

eISSN: 2452-5812

<http://jmh.pucv.cl/>

Recibido: 29/09/2022

Aceptado: 16/12/2022

Disponible: 23/12/2022

Publicado: 01/01/2023

Artículo de revisión

Efecto del calentamiento activo sobre el rendimiento contrarreloj en nadadores. Una revisión sistemática y metaanálisis

Effect of active warm-up on time trial performance in swimmers. A systematic review and meta-analysis

Quirós-Vásquez, A¹; Carpio-Rivera, E¹; Chaves-Castro, K¹; Jiménez-Díaz, J¹

Correspondencia[✉]

Lic. Armando Quirós-Vásquez

Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica, San José Costa Rica.

armando.quirros@ucr.ac.cr

Resumen

Objetivo: Determinar el efecto del calentamiento activo sobre el rendimiento contrarreloj en nadadores por medio de una revisión sistemática y metaanálisis. **Métodos:** Se realizó una búsqueda de literatura en nueve bases de datos electrónicas. Se calculó el tamaño del efecto (*TE*) individual aplicando un diseño de comparación entre grupos y se resumieron los resultados utilizando el modelo de efectos aleatorios (REML), considerándose estadísticamente significativos los valores de $p < 0.05$ y los intervalos de confianza del 95% no superpuestos ($IC_{95\%}$). Se calculó la heterogeneidad e inconsistencia mediante las pruebas *Q* de Cochran e I^2 , de forma respectiva. Para evaluar sesgo, se realizó el gráfico de embudo (funnel plot) y la prueba de Egger. **Resultados:** Un total de 11 artículos fueron incluidos en este análisis. El *TE* global fue trivial y no significativo ($TE = -0.125$; $IC_{95\%} = -0.273, 0.022$; $p = 0.096$; $Q = 18.268$, $p = 0.690$, $I^2 = 0.00\%$), demostrándose que no existe efecto del calentamiento activo sobre el rendimiento deportivo en natación. **Conclusión:** El calentamiento activo no demuestra mejorar el rendimiento en natación, una vez que es comparado con una condición de control donde no se calienta. Sin embargo, se recomienda mantener el análisis de las respuestas individuales para obtener el mejor rendimiento de cada atleta.

Palabras clave: calentamiento activo, rendimiento, natación, metaanálisis.

Abstract

Objective: To determine the effect of active warm-up on time trial performance in swimmers through a systematic review and meta-analysis. **Methods** Studies were retrieved by searching nine electronic databases. The individual effect size (ES) was calculated by applying a between-group comparison design, and the results were summarized using the random effects model (REML), considering statistically significant values of $p < 0.05$ and the 95% confidence intervals without overlap (95% CI). Heterogeneity and inconsistency were calculated using Cochran's *Q* and I^2 tests, respectively. To assess bias, a funnel plot and Egger's test were performed. **Results:** A total of 11 articles were included in this analysis. The global ES was trivial and not significant ($ES = -0.125$; $CI_{95\%} = -0.273, 0.022$; $p = 0.096$; $Q = 18.268$, $p = 0.690$, $I^2 = 0.00\%$), showing that there is no effect of warm-up on performance in swimming. **Conclusion:** Active warm-up does not show an improvement in swimming performance when compared to a control condition where there is no warm-up. Without disregarding the demonstrated results, it is recommended to continue analyzing the individual responses to obtain the best performance of each athlete.

Keywords: active warm-up, swimming, performance, meta-analysis.

Puntos destacables

- El rendimiento deportivo contrarreloj de nadadores entre los 11 y 35 años no mejora al realizar un protocolo de calentamiento activo comparado con una condición control (sin calentamiento previo).
- Los análisis aplicados revelan que no hay presencia de sesgo en los resultados, lo que destaca el valor de los hallazgos obtenidos en este metaanálisis.
- Se evidencia que, aun cuando las variables temperatura corporal y volumen total del calentamiento activo se muestran como puntos clave en la mejora del rendimiento contrarreloj de nadadores, estas variables no son reportadas en los estudios.
- Se recomienda mantener el análisis de las respuestas individuales para obtener el mejor rendimiento de cada atleta.

Introducción

Tradicionalmente, antes de un entrenamiento o competición, los atletas y entrenadores han utilizado diferentes tipos de calentamiento con el objetivo de prevenir lesiones y preparar al organismo para las demandas del ejercicio o deporte^{1,2}. Además, en diferentes disciplinas deportivas, el calentamiento se ha considerado esencial para lograr un rendimiento óptimo³.

Entre las diversas clasificaciones del calentamiento⁴, se resaltan dos técnicas principales: 1) pasivo: consiste en elevar la temperatura muscular o la temperatura central por algunos medios externos como baños calientes, saunas o almohadillas térmicas y 2) activo: implica actividad física y tiene la probabilidad de inducir mayores cambios metabólicos y cardiovasculares que los calentamientos pasivos. Algunos ejemplos de estos cambios son, aumento de la flexibilidad de los músculos y tendones, estimulación de flujo sanguíneo periférico y aumento de la temperatura muscular y central⁵. Específicamente en la natación, las prácticas de calentamiento prescritas por los entrenadores, previo a la competencia, son activas y generalmente combinan ejercicios en el agua y en tierra⁶.

Dada la importancia que se le ha atribuido al calentamiento para mejorar el rendimiento deportivo en natación^{3,4,7-9}, se han desarrollado diferentes investigaciones con el fin de identificar los elementos para obtener un mayor beneficio del calentamiento y por ende, la optimización del rendimiento deportivo^{3,9,10}. Sin embargo, la evidencia científica no es clara con respecto a este tema y, por el contrario, algunos estudios recientes sugieren que el calentamiento está sobrevalorado, dado que las metodologías más utilizadas se toman por válidas sin cuestionamiento alguno³, incluso sin suficiente evidencia científica contundente que las respalde¹¹.

En este mismo sentido, la literatura muestra resultados contradictorios⁹. Por ejemplo, estudios realizados en hombres y en mujeres^{12,13}, no encontraron diferencias significativas cuando realizaron o no un calentamiento previo a una prueba de 50m crol en variables de rendimiento (tiempo), biomecánicas (frecuencia de brazada, longitud de brazada e índice de brazada) y fisiológicas (concentración de lactato). De igual forma, en un estudio⁷ realizado con 16 nadadores jóvenes, evaluaron el efecto de tres condiciones (sin calentamiento, calentamiento corto y calentamiento regular), sobre variables como el rendimiento deportivo, el tiempo de reacción y el esfuerzo percibido, encontrando que no existen diferencias significativas en el rendimiento deportivo en una prueba de 45,7m crol cuando se ejecuta o no un calentamiento. Por el contrario, otro estudio⁹, reporta que los nadadores fueron significativamente más rápidos después de un calentamiento, cuando realizaron una prueba de 100m crol.

Dada la controversia entre resultados, en un estudio⁹ se señala que, en el caso de la natación, hay falta de evidencia científica concluyente que respalde el calentamiento, aún, cuando la práctica de calentar para mejorar el rendimiento en la piscina es aceptada por los atletas y entrenadores, quienes a menudo recurren a un enfoque de prueba y error para diseñar las estrategias de calentamiento, existiendo variedad en los protocolos de calentamiento^{3,14}. Así mismo, la evidencia científica reciente, indica que, a pesar de

que existe una idea general de que el calentamiento activo es efectivo para incrementar el rendimiento deportivo, en primera instancia, es necesario identificar si realmente existe un efecto beneficioso o no del calentamiento activo sobre el rendimiento deportivo de nadadores, previo a identificar cuál es el mejor protocolo de calentamiento.

Por lo tanto y con base en la literatura previa, sobre si el calentamiento mejora o no el rendimiento de nadadores comparado con una condición de no calentar, se planteó la siguiente revisión sistemática y metaanálisis, el cual tiene como objetivo determinar el efecto del calentamiento activo sobre el rendimiento contrarreloj en nadadores e identificar las variables que pueden moderar tal efecto.

Métodos

La presente investigación, siguió las recomendaciones generales para el reporte de revisiones sistemáticas y metaanálisis PRISMA (por sus siglas en inglés)^{15,16}.

Búsqueda de literatura

La búsqueda de la literatura se realizó de enero a junio del año 2021, en las siguientes bases de datos electrónicas: EBSCOhost Research Databases: SPORTDiscus with Full Text, Academic Search Complete, ERIC, Fuente Académica Plus, MEDLINE with Full Text y Education Research Complete. Para esta búsqueda electrónica, se utilizaron las siguientes palabras clave para artículos en inglés: warm up, swimming, performance, potentiation post activation. Para la búsqueda de artículos en español, se utilizaron las siguientes palabras clave: calentamiento, natación, rendimiento, potenciación post activación. Para artículos en portugués, se utilizaron aquecimento, natação, performance, potenciação pós-ativação. También, se utilizaron los operadores booleanos AND, OR, NOT para enlazar las palabras clave. Además, se realizó una revisión manual de las listas de referencias de los artículos incluidos en este metaanálisis, con el objetivo de detectar estudios que no fueron identificados en las bases de datos mencionadas previamente.

Criterios de elegibilidad

Se establecieron los siguientes criterios de elegibilidad utilizando la guía PICOS: 1) Participantes: hombres y mujeres sin distinción de edad ni nivel competitivo, 2) Intervenciones: Que se haya realizado un calentamiento activo antes de realizar una prueba de natación, 3) Comparaciones: Que incluyan una condición control “Sin Calentamiento”, 4) Variable dependiente: Corresponde a la variable rendimiento contrarreloj en una prueba de natación, 5) Diseño de estudio: Se incluyeron estudios experimentales y cuasiexperimentales que tengan al menos un grupo experimental y un grupo control y 6) Otros: que los estudios reportaran la estadística descriptiva necesaria para realizar el cálculo de los tamaños de efecto (TE). Finalmente, solamente se incluyeron estudios publicados en idioma inglés, español y portugués.

Se utilizó el gestor de referencias Zotero (Center for History and New Media, 2006. Manassas, Virginia, Estados Unidos) para exportar y manipular los artículos recopilados en la búsqueda inicial. Posteriormente, dos autores de forma independiente revisaron títulos y/o resúmenes para eliminar los estudios duplicados y/o los que no cumplieron los criterios de inclusión establecidos. Después, se revisó el texto completo de los artículos que eran elegibles y se excluyeron aquellos que no cumplían con los criterios establecidos, indicando las razones pertinentes para cada estudio (este proceso se detalla en la Figura 1 (Diagrama de flujo de búsqueda y selección de artículos).

Se excluyeron estudios: 1) duplicados o que utilizaron los mismos datos para realizar varias publicaciones, 2) que no tuvieran una condición control “sin calentamiento”, 3) Investigaciones en las que la estadística descriptiva la reportaron mediante figuras gráficas y que no fue posible contactar a los autores para que facilitaran esa información.

Selección de estudios y codificación de la información

El proceso de selección de estudios se realizó de acuerdo con los criterios de elegibilidad mencionados anteriormente. Después, los datos recolectados fueron codificados en una base de datos previamente diseñada en Microsoft Excel. Ambos procesos fueron realizados por dos autores (A.Q-V; K.C-C). Cuando se encontró alguna inconsistencia, se resolvió por consenso con una tercera autora (E.C-R). Las variables codificadas fueron las siguientes: 1) Características de la muestra (edad y género) 2) Características del calentamiento (volumen, lugar donde se realizó, intervalo de recuperación y la distancia de la prueba), esto con el objetivo de analizarlas como variables moderadoras.

Calidad de estudios individuales

La calidad de los estudios fue evaluada mediante una recopilación de preguntas planteadas por diferentes escalas, las cuales fueron analizadas por el grupo de autores para ajustarlas a la realidad de las investigaciones en natación^{17,18}. Las siguientes fueron las preguntas:

1. ¿Los criterios de elegibilidad son claros y se cumplen?
2. ¿Se describe la aleatorización de las condiciones?
3. ¿Más del 85% de los participantes completaron el estudio?
4. ¿Se reporta el análisis estadístico para cada condición experimental?
5. ¿Se reporta qué realiza la condición control?
6. ¿Las pruebas para medir el rendimiento en natación, en cada una de las condiciones experimentales, fueron las mismas?

En cada una de las preguntas previas, se asignó un punto (1) si se cumplió con el criterio y cero puntos (0) si no se cumplió, el puntaje máximo a obtener fue de 6 puntos.

Cálculo del tamaño de efecto (TE)

Para el cálculo del *TE* se aplicó el estimador *g* de Hedges, utilizándose un diseño de comparación entre grupos¹⁹, cuyo objetivo es conocer la diferencia del efecto de un grupo con respecto a otro en un momento específico²⁰.

Para realizar el cálculo del *TE*, se siguieron los procedimientos sugeridos por Borenstein y colaboradores¹⁹, comparando el rendimiento, según la presencia o no del calentamiento previo a una prueba de natación. Un *TE* negativo, indica que la condición control “Sin Calentamiento” tiene un mejor rendimiento que la condición experimental “Con Calentamiento” y un *TE* positivo, indica que la condición experimental “Con Calentamiento” tiene un mejor rendimiento que la condición control “Sin Calentamiento”.

Los análisis para obtener el *TE* global se realizaron siguiendo el procedimiento de Borenstein¹⁹, para el modelo de efectos aleatorios, considerándose estadísticamente significativos los valores de $p < 0.05$ y los intervalos de confianza del 95% que no se superponen (IC_{95%}). En cuanto al *TE*, se interpretó como trivial cuando $TE = 0-0.19$; pequeño cuando $TE = 0.20-0.49$; moderado cuando $TE = 0.50-0.79$ y grande cuando $TE \geq 0.80$ ²¹.

Análisis de heterogeneidad y sesgo

Para el análisis de heterogeneidad de los estudios incluidos, se aplicó la prueba *Q* de Cochran ($p < 0.05$), mientras que la inconsistencia fue evaluada utilizando la prueba estadística I^2 . Para evaluar el sesgo de publicación se utilizó el gráfico de embudo (utilizando el programa OpenMEE) y la prueba de Egger (utilizando el programa RStudio), además como complemento se obtuvo el gráfico DOI y el índice LFK (utilizando el MetaXL). El índice LFK con un valor entre -1 y 1 indica que hay simetría, valores

entre 1 y 2 (absolutos) indica poca asimetría, mientras que valores absolutos mayores a 2 indica que no hay simetría²².

Análisis de sensibilidad

El análisis de sensibilidad se realizó por medio de la técnica, “dejar uno por fuera”, en donde se analizó el impacto de cada uno de los tamaños de efecto individuales en el *TE* global, recalculando el *TE* global, sin incluir un *TE* individual a la vez. Importante mencionar que, esta prueba de sensibilidad permite un análisis descriptivo en el que se valora si uno o más *TE* individual modifican la magnitud (trivial, pequeño, moderado o grande) o la dirección (signo positivo o negativo) del *TE* global. Si al realizar el análisis de sensibilidad “dejando uno por fuera” no se modifica ni la magnitud ni la dirección del *TE* global, es posible indicar que este es robusto y consistente, de lo contrario se debe profundizar el análisis de cada uno de los *TE* individual incluidos en el meta-análisis y los resultados que se obtengan²³.

Análisis de variables moderadoras

Las variables moderadoras se analizaron utilizando el paquete estadístico OpenMee versión 21.0, donde se aplicaron meta-regresiones para las variables continuas (edad, volumen, intervalo de recuperación, distancia de la prueba) y categóricas (género y lugar donde se realizó el calentamiento). Además, se llevaron a cabo análisis por subgrupos para las variables categóricas (previamente mencionadas). Se estableció un nivel de significancia de $p < 0.05$.

Resultados

En la Figura 1 se muestra el diagrama de flujo con las etapas del proceso de revisión y selección de los estudios, además de las razones de exclusión. Un total de 11 estudios cumplieron los criterios para ser incluidos en el metaanálisis sobre el efecto del calentamiento activo en el rendimiento deportivo en natación. Se calcularon un total de 25 *TE* involucrando a 162 participantes. Un estudio se realizó exclusivamente con mujeres¹³, dos con hombres^{12,24} y ocho con grupos mixtos^{7,14,25-30}, con edades entre los 11 y 35 años. Estas 11 investigaciones presentaron un puntaje de calidad entre 5 y 6 y, después de realizar la meta-regresión, se obtuvo que la calidad de los estudios no moderó el *TE* calculado ($\beta = 0.226$, $p = 0.148$), razón por la cual todos fueron meta analizados.

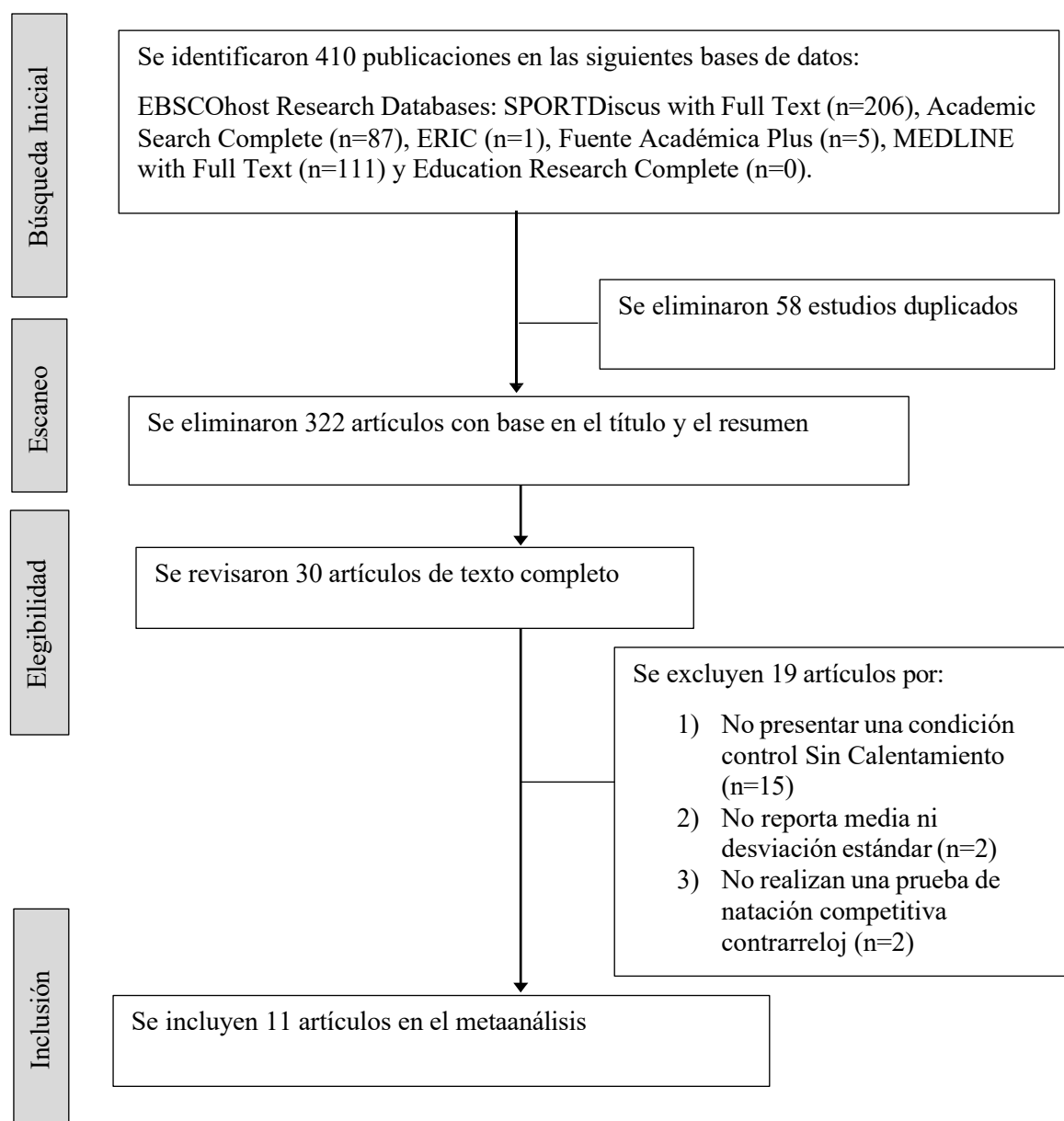


Figura 1. Diagrama de flujo de búsqueda y selección de artículos.

En la Tabla 1 se presentan un resumen de la información de mayor interés que, pudo extraerse de cada una de las investigaciones incluidas en el metaanálisis. Para cada estudio se menciona el volumen, tiempo e intensidad del calentamiento, el tiempo de transición entre el calentamiento y la prueba realizada, la distancia de la prueba realizada y si hubo o no cambios en el rendimiento. Esta información se presenta de forma descriptiva, debido a que no todos los estudios reportaban la información, tal es el caso de la temperatura corporal o el caso de la intensidad del ejercicio que nunca se controló de una misma forma, lo que complicó la inclusión de estos factores dentro de los análisis de las variables moderadoras.

Tabla 1. Características de los estudios incluidos en el metaanálisis.

Referencia	Calentamiento (C)			Transición	Distancia de la prueba	Resultados principales
	Protocolo	Volumen (m) y tiempo (min)	Intensidad			
Romney y Nethery (1993)	C1	5 min 12 x 22.9 5 min	REP=12 Sobre RC REP=14	3 min	91.4m	C1 < C 3
	C2	5 min cuerda 5 min Circuito calistenia 5 min cuerda				
	C3	No				
Bobo (1999)	C1	No				
	C2	Estiramiento 800 yd	Ritmo continuo y moderado	5 min	91.4 m	=
	C3	Estiramiento Press de banca	50% 1 RM			
Nepocatych (2010)	C1	No		5 min	45.7m	=
	C2	Corto 91.4m	40 % / 90 %	3 min		
	C3	Regular 457m (mínimo) 2 x 23m	90%	3 min		
	C4	UBV + Corto UBV 5 x 1min 91.4m	40 %	3 min		
	C5	UBV UBV 5 x 1min	90%	3 min		
Neiva et al., (2012 ^a)	C1	1000m	Libre	10 min	50m	=
	C2	NO				
Neiva et al., (2012 ^b)	C1	1000m	Libre	10 min	50m	=
	C2	No				
Balilionis et al., (2012)	C1	45.7 45.7	40 % Max 90 % Max	3 min	45.7m	C2 < C1
	C2	1200	Libre			
	C3	No				
Neiva et al., (2014)	C1	300 2 x 100 4 x 50 4 x 50 100	Baja Alto LB Ejercicio Téc 1 / 25 m RC Baja	10 min	100m	C1 < C2
	C2	No				
	C1	6 x 100m crol	Baja	10 min	50 m y 400m	C1, C2:

Chavarría et al., (2017)		6 x 50m crol	Media. Ejercicios Técnicos/Patada Alta			= en ambas distanci as
	C2	4 x 15m crol NO				
Kaya et al., (2017)	C1	No		3 min	50m	C2, C3 < C1
	C2	DWU				
		5 min cuerda	REP=12			
		5 min ejercicios varios				
		5 min cuerda	REP=14			
	C3	SWU				
		12.5 min nado continuo	baja			
		8 x 15 crol	alta			
		5 min nado continuo	REP=14			
Quirós et al., (2020)	C1	NO			50 m y 200m	=
		C 2		20 min		
	C2	6 x 100m crol	Baja			
		6 x 50m crol	Media. Ejercicios Técnicos/Patada			
		4 x 15m crol	Alta			
		C 3		10 min		
	C3	Similar C2				
		C 4				
	C4	Similar C2		0 min		
Alvarez et al., (2021)	C1	No		1 min	100m	=
	C2	3 min trote	Media			
		Ejercicios de movilidad				
		Ejercicios de autocarga				
	C3	200m crol	Progresivos			
		4 x 50m	Media			
		4 x 25m patada	Media			
		100m pull buoy	Alta			
		4 x 25				

Notas: C: Calentamiento, Max: máximo, min: minutos, No: calentaron, DWU: calentamiento en seco, SWU: calentamiento en piscina, RC: ritmo de carrera, REP: rango de esfuerzo percibido, UBV: Vibración de la parte superior del cuerpo, <: indica el grupo que presentó cambios significativos, = no hubo diferencias en el rendimiento contrarreloj.

Análisis de sesgo de los resultados del metaanálisis

En el gráfico de embudo se aprecia una aparente simetría (Figura 2), lo que se confirmó con la prueba de regresión de Egger que ratificó la presencia de simetría indicando que no hay sesgo ($t = -1.45$, $gl = 23$, $p = 0.16$). Estos hallazgos se confirmaron por medio del análisis del gráfico DOI (Figura 3) y del índice LFK mostrando un valor de -1.08.

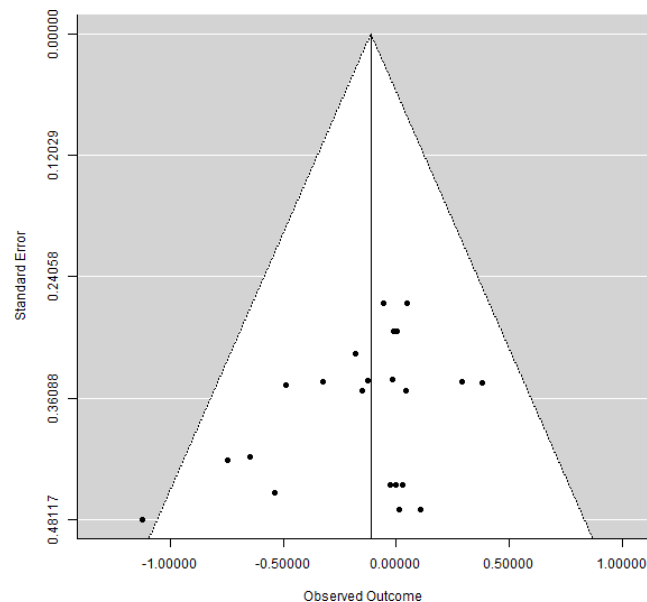


Figura 2. Gráfico de embudo. Fuente: elaboración propia.

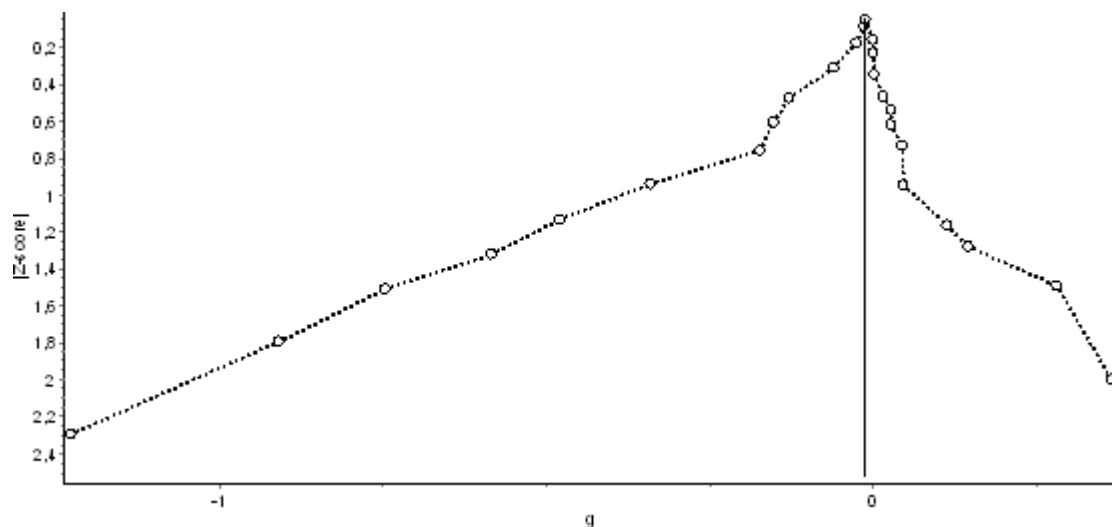


Figura 3. Gráfico DOI en donde se observa simetría y se confirma por el índice LFK = -1,08. Fuente: elaboración propia.

Tamaño de efecto y heterogeneidad

El *TE* global (*TEg*) fue de -0.105 ($p = 0.15$; $IC_{95\%}$ -0.249, 0.039), sin heterogeneidad ($Q = 15.956$; $p = 0.89$, $I^2 = 0.00\%$). El *TEg* es trivial y no significativo, lo que evidencia que no existe diferencia significativa en el rendimiento deportivo cuando se realiza un calentamiento activo previo a la prueba o la no realización de este. En la Figura 4 se presentan los *TE* individuales de los estudios.

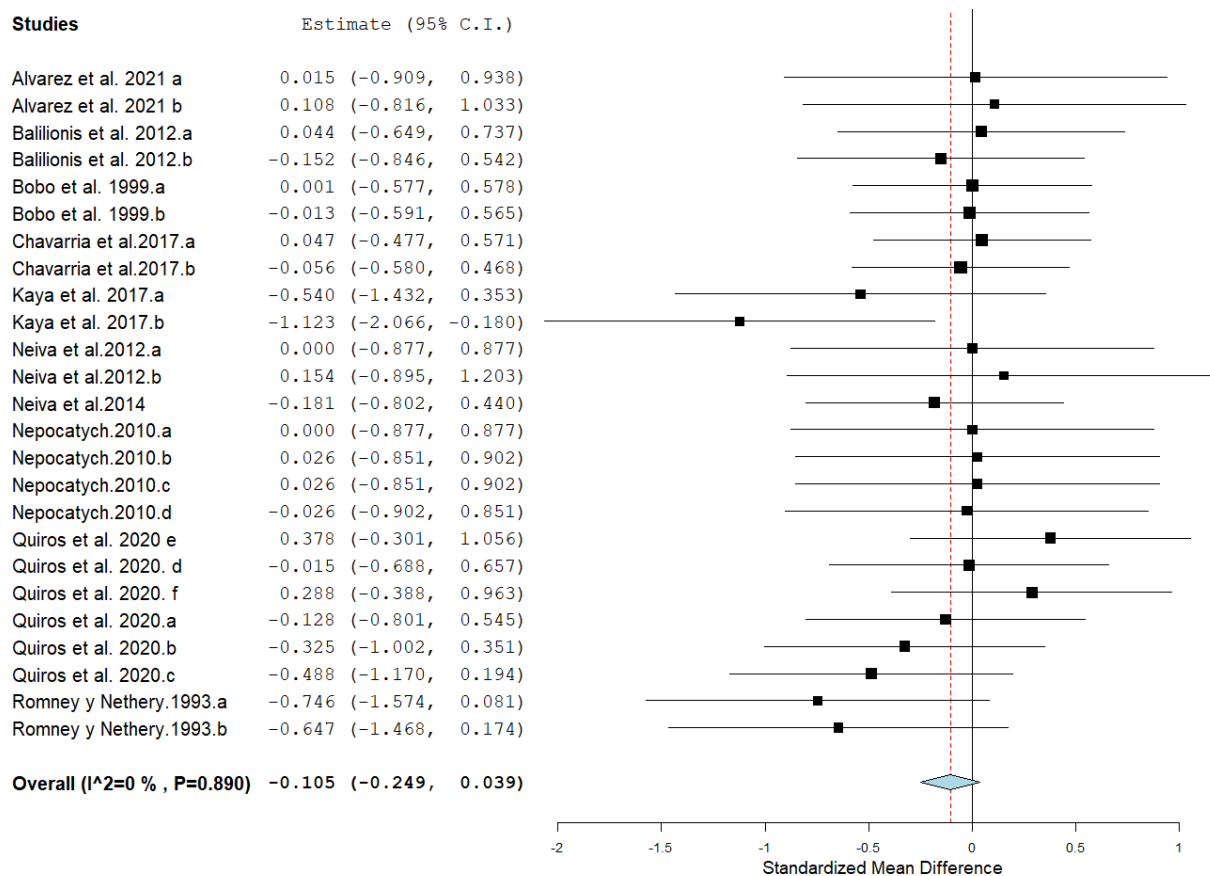


Figura 4. Forest Plot de los TE individuales.

Análisis de sensibilidad

En la Figura 5 se muestran los resultados del análisis de sensibilidad, en donde se aprecia que no hay cambios en el *TEg* al eliminar un *TE* individual a la vez, es decir el *TEg* es robusto.

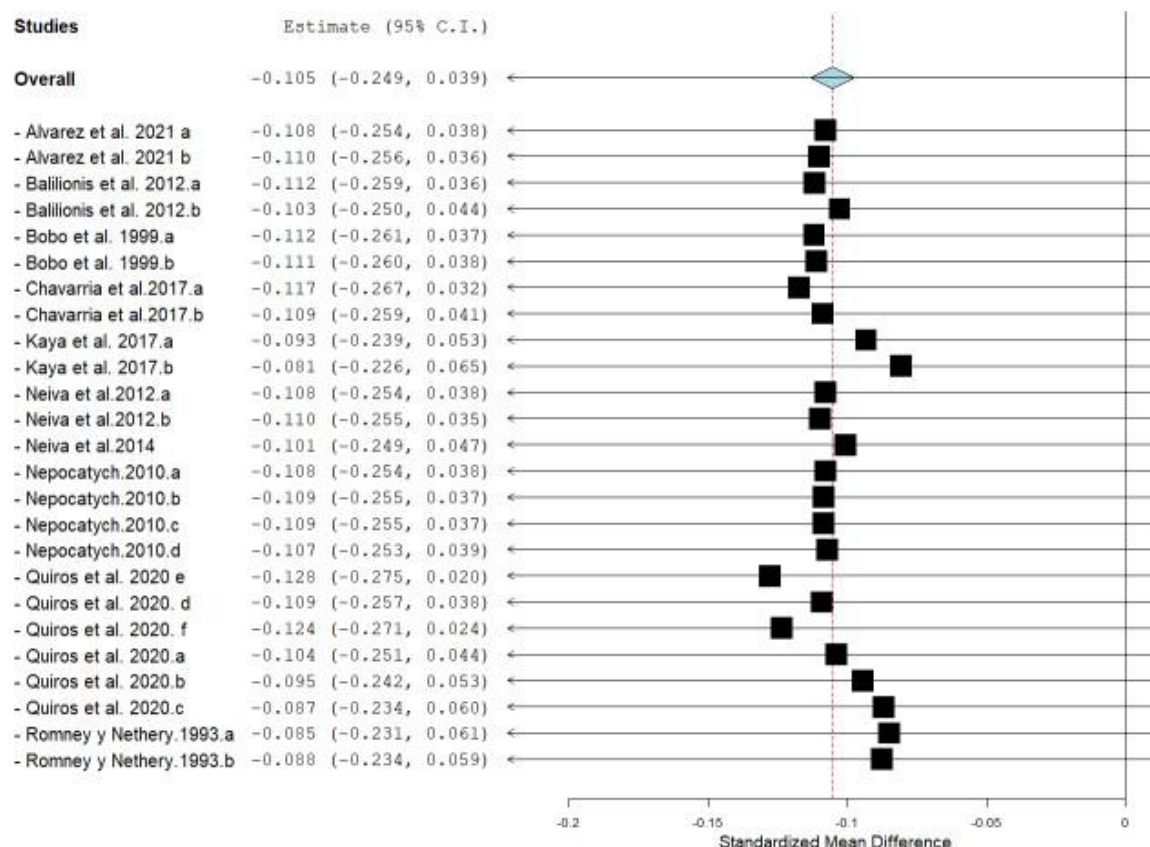


Figura 5. Análisis de sensibilidad.

Análisis de variables moderadoras

Los resultados de las seis variables moderadoras que se lograron analizar porque la información estaba presente en los estudios metaanalizados, se presentan en la Tabla 2 (meta regresiones para las variables continuas y análisis por subgrupos para las variables categóricas). Como se mencionó previamente, algunas de las variables que se muestran de forma descriptiva en la Tabla 1, no fueron incluidas dentro de este análisis, debido a que, los estudios no reportaron la información (por ejemplo, la temperatura corporal), o no se detectaron estudios que investigaran otras técnicas o pruebas de nado (por ejemplo, dorso, pecho, mariposa) o porque la forma de prescribir la intensidad del calentamiento era diferente y, en algunos casos hasta libre de elección del nadador, lo que limitó alguna clasificación de la intensidad y por tanto el análisis de esta variable.

Tabla 2. Variables moderadoras analizadas.

Variable	TE	IC	β	<i>p</i>	<i>n</i>
Sexo				0.25	23
Intercepto			0.15	0.77	
Hombres	-0.54	-1.17 a 0.10	-0.68	0.26	
Mixto (H y M)	-0.09	-0.25 a 0.08	-0.24	0.66	
Lugar				0.46	23
Intercepto			-0.41	0.11	
Dentro de la piscina	-0.09	-0.25 a 0.07	0.32	0.23	
Mixto (dentro-fuera)	0.00	-0.62 a 0.62	0.41	0.31	
Edad			0.005	0.64	25
Intercepto			-0.20	-0.35	
Volumen			-0.000	0.70	19
Intercepto			0.06	0.78	
Recuperación			0.01	0.54	21
Intercepto			-0.17	0.15	
Distancia de la prueba			0.001	0.31	25
Intercepto			-0.19	0.09	

Notas: ref= valor de referencia del modelo.

De forma concreta y, como puede observarse en la Tabla 2, para cada variable moderadora se obtuvo lo siguiente:

Género: No se encontró diferencias significativas en el *TE* al comparar los grupos de hombres con los grupos mixtos (hombres y mujeres). Solamente un estudio fue realizado con mujeres.

Lugar: La mayoría de los estudios se realizaron con calentamientos dentro de la piscina (9), pocos estudios combinaron calentamientos dentro-fuera del agua (4) y solamente tres evaluaron el calentamiento fuera del agua. No se encontró diferencias significativas en el *TE* al comparar los lugares en que se ejecutó el calentamiento.

Edad: La edad de los participantes estuvo entre los 11 y 35 años. El efecto del calentamiento activo en el rendimiento en natación no está relacionado con la edad.

Volumen: El promedio de volumen (metros) reportado en los estudios es de 640m, solamente tres estudios reportaron distancias menores a esta, lo que limitó el análisis de esta variable. No se encontró relación entre el volumen del calentamiento activo y el *TE*.

Recuperación: Una gran cantidad de estudios, reportaron una recuperación post-calentamiento (período antes de realizar la prueba) entre 3 y 10 min. No se encontró relación entre la duración de la recuperación y el *TE*.

Distancia de la prueba: La mayoría de los estudios se realizaron con pruebas cortas no mayores a 100m. Un único estudio realizó una prueba con una distancia mayor. No se encontró relación entre la distancia de la prueba realizada y el *TE*.

Discusión

El objetivo principal de la presente revisión sistemática y metaanálisis fue determinar el efecto del calentamiento activo sobre el rendimiento contrarreloj en nadadores e identificar las variables que pueden moderar tal efecto. Los resultados arrojaron un *TE* global negativo, de baja magnitud y no significativo²¹, demostrándose que no hay diferencia en el rendimiento deportivo, si se calienta o no, previo a la ejecución de la prueba. Este hallazgo, difiere del resultado mostrado en una revisión sistemática reciente³¹, en la que indicaron que, la mitad de los estudios incluidos en la revisión, mostraron *TE* pequeños que mostraron mejora en el rendimiento deportivo de los nadadores. Ahora bien, en la revisión mencionada, no se logró detectar el reporte de un *TE* global con su respectiva interpretación, que permitiera determinar si efectivamente, existe una diferencia significativa entre una condición de calentamiento con respecto a una condición de no calentar. Sumado a esto, en la revisión de literatura mencionada, se incluyó la comparación de diferentes condiciones de calentamiento, aún cuando no existiera una condición control en la que no se aplicara una rutina de entrada en calor, lo que, de cierta forma, limita la comparación entre los resultados de ambos estudios.

Por otra parte, el resultado del presente metaanálisis es congruente, con lo indicado en una revisión de literatura previa⁹, en la que no se brinda información concluyente que relacione el calentamiento con una mejora en el rendimiento deportivo de nadadores. Así mismo, el resultado del presente metaanálisis concuerda con estudios individuales, en los que también han concluido que no existe diferencia en el rendimiento deportivo de los nadadores, cuando realizan un calentamiento en comparación a cuando no lo hacen^{7,12,13,13,14,26}.

Algunos autores⁹, indican que una posible explicación, al hecho de no encontrar efecto significativo del calentamiento en la mejora del rendimiento deportivo de nadadores, puede ser que exista mucha variedad en los protocolos de calentamiento aplicados, además de la poca información existente, lo que limita la comparación de las conclusiones entre estudios. Otra posible explicación, puede estar relacionada con los mecanismos asociados a los efectos positivos del calentamiento (incremento de la temperatura corporal, mejora del flujo sanguíneo a los músculos activos y, por ende, incremento del consumo de oxígeno, aumento de la frecuencia cardíaca y respiratoria, y también de la flexibilidad de los músculos involucrados)^{3,4,7,31,32}, o a los aspectos negativos (aumento de la fatiga y aumento de la concentración de lactato en sangre)³¹. Concretamente, y como se ha mencionado en literatura previa, puede ser que el calentamiento activo utilizado en los estudios no tuvo el tiempo, ni la intensidad suficientes para aumentar la temperatura muscular y central, lo que no significó un estímulo adecuado para provocar los cambios fisiológicos en los participantes que contribuyera con la mejora del rendimiento^{7,8,33}, o por el contrario, porque la rutina de calentamiento fue realizada a una intensidad lo suficientemente alta como para provocar fatiga en los nadadores, y/o no se dio el tiempo suficiente de recuperación antes de la prueba, perjudicando el tiempo requerido para completar la prueba^{8,12}. Sin embargo, no en todos los estudios meta analizados se reportaron variables como temperatura corporal, fatiga, esfuerzo percibido, por lo que, al igual que en otra investigación¹⁴, se recomienda controlar estas variables en futuras investigaciones, ya que, al parecer, son de interés para comprender el tema en cuestión.

En cuanto a las variables moderadores analizadas, algunos autores⁶ señalan que el sexo al parecer es una variable que puede influenciar el efecto del calentamiento sobre el rendimiento en natación, sin embargo, eso no es respaldado por la presente investigación. Esto podría deberse a que la gran mayoría de los estudios analizados fueron realizados con hombres o con muestras mixtas y no separaron los efectos por sexo. Ante esto, existe la necesidad de realizar estudios solo con mujeres o solo con hombres por separado, con el fin de analizar si el cambio en el rendimiento se puede asociar con el sexo.

Con respecto al lugar donde los nadadores realizan el calentamiento (dentro, fuera de la piscina o ambos), existe mucha variedad entre los protocolos generales y específicos³. Los resultados demostrados, concuerdan con los reportados por algunos autores³³ quienes, al comparar un calentamiento realizado en la piscina con uno de ejercicios realizados en tierra, no encontraron diferencias en el rendimiento deportivo en una prueba de 50m crol y 50m pecho. De forma semejante, en un estudio realizado en una prueba corta³⁴, no encontraron diferencias significativas al investigar el efecto de tres tipos de calentamiento (regular en piscina, corto en piscina, ejercicios de pliometría y natación,) en una prueba de 45.7m crol ($23.79 \text{ s} \pm 2.32$; $23.74 \text{ s} \pm 2.12$; $23.63 \text{ s} \pm 2.21$, respectivamente).

Con relación a la variable edad, no se encontró relación entre ésta y el rendimiento. La mayoría de los estudios se realizaron en población joven, solamente un estudio²⁷ tuvo participantes de la categoría máster. No se encontró literatura previa que compare efectos del calentamiento activo en natación, en diferentes grupos de edades.

Por otra parte, se encontró, que el volumen (metros) del calentamiento, no tiene relación con el rendimiento en una prueba. La poca literatura existente, señala que una posible comprensión de la implementación de los diferentes volúmenes del calentamiento en natación sigue siendo vaga y poco clara³⁵. Algunas investigaciones^{27,34} son congruentes con los resultados del presente estudio, al no encontrar diferencias significativas, al comparar un bajo volumen con un volumen regular de calentamiento (1000-1200m). Por otro lado, algunos autores³⁵ señalan que el uso de un alto volumen (1800m) puede ser perjudicial para el rendimiento, incluso en comparación con un estímulo de volumen muy corto. Sin embargo, se recomienda mayor cantidad de investigación al respecto que permita mayor comprensión de esta variable.

También se encontró que el intervalo de recuperación posterior al calentamiento no tenía relación con el rendimiento. De esta misma manera, en un estudio¹⁴ no se encontraron diferencias cuando compararon 3 diferentes intervalos de recuperación previo a una prueba de 50m y una de 200 m crol, después de ejecutado un calentamiento activo. Esto es opuesto a lo señalado por otros autores³⁶ quienes indican que la recuperación posterior al calentamiento parece ser crítica para el rendimiento. En ese sentido, algunos estudios reportaron mejoras en pruebas de 200m cuando descansaron 10 o 20 minutos en comparación con 45 minutos^{37,38}. La mayoría de los estudios incluidos en esta investigación, reportan intervalos de recuperación entre 3 y 10 minutos, lo cual, en condiciones reales de competencia, es casi imposible ese intervalo tan corto entre finalizado el calentamiento y el inicio del evento⁹. Una vez completado el calentamiento de la piscina, los nadadores deben de cambiarse para usar su traje de baño de competencia, recibir cualquier comunicación final de su entrenador y presentarse en el “cuarto de oficialía” entre 15-20 minutos antes de la prueba, por lo que es común tener fases de transición de 30-45 minutos^{37,38}. Por último, cabe destacar que las diversas distancias y técnicas de la natación competitiva, podrían exigir períodos de recuperación diferentes⁹. Por lo que también, y dada la poca investigación al respecto, se recomiendan estudios en los que se profundice el análisis de esta variable, tomando en cuenta, además, la realidad de los nadadores en las competencias.

Referente al análisis de la última variable moderadora (distancia), los estudios incluidos examinan en su mayoría eventos en distancias entre 45.7m y 100m. Los investigadores se han centrado principalmente en eventos cortos, pero la literatura sugiere que los efectos positivos del calentamiento podrían ser más consistentes para distancias mayores a 200m⁹. Por tanto y en concordancia con otros autores^{6,7,14}, se recomienda profundizar el efecto del calentamiento en diferentes distancias, así mismo en diferentes técnicas de nado.

Ahora bien, sin subestimar los datos obtenidos a partir de la técnica meta analítica y, tomando en cuenta que la obtención de una medalla se puede definir por fracciones de segundo, se recomienda mantener el análisis de la respuesta individual de los atletas, ya que se ha mencionado que no todos los

nadadores responden de la misma manera¹⁴. Por tanto, se apoya la necesidad planteada por distintos autores^{7,9,14} quienes expresan la necesidad de que los entrenadores realicen evaluaciones periódicas con el fin de determinar la mejor rutina de calentamiento o la ausencia de este, para optimizar el rendimiento de sus atletas.

Se considera importante manifestar que, una fortaleza del presente estudio para el área de la natación fue analizar y comparar el calentamiento contra una condición experimental de no calentar, análisis que no es frecuente y que evidencia la necesidad de hacerse la pregunta de si realmente el calentamiento mejora el rendimiento, antes de probar cuál protocolo de calentamiento es mejor^{3,14}. Ahora bien, se reconoce como limitación la poca cantidad de estudios meta analizados, sin embargo, se considera importante recalcar que esto se debió a que, en la mayoría de las investigaciones, no se incluye la condición control “sin calentamiento”, lo que evidencia la necesidad de mejorar los diseños aplicados en el área de investigación del rendimiento deportivo en natación.

Conclusiones

En conclusión, este estudio señala con base en la literatura analizada, que el rendimiento deportivo contrarreloj de nadadores entre los 11 y 35 años no mejora al realizar un protocolo de calentamiento activo, cuando este se compara contra una condición control de no calentar. Estos resultados deben ser interpretados con cautela debido a la cantidad de estudios metaanalizados y se recomienda a los entrenadores tomar en cuenta las características individuales de los nadadores para diseñar los protocolos de calentamiento más pertinentes o la ausencia de este.

Referencias

1. Ayala F, Sainz de Baranda P, De Ste Croix M. Stretching in warm-up: design of routines and their impact on athletic performance. *Rev Int Med Cienc Act Fis DEPORTE*. 2012;12(46):349-368.
2. Woods K, Bishop P, Jones E. Warm-up and stretching in the prevention of muscular injury. *Sports Med*. 2007;37(12):1089-1099. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737120-00006>
3. McGowan CJ, Pyne DB, Thompson KG, Rattray B. Warm-up strategies for sport and exercise: mechanisms and applications. *Sports Med*. 2015;45(11):1523-1546. <https://doi.org/10.1007/s40279-015-0376-x>
4. Bishop D. Warm up I. *Sports Med*. 2003;33(6):439-454.
5. Smith CA. The warm-up procedure: to stretch or not to stretch. A brief review. *J Orthop Sports Phys Ther*. 1994;19(1):12-17. <https://doi.org/10.2519/jospt.1994.19.1.12>
6. Dalamitros A, Vagios A, Toubekis A, Tsalis G, Clemente-Suárez VJ, Manou V. The effect of two additional dry-land active warm-up protocols on the 50-m front-crawl swimming performance. *Httpsdoi Org105114hm 201876082*. Published online 2018. <https://doi.org/10.5114/hm.2018.76082>
7. Balilionis G, Nepocatysh S, Ellis CM, Richardson MT, Neggers YH, Bishop PA. Effects of different types of warm-up on swimming performance, reaction time, and dive distance. *J Strength Cond Res*. 2012;26(12):3297-3303. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e318248ad40>
8. Bishop D. Warm up II. *Sports Med*. 2003;33(7):483-498.
9. Neiva HP, Marques MC, Barbosa TM, Izquierdo M, Marinho DA. Warm-up and performance in competitive swimming. *Sports Med*. 2014;44(3):319-330. <https://doi.org/10.1007/s40279-013-0117-y>
10. Silva LM, Neiva HP, Marques MC, Izquierdo M, Marinho DA. Effects of warm-up, post-warm-up, and re-warm-up strategies on explosive efforts in team sports: A systematic review. *Sports Med*. 2018;48(10):2285-2299. <https://doi.org/10.1007/s40279-018-0958-5>

11. Ribeiro B, Pereira A, Neves PP, et al. The role of specific warm-up during bench press and squat exercises: A novel approach. *Int J Environ Res Public Health*. 2020;17(18):6882. <https://doi.org/10.3390/ijerph17186882>
12. Neiva HP, Marques MC, Bacelar L, Moínhos N, Morouço PG, Marinho DA. The effect of warm-up in short distance swimming performance. Published online 2012. https://doi.org/10.14195/2182-7087_3_4
13. Neiva HP, Morouço PG, Pereira FM, Marinho DA. O efeito do aquecimento no rendimento dos 50 m de nado/The effect of warm-up in 50 m swimming performance. *Motricidade*. 2012;8(S1):13.
14. Quirós-Vásquez A, Carpio-Rivera E, Salazar-Rojas W. Efecto del calentamiento activo y de diferentes intervalos de recuperación sobre el rendimiento en natación. *PENSAR EN Mov Rev Cienc Ejerc Salud*. 2020;18(1):1-15. <https://doi.org/10.15517/pensarmov.v18i1.40846>
15. Page MJ, McKenzie JE, Bossuyt PM, et al. Updating guidance for reporting systematic reviews: development of the PRISMA 2020 statement. *J Clin Epidemiol*. 2021;134:103-112. <https://doi.org/10.1016/j.jclinepi.2021.02.003>
16. Urrútia G, Bonfill X. Declaración PRISMA: una propuesta para mejorar la publicación de revisiones sistemáticas y metaanálisis. *Med Clínica*. 2010;135(11):507-511. <https://doi.org/10.1016/j.medcli.2010.01.015>
17. Jadad AR, Moore RA, Carroll D, et al. Assessing the quality of reports of randomized clinical trials: is blinding necessary? *Control Clin Trials*. 1996;17(1):1-12. [https://doi.org/10.1016/0197-2456\(95\)00134-4](https://doi.org/10.1016/0197-2456(95)00134-4)
18. Smart NA, Waldron M, Ismail H, et al. Validation of a new tool for the assessment of study quality and reporting in exercise training studies: TESTEX. *JBIM Evid Implement*. 2015;13(1):9-18. <https://doi.org/10.1097/xeb.0000000000000020>
19. Borenstein M, Cooper H, Hedges L, Valentine J. Effect sizes for continuous data. *Handb Res Synth Meta-Anal*. 2009;2:221-235.
20. Thomas JR, Nelson JK. *Métodos de Investigación En Actividad Física*. Editorial Paidotribo; 2007.
21. Furuya-Kanamori L, Barendregt JJ, Doi SA. A new improved graphical and quantitative method for detecting bias in meta-analysis. *Int J Evid Based Healthc*. 2018;16(4):195-203. <https://doi.org/10.1097/xeb.0000000000000141>
22. Higgins JP. Commentary: Heterogeneity in meta-analysis should be expected and appropriately quantified. *Int J Epidemiol*. 2008;37(5):1158-1160. <https://doi.org/10.1093/ije/dyn204>
23. Kaya F, Erzeybek MS, Biçer B, Meral T. Effects of in-water and dryland warm-ups on 50-meter freestyle performance in child swimmer. In: *SHS Web of Conferences*. Vol 37. EDP Sciences; 2017:01047. <https://doi.org/10.1051/shsconf/20173701047>
24. Romney NC, Nethery VM. *The Effects of Swimming and Dryland Warm-Ups on 100-Yard Freestyle Performance in Collegiate Swimmers*. Master's Thesis. Central Washington University; 1993.
25. Bobo M. The effect of selected types of warm-up on swimming performance. *Int Sports J*. 1999;3(2):37-43.
26. Nepocatyč S, Bishop PA, Balilionis G, Richardson MT, Hubner PJ. Acute effect of upper-body vibration on performance in master swimmers. *J Strength Cond Res*. 2010;24(12):3396-3403. <https://doi.org/10.1519/jsc.0b013e3181e8a4fe>
27. Neiva HP, Marques MC, Fernandes RJ, Viana JL, Barbosa TM, Marinho DA. Does warm-up have a beneficial effect on 100-m freestyle? *Int J Sports Physiol Perform*. 2014;9(1):145-150. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2012-0345>

28. Chavarría Valverde JA, Valverde Murillo DJ. Efecto del calentamiento activo en el rendimiento deportivo y el esfuerzo percibido en un grupo de nadadores en las pruebas de 50 y 400 metros crol. Published online 2017. <https://doi.org/10.20868/upm.thesis.65780>
29. Álvarez-Fernández M del P, Chaverri-Rodríguez MA, Quirós-Vásquez A, Carazo-Vargas P. EFECTOS DEL CALENTAMIENTO EN EL RENDIMIENTO DE 100M CROL EN NADADORES UNIVERSITARIOS. *EmásF Rev Digit Educ Física*. 2021;12(70).
30. Cohen J. Quantitative methods in psychology: A power primer. In: *Psychological Bulletin*. Citeseer; 1992.
31. Czelusniak O, Favreau E, Ives SJ. Effects of Warm-Up on Sprint Swimming Performance, Rating of Perceived Exertion, and Blood Lactate Concentration: A Systematic Review. *J Funct Morphol Kinesiol*. 2021;6(4):85. <https://doi.org/10.3390/jfmk6040085>
32. Grant MA, Schempp P. Elements of success: Olympic swimming gold medalists' understanding of their competition-day routines. *Int J Sports Sci Coach*. 2014;9(2):287-306. <https://doi.org/10.1260/1747-9541.9.2.287>
33. Kafkas A, Eken Ö, Kurt C, Kafkas ME. The effects of different stretching and warm-up exercise protocols on 50-meter swimming performance in sub-elite women swimmers. *Isokinet Exerc Sci*. 2019;27(4):289-297. <https://doi.org/10.3233/ies-193141>
34. Al-Nawaiseh A, Albiero A, Bishop P. Impact of different warmup procedures on a 50-yard swimming sprint. *Int J Acad Res*. 2013;5(1). <https://doi.org/10.7813/2075-4124.2013/5-1/a.8>
35. Neiva HP, Marques MC, Barbosa TM, et al. The effects of different warm-up volumes on the 100-m swimming performance: a randomized crossover study. *J Strength Cond Res*. 2015;29(11):3026-3036. <https://doi.org/10.1519/jsc.0000000000001141>
36. Neiva HP, Marques MC, Barbosa TM, Izquierdo M, Viana JL, Marinho DA. Effects of 10 min vs. 20 min passive rest after warm-up on 100 m freestyle time-trial performance: A randomized crossover study. *J Sci Med Sport*. 2017;20(1):81-86. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2016.04.012>
37. West DJ, Dietzig BM, Bracken RM, et al. Influence of post-warm-up recovery time on swim performance in international swimmers. *J Sci Med Sport*. 2013;16(2):172-176. <https://doi.org/10.1016/j.jsams.2012.06.002>
38. Zochowski T, Johnson E, Sleivert GG. Effects of varying post-warm-up recovery time on 200-m time-trial swim performance. *Int J Sports Physiol Perform*. 2007;2(2):201-211. <https://doi.org/10.1123/ijsp.2.2.201>

Afiliaciones

¹Escuela de Educación Física y Deportes, Universidad de Costa Rica, Costa Rica.

Declaración de Autoría

Contribuciones de los autores: A.Q-V; K.C-C: Búsqueda de literatura, A.Q-V; K.C-C; E.C-R; J. J-D: análisis de datos, A.Q-V; K.C-C; E.C-R; J. J-D: diseño y redacción del manuscrito.

Conflicto de interés

Ninguno de los autores presenta conflicto de interés.



Derechos de autor © Los Autor(es). Este trabajo se publica bajo la Licencia Creative Commons Atribución-Compartir Igual 4.0 Internacional (CC BY-SA 4.0). <https://creativecommons.org/licenses/by-sa/4.0/>