figura 2). Las contribuciones energéticas aeróbica y anaeróbica fueron mayores en CFA que en CR (Figura 2). El gasto energético metabólico total y el coste energético también fueron mayores en CFA que en CR (Tabla 1, Figura 1).

Tabla 1

Media, desviación estándar, intervalo de confianza y d de Cohen globales de rendimiento y velocidad de natación, parámetros fisiológicos, contribución energética metabólica total y coste energético para los socorristas, N = 21.

Variable	CR	CFA	p (d de Cohen)
Rendimiento (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 _{2máx} (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 _{máx} (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 (puntos)	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)
Coste energético (kJ·m ⁻¹)	1.51 ± 0.24 [1.40, 1.62]	1.90 ± 0.33 [1.74, 2.05]	< .001* (1.35)

Nota. v = velocidad de natación; VO_{2máx} = consumo máximo de oxígeno; LA_{máx} = valor máximo de lactato; FC = frecuencia cardíaca; RPE = escala de esfuerzo percibido; E_{tot} = gasto energético metabólico total; % Aer = % de contribución energética aeróbica; % AnaerLa = % de contribución energética anaeróbica láctica; % AnaerAla = % de contribución energética anaeróbica aláctica.

**Figura 2**

Media y desviación estándar de velocidad de natación (v) (imagen A), coste energético (imagen B), rendimiento (imagen C) y contribuciones energéticas aeróbica y anaeróbica (AnaerLa = anaeróbica láctica y AnaerAla = anaeróbica aláctica) (imagen D) de socorristas durante los tests de 100 metros de crol con la cabeza fuera del agua y 100 metros de crol. Resultados globales (N = 21): Test de la t: p < .001.

Discusión

En este estudio se evaluaron y compararon el rendimiento, el consumo de oxígeno y variables fisiológicas complementarias (lactato máximo, frecuencia cardíaca), la escala de esfuerzo percibido, la contribución energética metabólica total y el coste energético de CR y CFA realizado por socorristas. En general, el rendimiento fue mejor en CR que en CFA. El VO_2 y las variables fisiológicas complementarias ($\text{La}_{\text{máx}}$, FC) y la RPE no fueron diferentes entre CR y CFA. El gasto energético metabólico total y el coste energético fueron mayores en CFA que en CR.

Los socorristas se pueden beneficiar del CR comparado con el CFA por la mayor velocidad de natación y, por consiguiente, por un mejor rendimiento (duración más corta del test en segundos). Los rescates acuáticos exigen un contacto visual sostenido del socorrista con la víctima (Vignac et al., 2017) y, por tanto, eligen primero nadar en CFA. El rescate en piscinas o aguas abiertas que permiten una buena visibilidad parece propiciar estrategias con mayor uso de CR comparado con CFA a distancias mayores desde el punto de partida del socorrista hacia la víctima. El contacto corporal con la víctima que se está ahogando requiere diferentes procedimientos técnicos que van más allá del objetivo de este estudio; p. ej., técnicas de aproximación en los últimos metros cerca de la víctima y posibles acciones de desenganche. En cualquier caso, los socorristas pueden sustituir el uso del CR a una mayor velocidad de natación por el CFA a distancias que garanticen la seguridad del socorrista y de la víctima.

La inclinación del cuerpo de los nadadores, cuando levantan la cabeza, propicia un aumento del arrastre (Zamparo et al., 2009). Es por ello que el cuerpo produce un mayor arrastre durante el CFA comparado con el CR. En el presente estudio, el gasto energético metabólico total fue mayor para los socorristas durante el CFA que en el CR. La contribución energética de las vías aeróbica y anaeróbica fue mayor en CFA que en CR. Al compararse, las tres vías metabólicas energéticas en CR entre socorristas y nadadores masculinos bien entrenados no fueron similares. Al menos en nadadores masculinos bien entrenados, se observó que, para la distancia de 100 metros a máxima intensidad, el 43 % de la energía era de fuente aeróbica; el 33.1 %, anaeróbica láctica y el 23.5 %, anaeróbica aláctica, valores que son menores para la vía aeróbica y mayores para la vía anaeróbica aláctica (Ribeiro et al., 2015).

Los valores de coste energético fueron mayores en CFA que en CR. El coste energético en CR y CFA fue, respectivamente, de $1.51 \pm 0.24 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ y $1.90 \pm 0.33 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ ($p < .001$), con valores más altos en CFA. El test más largo (menor velocidad de natación) y la natación con peor alineamiento horizontal explican los valores más altos de coste energético en CFA. En nadadores de alto

rendimiento en tests de 100 metros de crol, se obtuvieron valores de coste energético de $1.16 \pm 0.10 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ (Ribeiro et al., 2015), inferiores a los hallados en el presente estudio, incluso con valores similares de $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Debe señalarse que el coste energético es una variable de evaluación global de la natación, debido a que incorpora datos fisiológicos (energía total) y biomecánicos (velocidad de natación) (Barbosa et al., 2006). Por tanto, un nadador con un coste energético menor utiliza menos energía que uno con un coste energético mayor para recorrer la misma distancia. Este resultado es de suma importancia cuando se busca un rescate más rápido y más eficiente en el contexto de la natación en socorristas.

Además, nuestros resultados de RPE (14.6 ± 3.3 puntos en CR y 15.6 ± 4.0 puntos en CFA) y de LA ($17.7 \pm 1.4 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ en CR y $17.8 \pm 1.7 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ en CFA) obtenidos después del test de 100 m en piscina fueron diferentes de los observados en tests a rescatadores ($N = 23$, hombres $n = 21$ y mujeres $n = 2$) realizados en mar en calma, con olas inferiores a 0.5 m después de un rescate acuático sin equipo de rescate flotante ($\text{LA } 11.01 \pm 2.06 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ y $\text{RPE } 8 \pm 0.77$ en la escala de Borg de 10 puntos) (Barcala-Furelos et al., 2016). También se encontró un estudio ($N = 40$, 28 hombres y 12 mujeres) en el que se describió una RPE de 7.4 ± 1.4 en la escala de Borg de 10 puntos en rescate sin equipo de rescate flotante (pero con aletas de 12 y 38 cm) antes del rescate con una distancia de 100 m en el mar (Aranda-García y Herrera-Pedroviejo, 2020). Es posible que estas diferencias se deban a las limitaciones de diferentes factores (Newell, 1986): medios (densidad y movimiento del agua en piscina y en el mar); organismo (distintas muestras con uno de los grupos con mujeres) y tarea (sin rescate y con rescate de un individuo). Merece la pena mencionar que el soporte con cualquier equipo (p. ej., aletas, tubo o tabla de rescate) durante los rescates es mejor que no tener ninguno (Aranda-García y Herrera-Pedroviejo, 2020; Barcala-Furelos et al., 2016; Serrano Ramón y Ferriz Valero, 2018).

Los resultados obtenidos de las variables estudiadas se pueden usar para apoyar los equipos de ejecución y planificación de entrenamiento salvavidas y garantizar un mejor rendimiento en el agua y visualización de la víctima, reduciendo el coste energético al realizar la actividad. Aunque no se pueden establecer las distancias a nadar en el momento del rescate y que en los rescates acuáticos no se suelen aplicar esfuerzos máximos, sino submáximos (Aranda-García y Herrera-Pedroviejo, 2020; Barcala-Furelos et al., 2016), los resultados sugieren que los socorristas deben tener una buena capacidad aeróbica para realizar el rescate. En cuanto al coste energético, los socorristas mostraron valores más altos en CFA que en CR, y ello puede provocar fatiga temprana si se realiza en

distancias largas para llegar hasta la víctima que se está ahogando. En cuanto al coste energético, también se puede observar que los socorristas mostraron valores más altos en CFA que en CR, y ello puede provocar fatiga temprana si se realiza en distancias largas para llegar hasta la víctima que se está ahogando.

También es sabido que algunos socorristas no tienen una buena técnica respiratoria mientras nadan y siempre eligen nadar con la cabeza fuera del agua, que les impide ser más rápidos y más eficientes. Por tanto, sería apropiado entrenar a los socorristas para que mejoren su técnica de natación en CR y CFA. En relación con el CFA, se ha observado que los jugadores de waterpolo que lo practican con mucha frecuencia durante el entrenamiento y en los partidos desarrollan una gran especialidad que les permite mantener valores de velocidad de natación, longitud de brazada y de frecuencia de brazada en CFA similares a CR (Zamparo et al., 2009). Por tanto, creemos que si el entrenamiento de socorristas da más importancia al CFA, los socorristas también podrán mantener valores mejores en las variables analizadas, que se traducen en un menor coste energético durante la realización de sus actividades.

Limitaciones

Las principales limitaciones de este estudio fueron: a) la inviabilidad metodológica que no permite realizar los tests en las mismas condiciones y medios en los que los socorristas realizan las actividades de rescate acuático; b) durante los tests de natación no se utilizaron aletas. Algunos socorristas las utilizan durante los rescates acuáticos (Barcala-Furelos et al., 2016). Es posible que futuros estudios aporten más información sobre el uso de aletas en tests de natación, rescates acuáticos y sus costes energéticos correspondientes; c) el uso de un tubo para obtener los gases respiratorios que permitía a los socorristas respirar con la cara más cerca de la línea del agua que si estuvieran realizando la técnica de aproximación sin el tubo, y que podría haber influido en los resultados en CFA. Los datos del presente estudio pueden ayudar a planificar el entrenamiento, sea técnico o fisiológico, con objeto de mejorar la planificación de las actividades físicas del socorrista, y también la técnica de natación relacionada con la aproximación al ahogamiento. Sabemos que siempre será difícil controlar todas las variables existentes en estudios de esta naturaleza, especialmente porque es una actividad que no permite prever el esfuerzo que se necesitará para realizar cada rescate. Un mayor número de estudios relacionados con este tema permitirá conocer aún mejor las capacidades que se deberían mejorar en el entrenamiento de socorristas.

Conclusión

Los socorristas alcanzaron una mayor velocidad de natación y, por consiguiente, un mejor rendimiento en CR que en CFA en un test de 100 metros a máxima intensidad. $VO_{2\text{máx}}$, $LA_{\text{máx}}$, FC y RPE fueron similares en CR y CFA en el test de 100 metros a máxima intensidad. En general, los socorristas pudieron alternar las brazadas de CR con una o dos brazadas de CFA, dejando el CFA para cuando estuvieran más cerca de la víctima y establecer la aproximación más apropiada. Esta técnica de aproximación tiene un mayor coste energético comparado con el CR. Asimismo, se sugiere mejorar la técnica del CFA para que se aproxime a las características fisiológicas y biomecánicas del CR.

Declaraciones de interés

Ninguna. Sin financiación. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (n.º 2.316.201) y se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

Referencias

- Aranda-García, S., & Herrera-Pedroviño, 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., Abelairas-Gomez, C., Bores-Cereza, A., Lopez-García, 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 ^{31}P -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 VO₂ 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., 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 Educación Física y Deportes* (132), 48-59. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2018/2\).132.04](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2018/2).132.04)
- Szpilman, D., Tipton, M., Sempsrott, 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>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES