

Article

Efectos de Ejercicios Core de 6 Semanas Sobre el Rendimiento de Natación de Nadadores de Nivel Nacional

Jakub Karpiński¹, Wojciech Rejdych¹, Dominika Brzozowska¹, Artur Gołaś¹, Wojciech Sadowski¹, Andrzej Szymon Swinarew², Alicja Stachura¹, Subir Gupta² y Arkadiusz Stanula¹

¹*Institute of Sport Science, The Jerzy Kukuczka Academy of Physical Education, Katowice, Poland*

²*Faculty of Medical Sciences, University of West Indies, Cave Hill, Wanstead, Barbados*

Disponibilidad de datos: Todos los datos relevantes están dentro del documento.

Financiamiento: Los autores no recibieron financiamiento específico para este trabajo.

Intereses en competencia: Los autores han declarado que no existen intereses en competencia.

RESUMEN

El objetivo de este estudio fue evaluar el impacto de un programa de entrenamiento especializado de 6 semanas destinado a fortalecer los músculos del core para mejorar la efectividad de elementos seleccionados de una carrera de natación en un grupo de nadadores polacos. Participaron en la investigación 16 nadadores varones de nivel nacional (21.6 ± 2.2 años). Los competidores fueron asignados aleatoriamente a 1 de 2 grupos antes del proceso de recolección de datos: un grupo experimental (GE, $n = 8$) y un grupo de control (GC, $n = 8$). Ambos grupos de nadadores se sometieron al mismo programa de entrenamiento en el ambiente acuático (volumen e intensidad), mientras que los nadadores del GE realizaron además un entrenamiento específico de los músculos centrales del core. La tarea de los nadadores consistió en un nado individual de crol frontal de 50 m, durante el cual se registraron los parámetros cinemáticos del salto de salida, giro y técnicas de nado mediante un sistema de cámara de video. En ambos grupos, se observó un aumento menor en la fase de vuelo al inicio (GE = 0.06 m, 1.8%; $p = 0.088$; GC = 0.08 m, 2.7%; $p = 0.013$). El tiempo para cubrir una distancia de 5 m después del giro y la velocidad promedio registrada en natación en esa distancia para el GE mejoraron estadísticamente significativamente en 0.1 seg (-28.6%; $p < 0.001$) y $3.56 \text{ m} \cdot \text{seg}^{-1}$ (23.2%; $p = 0.001$), respectivamente. En el GE, se observó una mejora estadísticamente significativa en el rendimiento de natación de estilo crol de 50 m de 0.3 seg (-1.2%, $p = 0.001$). Los resultados de la investigación muestran que la implementación del fortalecimiento aislado de los músculos estabilizadores parece ser una valiosa adición al entrenamiento estándar de los nadadores.

INTRODUCCIÓN

La fuerza y la potencia muscular son determinantes importantes del éxito en deportes relacionados con la natación. El entrenamiento apropiado de los músculos abdominales y el torso parece ser uno de los elementos clave que determinan la efectividad del proceso de entrenamiento [1]. El objetivo principal de la competición de natación es superar la distancia dada en el menor tiempo posible, lo que se consigue principalmente mediante la colocación adecuada del cuerpo en el agua y minimizando la resistencia [2-5]. Numerosas publicaciones muestran que los ejercicios que fortalecen los músculos del *core* son una parte integral de muchos programas de entrenamiento de natación [4,6,7]. El aumento del trabajo de los músculos estabilizadores puede constituir la base para generar más fuerza a través de las extremidades [8,9]. Según muchas fuentes, el concepto de músculos *core* se está expandiendo, incluyendo al recto del abdomen, el dorsal ancho, el glúteo mayor o el trapecio [6,10]. El control adecuado de la posición del cuerpo al nadar en una distancia, así como durante el salto inicial y el giro, aumenta la eficiencia y, por lo tanto, reduce la distancia recorrida [11].

El fortalecimiento apropiado de los músculos responsables del correcto posicionamiento del cuerpo es fundamental para la técnica de natación [12]. Esto implica el posicionamiento correcto de los segmentos corporales individuales, es decir, la cabeza, la cintura escapular, el torso, la cintura pélvica y las piernas. La eficiencia en la natación se puede lograr si estos músculos siguen una disposición casi lineal, minimizando así la resistencia aplicada por el agua al cuerpo [11,13,14]. Una base inestable en el que se encuentra el cuerpo del nadador requiere un trabajo muscular del *core* ejemplar, y la falta de apoyo estable implica un déficit de uno o varios músculos, lo que puede provocar pérdidas de tiempo importantes. Además de minimizar la resistencia, una posición corporal elevada y estable adecuada permite optimizar la potencia de sus extremidades superiores e inferiores [4,15,16].

Hay mucha evidencia en la literatura sobre la efectividad del entrenamiento en tierra firme para mejorar los resultados obtenidos en la natación [17,18]. En la investigación de Patil y cols. [4], de acuerdo con las expectativas de los autores, el entrenamiento especializado propuesto para el fortalecimiento de los músculos del *core* mejoró el rendimiento de esta área (prueba funcional de fuerza muscular del *core*) y condujo a una mejora significativa durante un nado de crol frontal de 50 m.

Además, el experimento de Gencer [19] tenía como objetivo revisar los efectos de un programa de entrenamiento *core* de 8 semanas para ver cómo cambiaban ciertos atributos físicos y motores, así como medir la diferencia en el rendimiento de las atletas femeninas en la natación de crol. Los resultados mostraron que el grupo experimental mejoró significativamente su desempeño en los 50 m contrarreloj de crol frontal. Los autores también notaron una mejora en el salto horizontal, el salto vertical y los *push-ups* después de un bloque de entrenamiento de 8 semanas prescrito. Similares conclusiones fueron hechas por Gönener y cols. [20], quienes afirmaron que entrenar con el uso de cintas Thera-Band (incluido su uso para involucrar los músculos del *core*) mejora el rendimiento de los nadadores. El entrenamiento de los músculos del *core* ha sido ampliamente investigado en los últimos años, y aunque parece que existe una convicción universal de que la fuerza correcta de los músculos estabilizadores mejora el nivel atlético de los competidores, algunos artículos muestran sólo un impacto marginal de este tipo de entrenamiento sobre el éxito deportivo final [7,10,19]. Muchos estudios no muestran una relación directa entre mejorar la fuerza muscular en tierra y mejorar los resultados obtenidos por los nadadores en el agua [21,22]. Los hallazgos inconsistentes de la investigación anterior nos animaron a adoptar un enfoque diferente y estudiar los efectos del entrenamiento en tierra firme (con énfasis en el fortalecimiento de los músculos del *core*) sobre parámetros cinemáticos seleccionados y el rendimiento en la natación de estilo crol de 50 m.

Planteamos la hipótesis de que el fortalecimiento de los músculos del *core* tendrá un impacto positivo en la efectividad de los elementos estudiados de la salida de nado, la técnica de giro y otros aspectos de una carrera de natación en una distancia de 50 m. También asumimos que, como resultado del experimento, este fortalecimiento mejorará el tiempo de finalización de un nado de crol de 50 m.

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo investigar el efecto del fortalecimiento de los músculos *core* como resultado del entrenamiento en tierra firme sobre un rendimiento de crol frontal de 50 m de nadadores masculinos de nivel nacional. Este estudio también examinará el efecto de fortalecer los músculos *core* en una serie de variables cinemáticas en natación de crol frontal.

MÉTODOS

Participantes

Dieciséis nadadores masculinos de nivel nacional que son miembros del Equipo Nacional de Natación de Polonia (adultos mayores y jóvenes) participaron en esta investigación. Los competidores tenían un mínimo de 10 años de experiencia en entrenamiento, y sus mejores resultados fueron al menos 800 puntos según la clasificación FINA. Los participantes en el experimento se encontraban en el mismo período de preparación para la competición, es decir, en el subperíodo de preparación específica. Los competidores fueron colocados aleatoriamente en un grupo experimental (GE) de 8 nadadores o en un grupo de control (GC) de 8 nadadores. Ambos grupos de nadadores realizaron el mismo programa de entrenamiento (10 sesiones de entrenamiento en el agua y 2 sesiones de entrenamiento en el gimnasio por semana), mientras que los nadadores del GE realizaron adicionalmente un entrenamiento especializado de los músculos *core* (SCMT), que se realizaba 3 veces por semana, durante 6 semanas. Para ambos grupos, el entrenamiento acuático se llevó a cabo de 6:00 a 8:00 a.m. y de 5:00 a 7:00 p.m., y el entrenamiento de la fuerza ocurrió en los días en que los nadadores no realizaban SCMT. Tanto el entrenamiento de la fuerza como el entrenamiento experimental tenían lugar después del entrenamiento en el agua. El entrenamiento realizado en el experimento no perturbó la preparación de los nadadores para iniciar las competencias. Todos los participantes se sometieron a exámenes médicos actualizados y se excluyó cualquier contraindicación para participar en los estudios. Ninguno de los nadadores estaba tomando drogas, medicamentos o suplementos dietéticos que se sepa que influyen en el rendimiento físico. Durante el experimento, los sujetos fueron evaluados con una dieta equilibrada y equitativa. El valor calorífico se seleccionó individualmente en función de la medición de la composición de la masa corporal y el volumen y la intensidad del programa de entrenamiento. Los nadadores también ofrecieron su consentimiento por escrito para participar en el experimento. Todos los nadadores que participaron en este estudio fueron informados sobre los procedimientos, objetivos y duración esperada del experimento. También se les informó que eran libres de retirarse de la investigación en cualquier etapa. El proyecto de investigación fue aprobado por el Comité de Investigación de Bioética de la Universidad de la Academia de Educación Física Jerzy Kukuczka en Katowice (No. 8/2018). Los datos antropométricos de los competidores se presentan en la Tabla 1. La altura corporal se evaluó mediante un estadiómetro (Seca 213, Seca GmbH & Co, Hamburgo, Alemania) con una precisión de 0.5 cm, mientras que la masa corporal y su composición se determinaron mediante el método de impedancia eléctrica utilizando el dispositivo InBody 220 (Biospace Co. Japón).

Tabla 1. Características físicas de las participantes (media \pm SD). <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227394.t001>

Variable	Experimental group (n = 8)	Control group (n = 8)	p-value
Age (year)	20.2 \pm 1.17	20.0 \pm 1.9	0.606
Body mass (kg)	74.9 \pm 10.67	75.4 \pm 6.27	0.926
Height (cm)	183.0 \pm 6.57	182.1 \pm 3.18	0.761
Fat mass (%)	6.52 \pm 3.22	8.09 \pm 2.23	0.140
Lean body mass (kg)	30.5 \pm 5.46	29.4 \pm 1.31	0.101
Fat mass of trunk (%)	5.75 \pm 3.01	7.96 \pm 2.30	0.124

Procedimientos

El programa de formación, que duró seis semanas, consistió en 18 unidades de entrenamiento selectivo en tierra firme. La duración de la unidad principal no superaba los 25 minutos. De acuerdo con el propósito de la investigación, el programa de entrenamiento desarrollado incluía ejercicios que involucran los músculos del *core*. En sentido general, nos referimos a ellos como músculos del torso o, menos recientemente, usamos el término "*core corporal*". Comparando con otras definiciones de este término, encontramos un denominador común, es decir, los músculos profundos que proporcionan estabilización de todo el cuerpo y la base para la estabilidad funcional de las áreas lumbar, sacra e ilíaca [6,10,12,14]. El SCMT consta de cuatro ejercicios: patada en aleteo (tijeras), abdominales en V de una sola pierna, extensión del tronco boca abajo con pelota fisio y giros rusos. La progresión consistía en cambiar la posición del cuerpo, agregar un elemento de movimiento, agregar un suelo inestable y aumentar la resistencia. Las mismas unidades de entrenamiento se realizaban tres veces por semana. Dependiendo del ejercicio, el nivel de dificultad progresaba en ciclos semanales o quincenales. Si un nadador no podía completar la tarea con cierta resistencia, regresaba a la carga del microciclo anterior hasta el final de la duración del ejercicio dado. Todos los ejercicios se realizaron en 4 series, con un tiempo de trabajo de 40 segundos y una pausa de 20 segundos entre las series. La duración del entrenamiento y el número de series se basaron en la experiencia de *coaching* de los autores, pero también están justificados por la literatura. Muchos autores [11,23] sugieren una dosificación temporal de ejercicios en el entrenamiento de los músculos del *core* y un cierto número de series. Sobre esta base, se estableció nuestro protocolo de investigación. Los detalles del programa de entrenamiento se presentan en la Tabla 2.

Tabla 2. Una breve descripción de los ejercicios del SCMT y su progresión durante un programa de entrenamiento de 6 semanas. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227394.t002>

Week of training	Flutter kicks (scissors)	Single leg V-ups	Prone physio ball trunk extension	Russian twists
1	Arms crossed on the chest	No extra load	Arms crossed on the chest	No extra load
2	Streamlined position	No extra load	Arms crossed on the chest	No extra load
3	Arms crossed on the chest + weights on the ankles	Dumbbells in hands	Holding medicine ball	Holding kettlebell
4	Streamlined position + weights on the ankles	Dumbbells in hands	Holding medicine ball	Holding kettlebell
5	Arms crossed on the chest + weights on the ankles (swimmer performs this progression on a wiggle cushion)	Dumbbells in hands + weights on the ankles	Medicine ball trunk extension throw	Holding kettlebell (swimmer performs this progression while sitting on a wiggle cushion)
6	Streamlined position + weights on the ankles (swimmer performs this progression on a wiggle cushion)	Dumbbells in hands + weights on the ankles	Medicine ball trunk extension throw	Holding kettlebell (swimmer performs this progression while sitting on a wiggle cushion)

Los tests consistieron de dos etapas: una anterior al experimento y otra realizada después del experimento. Durante la investigación se realizó el mismo procedimiento a la misma hora del día y con el mismo orden de deportistas. Las mediciones se realizaron en una piscina de 25 m (Academia de Educación Física Jerzy Kukuczka en Katowice) tres días antes y después de completar el entrenamiento de los músculos del *core*. Durante los tests, la temperatura del aire era de ~25°C, la temperatura del agua era de ~27°C, el pH del agua era de ~6.93 y la humedad relativa del aire era de ~60%. La tarea de los nadadores era nadar 50 m en técnica de crol desde el bloque de salida en condiciones de carrera. Para medir con precisión los tiempos alcanzados por los participantes, se utilizó el sistema electrónico OMEGA de medición de tiempo (OMEGA S.A., Suiza). La carrera de natación se grabó utilizando dos cámaras de vídeo digitales (JVC GC-PX100BE, Japón) con una velocidad de obturación rápida (1/1000 seg) que funciona a una frecuencia de muestreo de 50 Hz. Una de las cámaras se colocó a 1.5 m sobre el agua a una distancia de 2 m de la pared de salida perpendicular a la dirección de la carretera recorrida por el nadador para registrar el inicio de la inmersión y la entrada del nadador al agua. La segunda cámara se colocó a 1.5 m sobre el agua exactamente en el medio de la piscina a lo largo (12.5 m desde la pared de inicio) para capturar la distancia nadada. Ambas cámaras se montaron en trípodes colocados junto a la piscina a 0.5 m del borde de la piscina perpendicular al carril 2. Para registrar el deslizamiento después del giro, se colocó una tercera cámara (Sony FDR-X3000, Japón) bajo el agua a una distancia de 2 m desde la pared de giro a una profundidad de 1.0 m en la pared lateral del estanque de la piscina; la lente de esta cámara cubría tanto la pared de giro como una marca ubicada a 5 m de dicha pared. Estas cámaras se calibraron utilizando una serie de postes de longitudes conocidas colocadas en posiciones específicamente conocidas a lo largo del área que recorrieron los nadadores durante cada test. Se analizaron los siguientes parámetros del inicio de la inmersión: distancia de entrada (cm), tiempo en el aire con despegue (seg), tiempo de reacción (seg), tiempo en el aire (seg), velocidad de entrada (m•seg-1) y ángulo de inmersión (°). El tiempo se midió cuando un nadador alcanzaba una distancia de 5 m después del giro, y luego se calculaba la velocidad del nadador después del giro después de completar los primeros 5 m. Además, en base con los datos de velocidad de nado y la duración de tres ciclos completos de brazada, se determinó la frecuencia de brazada (SR) (ciclos•seg-1) y la longitud de brazada (SL) (m) (una descripción detallada de todos los parámetros medidos se proporciona en la Tabla 3). Todos los archivos de video fueron analizados por 2 investigadores diferentes con experiencia en la gestión de la digitalización a través del software Kinovea (v. 0.8.26, Kinovea, París, Francia), que permitió el análisis tiempo-movimiento de los elementos registrados. Para evaluar la confiabilidad del proceso de digitalización (interobservador), se cuantificaron 6 pruebas utilizando coeficientes de correlación de intraclass (ICC). Los CCI variaron de 0.979 (IC del 95%, 0.972 a 0.984) a 0.994 (IC del 95%, 0.983 a 0.997).

Tabla 3. Descripción detallada de los parámetros medidos utilizando el software Kinovea en el nado de 50 m en crol frontal. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227394.t003>

Entry distance (cm)	Distance from the starting wall to the head entry point. It is considered as the length of the flight and is measured parallel (horizontal) to the water surface.
Entry velocity ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	The horizontal velocity of the swimmer traveling through the air during the flight phase before entry into the water (based on the length of the flight phase and the time in the air).
Time in the air with take-off (s)	This is the sum of the “flight phase” and the “reaction time”.
Time in the air (s) (flight phase)	The time from when the swimmer leaves the block to when the swimmer’s head enters the water. It is also known as the flight phase.
Dive angle (degrees)	The angle at which the swimmer enters the water. It is the angle between the water surface and the central axis of the body at the time when the head touches the water surface.
Reaction time (s)	The time needed by the swimmer to leave the block following the starting signal. It is considered as the reaction time.
Time 5 m after the flip turn (s)	The time needed by the swimmer to reach the 5 m line after the turn. It covers the period between when the swimmer pushes off the wall and when the swimmer’s head crosses the 5 m line.
Average velocity after the flip turn ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	The horizontal velocity, which the swimmer reaches 5 m after pushing off the wall.
Swimming velocity ($\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$)	The horizontal velocity, which the swimmer obtains after swimming a distance of 5 m. It was measured between 12.5 and 17.5 m during the first and second 25 m.
Duration of 3 cycles (s)	The time needed by the swimmer to perform 3 strokes. It was measured for the first and second 25 m.
Stroke rate ($\text{cycles}\cdot\text{s}^{-1}$)	The time required to perform 3 stroke cycles was measured (in the middle section of the first and the second lap) and then used to calculate the stroke rate; $\text{SR} = 60 \times 3/\text{tSR}$ (SR: stroke rate, tSR: duration of 3 cycles).
Stroke length (m)	The distance covered in one stroke. It was calculated by dividing the swimmer’s distance by the stroke rate. The SL calculation was based on the data gathered in 9 m sectors of the 50 m distance during both laps (for the first lap, between 15 and 24 m, and for the second lap, between 40 and 49 m).
Total time to complete the 50 m (s)	The total time needed to cover the distance of 50 m from the starting signal until the wall is touched by hand of the swimmer at the end.

Análisis estadístico

Se utilizaron medias y desviaciones estándar para representar la distribución promedio y típica de los valores de todas las variables de rendimiento de los nadadores. La distribución gaussiana normal de los datos se verificó mediante la prueba de Shapiro-Wilk. El test de Levene para la igualdad de medias no mostró diferencias significativas en las varianzas de grupo. Se utilizó un análisis de varianza bidireccional con medidas repetidas y una prueba *post hoc* de Bonferroni para investigar los efectos principales y la interacción entre el factor de grupo (experimental vs control) y el factor tiempo (pre-entrenamiento vs post-entrenamiento), así como como la existencia de diferencias entre los grupos en los datos iniciales y finales de todas las variables.

Las magnitudes de las diferencias entre los resultados del pre-test y el post-test se expresaron como diferencias relativas en porcentajes y como diferencias de medias estandarizadas (tamaños del efecto de Cohen). Los criterios para interpretar la magnitud de los tamaños del efecto fueron los siguientes: <0.2, trivial; 0.2-0.6, pequeño; 0.6-1.2, moderado; 1.2-2.0, grande; y >2.0, muy grande. Además, se calculó el cambio absoluto y porcentual desde pre-test a post-test para todas las variables de cada grupo.

Se utilizaron ecuaciones de potencia estadística para determinar la población mínima de estudio en el nivel $p < 0.05$ con una potencia de 0.8 y revelaron una muestra de un mínimo de 6 sujetos en cada grupo. La significación estadística se estableció en $p < 0.05$. Todos los análisis estadísticos se realizaron utilizando el software Statistica 13.3 (TIBCO Software Inc.).

Resultados

La Tabla 4 muestra los resultados de todas las mediciones antes (pre-test) y después (post-test) del entrenamiento.

Tabla 4. Valores pre- y post-entrenamiento de las variables de rendimiento para los nadadores. En cada bloque de datos, la fila superior es para el GE y la fila inferior es para el GC.

<https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227394.t004>

Performance variable	Pretraining Mean ± SD	Post-training Mean ± SD	Change Δ (%) [±95% CI]	p	ES / rating	ANOVA (F, p)					
						Time effect		Group effect		Time × Group	
						F	p	F	p	F	p
Entry distance (m)	3.11 ± 0.09	3.16 ± 0.08	0.06 (1.8%) [-0.01; 0.13]	.088	0.66 / Moderate	13.39	.003	6.75	.021	0.39	.545
	2.96 ± 0.13	3.04 ± 0.12	0.08 (2.7%) [0.02; 0.14]	.013	0.65 / Moderate						
Entry velocity (m·s ⁻¹)	12.77 ± 1.65	13.34 ± 1.47	0.57 (4.3%) [0.11; 1.02]	.021	0.36 / Small	0.03	.860	0.41	.533	3.01	.105
	13.99 ± 2.87	13.53 ± 2.81	-0.46 (-3.4%) [-1.79; 0.87]	.438	0.16 / Trivial						
Time in the air with take-off (s)	1.05 ± 0.03	0.95 ± 0.05	-0.09 (-9.7%) [-0.13; -0.06]	< .001	2.14 / V. large	34.91	< .001	1.48	.243	10.24	.006
	1.05 ± 0.10	1.03 ± 0.08	-0.03 (-2.7%) [-0.06; 0.01]	.092	0.32 / Small						
Time in air (s)	0.25 ± 0.04	0.24 ± 0.03	-0.01 (-3.1%) [-0.02; 0.01]	.285	0.22 / Small	0.04	.846	0.76	.397	1.92	.188
	0.22 ± 0.05	0.23 ± 0.06	0.01 (4.4%) [-0.02; 0.04]	.388	0.19 / Trivial						
Dive angle (°)	40.13 ± 4.36	39.75 ± 4.23	-0.38 (-0.9%) [-3.53; 2.78]	.787	0.09 / Trivial	0.01	.929	1.76	.206	0.41	.535
	37.38 ± 3.25	37.88 ± 2.95	0.50 (1.3%) [-0.27; 1.27]	.170	0.16 / Trivial						
Reaction time (s)	0.80 ± 0.03	0.71 ± 0.03	-0.09 (-11.9%) [-0.12; -0.05]	.001	2.87 / V. large	33.73	< .001	11.53	.004	2.70	.123
	0.83 ± 0.05	0.79 ± 0.04	-0.05 (-6.1%) [-0.09; -0.01]	.025	1.02 / Moderate						
Time 5 m after the turn (s)	0.43 ± 0.06	0.34 ± 0.06	-0.10 (-28.6%) [-0.12; -0.07]	< .001	1.51 / Large	41.10	< .001	4.98	.043	1.83	.194
	0.50 ± 0.11	0.44 ± 0.08	-0.06 (-14.2%) [-0.11; -0.01]	.026	0.65 / Moderate						
Average velocity 5 m after the turn (m·s ⁻¹)	11.77 ± 1.68	15.34 ± 2.80	3.56 (23.2%) [2.16; 4.97]	.001	1.54 / Large	39.58	< .001	6.13	.027	9.55	.008
	10.37 ± 2.14	11.58 ± 2.11	1.22 (10.5%) [0.1; 2.33]	.037	0.57 / Small						
Stroke rate (cycles·s ⁻¹)	1.02 ± 0.08	1.03 ± 0.08	0.02 (1.5%) [-0.01; 0.04]	.242	0.19 / Trivial	1.80	.201	3.36	.088	0.63	.441
	0.97 ± 0.04	0.97 ± 0.05	0.00 (0.4%) [-0.01; 0.02]	.633	0.09 / Trivial						
Stroke length (m)	1.63 ± 0.15	1.58 ± 0.16	-0.05 (-3.5%) [-0.12; 0.01]	.091	0.36 / Small	3.50	.083	0.06	.805	3.24	.094
	1.59 ± 0.06	1.59 ± 0.08	0.00 (-0.1%) [-0.03; 0.02]	.924	Trivial						
Total time to cover 50 m (s)	25.24 ± 0.35	24.94 ± 0.49	-0.3 (-1.2%) [-0.43; -0.16]	.001	0.71 / Moderate	8.89	.010	15.13	.002	0.58	.458
	26.82 ± 1.09	26.64 ± 1.19	-0.18 (-0.7%) [-0.53; 0.18]	.274	0.16 / Trivial						

CI—confidence interval; ES—effect size: <0.2, trivial; 0.2–0.6, small; 0.6–1.2, moderate; 1.2–2.0, large; >2.0, very large; Δ (%)—Absolute and percentage of change from pre- to posttest; p—p-value.

Tanto en el GE como en el GC, después del final del entrenamiento de 6 semanas, pudimos observar un aumento en la distancia de entrada durante el despegue. En el GE, la mejora fue de 0.06 m (1.8%, p = 0.088, ES = Moderado), mientras que en el GC, la mejora fue de 0.08 m (2.7%, p = 0.013, ES = Moderado). Con el alargamiento de la fase de vuelo en el GE, se observó un aumento estadísticamente significativo en la velocidad de entrada a 0.57 m·seg⁻¹ (4.3%, p = 0.021, ES = pequeño), acompañado de una reducción estadísticamente significativa en el tiempo en el aire con despegue en 0.09 seg (−9.7%, p <0.001, ES = Muy grande). El ANOVA reveló una interacción significativa (grupo de entrenamiento × punto de tiempo de prueba) para el tiempo en el aire con el despegue (F(1,14) = 10.242, p = 0.006). Tanto en el GE como en el GC, una reducción estadísticamente significativa en el tiempo de reacción en la plataforma de inicio de 0.09 seg (−11.9%, p = 0.001, ES = Muy grande) y de 0.05 seg (−6.1%, p = 0.025, ES = Moderado), respectivamente, fue registrada.

Al final del experimento, el tiempo después de cubrir una distancia de 5 m después del giro y la velocidad promedio registrada al nadar esta distancia tanto en el GE como en el GC mejoraron. En el GE, los elementos antes mencionados de la carrera de natación mejoraron significativamente en 0.1 seg (−28.6%, p <0.001, ES = grande) y 3.56 m·seg⁻¹ (23.2%, p = 0.001, ES = grande), respectivamente, mientras que en el GC estos parámetros mejoraron en 0.06 seg (−14.2%, p = 0.026, ES = moderado) y 1.22 m·seg⁻¹ (10.5%, p = 0.037, ES = pequeño), respectivamente. El ANOVA reveló una interacción significativa para la velocidad promedio 5 m después del giro (F(1,14) = 9.547, p = 0.008).

El resultado de todos los cambios observados fue el valor del último de los parámetros probados: el tiempo necesario para cubrir la distancia de 50 m mediante la natación de estilo crol. En el GE, se observó una mejora estadísticamente significativa en el rendimiento deportivo de 0.3 seg (−1.2%, p = 0.001, ES = moderado), mientras que los nadadores en el GC tuvieron una mejora estadísticamente insignificante en el rendimiento deportivo de 0.18 seg (−0.7%, p = 0.274, ES = trivial).

Discusión

En este artículo, se planteó la hipótesis de que en un grupo seleccionado de nadadores de edad avanzada o adolescente, el fortalecimiento de los músculos del *core* tendría un impacto positivo en la efectividad de los elementos estudiados de una carrera de natación de 50 m, lo que puede conducir a una mejora en los resultados deportivos.

Tanto en el GE como en el GC, el parámetro de la distancia de entrada mejoró, lo que puede indicar un aspecto positivo del entrenamiento realizado por los competidores en un período determinado. Cabe señalar que el entrenamiento especializado de los músculos del *core* no modificó el valor de este parámetro, reduciendo aún más el tiempo de inicio del salto (mejora del parámetro de 0.09 seg, ES = muy grande), que es el resultado del tiempo de reacción y el tiempo de la fase de vuelo medido hasta que el nadador toca la superficie del agua con la cabeza. El valor de este parámetro entre los atletas del GE fue estadísticamente significativamente menor ($p < 0,001$), mientras que la mejora que siguió fue mayor que en el GC. En el GE, hubo un aumento estadísticamente significativo en la velocidad de entrada del nadador al agua (4.3%, ES = pequeño), en contraste con el GC, en el que se produjo una regresión de la velocidad analizada (-3.4%).

Como muestran los resultados de las investigaciones publicadas, el salto de salida en natación afecta directamente al nivel competitivo, dependiendo del tipo de competición, y especialmente de la distancia recorrida, ya que representa el 0.8% del tiempo necesario para completar 1500 m y el 26.1% del tiempo necesario para completar 50 m (crol de frente) [24,25]. De acuerdo con los supuestos de este experimento, uno de los parámetros analizados fue el salto de salida, que se puede dividir en tres etapas: en el bloque de salida, vuelo y fase submarina [25]. En este trabajo se analizaron los dos primeros, y cabe destacar que bajo la influencia del SCMT, los nadadores estudiados mejoraron sus tiempos de reacción. Sin embargo, esos estudios no midieron el tiempo de reacción de los nadadores (el tiempo que tardan los nadadores en abandonar el bloque de salida después de la señal de salida) [26,27], que es una habilidad neuromuscular que juega un papel muy importante, especialmente en la natación de corta distancia. El entrenamiento especializado de los músculos del *core* en este estudio mejoró significativamente ($p = 0.001$, ES = muy grande) el tiempo de reacción de los nadadores.

Estos resultados son consistentes con el trabajo de Rejman y cols. [26], en el que el tiempo en el bloque de salida se acortó debido a un entrenamiento pliométrico de seis semanas, y la velocidad de un nadador alcanzada durante la fase de vuelo aumentó ($0.71 \text{ m} \cdot \text{seg}^{-1}$), lo que puede estar relacionado con una mejora en la potencia de las extremidades inferiores [26]. Aunque no hubo un aumento estadísticamente significativo en la velocidad de entrada del nadador al agua, en el GE sí hubo una mejora en este parámetro, en contraste con el GC, en el que hubo una regresión estadísticamente insignificante de la velocidad analizada. Parece que bajo la influencia del entrenamiento de los músculos del *core*, la integración de los músculos de las extremidades inferiores y superiores y el torso mejoró, lo que se tradujo en una transferencia de energía más eficiente de las extremidades inferiores al cuerpo y más allá de los brazos y, por lo tanto, una posición (inicial) de torpedo más eficiente (más rápida) [8,15].

Numerosos estudios muestran la importancia de la fase de vuelo, cuya maximización, combinada con la entrada adecuada en el agua, permite al nadador alcanzar velocidades más altas durante la fase submarina [28, 29]. La distancia de la fase de vuelo es un parámetro muy importante de la efectividad de un nadador durante una carrera porque el cuerpo viaja mucho más rápido en el aire que en el agua [30]. En el estudio de Breed y Young [24], el entrenamiento de la fuerza en tierra firme no afectó la distancia de la fase de vuelo durante el salto inicial, lo que puede estar relacionado con su especificidad. En los estudios realizados por los autores, tanto en el GE como en el GC, hubo una mejora estadísticamente significativa en la duración del parámetro de la fase de vuelo, lo que puede indicar un aspecto positivo del entrenamiento realizado por los nadadores en el periodo de preparación de puesta en marcha. En particular, el entrenamiento especializado de los músculos del *core* no afectó el valor de este parámetro y acortó el tiempo de inicio, que es el resultado del tiempo de reacción y el tiempo de la fase de vuelo medidos hasta que el nadador toca la superficie del agua con la cabeza. La velocidad de planeo después del salto de salida depende en gran medida del tiempo de entrada al agua, la posición de los nadadores, la dirección y la profundidad de entrada [31,32]. En estudios basados en un análisis de correlación, se determinó que existe una fuerte relación entre la "velocidad horizontal de despegue y el tiempo en el bloque" y el tiempo obtenido por los competidores después de una distancia inicial de 15 metros [28,33]. El aumento de la velocidad horizontal de despegue debería hacer que el nadador entre al agua en un ángulo menor. En los estudios realizados, en el grupo GE se observó una mejora en la velocidad de la fase de vuelo y una disminución en el ángulo de entrada del nadador (estadísticamente insignificante), mientras que en el grupo GC ambos parámetros no mejoraron. Según otros estudios, se puede presumir que una posición incorrecta al entrar al agua, a pesar de la velocidad adecuada del salto de salida, no se traducirá en la velocidad que alcanzará el nadador durante la fase submarina [27].

En ambos grupos analizados se observó una disminución del tiempo de nado en los primeros 5 m después del giro, y la disminución de este valor fue estadísticamente significativa en el GE (una mejora del 28.6%, $p < 0.001$, ES = grande). Además, influyó significativamente en el siguiente parámetro analizado, es decir, la velocidad del nadador 5 m después del regreso de la pared de giro; este valor mejoró en un 23.2% ($p = 0.001$, ES = grande). Existen muy pocos estudios en la literatura que investiguen la efectividad de los giros en natación, especialmente los giros de caída, debido a la falta de tecnologías apropiadas y otros factores. El giro de nado es un elemento técnico complicado debido al entorno en el que se desarrolla, el movimiento multinivel y multieje y el número de segmentos corporales implicados [34]. Es innegable que un

giro realizado correctamente puede mejorar la duración total del nado [34]. Se sabe que una ligera mejora en los componentes del giro puede mejorar la efectividad de la natación en la distancia total. Uno de los elementos del giro es el planeo, que puede depender del empuje y de la posición adecuada del cuerpo del nadador [4,11]. Aparentemente, la disminución del tiempo necesario para cruzar los primeros metros después del giro puede afectar significativamente el tiempo final medido al final de la carrera. En el GE, se observó un aumento en el ritmo de brazada de 1.5% (ES = trivial), así como acortamiento de la longitud de brazada de natación, que, para los competidores que realizan entrenamiento de los músculos del *core*, disminuyó en 3.5% ($p = 0.091$, ES = pequeño). No hubo cambios significativos entre los competidores del GC. El aumento en la velocidad de la natación puede deberse a un aumento en la longitud de la brazada con una caída simultánea en la frecuencia de brazada, pero también se puede lograr sólo extendiendo la longitud de la brazada [35]. En el trabajo de Patil y cols. [4], no hubo cambios estadísticamente significativos en la frecuencia de brazada o longitud de brazada bajo la influencia del entrenamiento de los músculos del *core*. La falta de resultados similares de varios estudios puede explicarse por otro período preparatorio en el que se llevaron a cabo los experimentos. Además, muchos autores han determinado que el SR y la SL son factores de rendimiento en la natación, que se asocia principalmente con la fuerza y la potencia muscular [36]. La competencia por las distancias mencionadas investigadas por los autores para las necesidades de este estudio se caracteriza por una alta dinámica. El efecto deseado del entrenamiento muscular de estabilización dirigido aparentemente se observaría en distancias más largas, por ejemplo, 200 m, donde la posición correcta del cuerpo del nadador parece ser crucial y, por lo tanto, la longitud de la brazada puede ser más larga.

El resultado de todos los cambios observados fue el valor del último parámetro probado: el tiempo necesario para cubrir una distancia de 50 m. En el GE, se observó una mejora estadísticamente significativa en el rendimiento deportivo del 1,2% ($p = 0.001$, ES = moderado). Durante la prueba final, los nadadores en el GC también lograron un mejor resultado, pero esta mejora no fue estadísticamente significativa. Sobre la base de la literatura disponible, una explicación racional de este problema puede ser el aumento de la actividad de los músculos del *core*, que permite una transferencia de fuerza más eficaz entre las extremidades y mantiene el cuerpo en una posición aerodinámica [11,37]. Hay muchos artículos sobre el impacto del entrenamiento en tierra firme sobre el rendimiento en los deportes como la natación; sin embargo, los resultados de estos estudios no son consistentes. Por ejemplo, Tanaka y cols. [37] sugieren que el aumento de la fuerza logrado mediante el entrenamiento de fuerza en tierra no afecta la fuerza motriz del nadador en el agua y, por lo tanto, no mejora el rendimiento en la natación [37-39]. Se observó una gran mejora en el estudio de Weston y cols. [10]; sin embargo, puede ser causado por el período mucho más largo del programa de entrenamiento especializado, así como por el grupo de investigación más joven. Otro estudio encontró una mejora en la estabilización central que no se tradujo en eficiencia de natación [4]. Sin embargo, existen numerosos estudios que demuestran el impacto positivo del entrenamiento en tierra firme sobre los resultados de la natación, y la progresión registrada de los resultados oscila entre el 1.3% y el 4.4% [12,40]. Los resultados obtenidos por los autores de los estudios anteriores son similares a los resultados del trabajo de Weston y cols. [10], en el que, como resultado de doce semanas de entrenamiento con los músculos del *core*, se observó una mejora del 2% en la distancia de carrera. Patil y cols. [4] también notaron una progresión estadística de los resultados obtenidos en competición después de un entrenamiento de seis semanas destinado a fortalecer los músculos estabilizadores. En este estudio, la mejora en la eficiencia de los elementos de natación individuales se tradujo en mejores resultados de la competencia final, es decir, tiempos más cortos requeridos para cubrir una distancia de 50 m. En el presente estudio, es probable que el SCMT mejore una serie de variables de natación, que juntas dan como resultado un aumento general en el rendimiento de natación de crol frontal de 50 m en un 1.2%, mientras que los nadadores del GC mejoraron su rendimiento sólo en un 0.7%..

Conclusiones

El presente estudio involucró a un grupo de nadadores seleccionados que completaron un programa de entrenamiento especialmente diseñado para mejorar la fuerza y la resistencia de sus músculos del *core*. Los resultados de la investigación sugieren que la implementación de un entrenamiento aislado para fortalecer los músculos estabilizadores parece ser una valiosa adición a un entrenamiento de natación estándar. En base en el experimento realizado, se puede concluir que el entrenamiento descrito afecta la eficiencia de la natación en una distancia corta. Es especialmente visible que en este estudio, la mejora en la eficiencia de los elementos individuales de natación se tradujo en mejores resultados deportivos finales, es decir, tiempos más cortos requeridos para nadar una distancia de 50 m. Los autores observaron una progresión estadísticamente significativa de los resultados, que parece ser fundamental para la distancia de carrera. En la competición deportiva directa, incluso una pequeña mejora en el tiempo puede garantizar el éxito final. La novedad de este trabajo es un análisis detallado de muchos parámetros relacionados con las técnicas de la natación, incluido el salto inicial y el giro. Sin embargo, la similitud entre los resultados de este experimento y los de otros experimentos indica la necesidad de continuar la investigación en el campo del entrenamiento en tierra firme para nadadores, especialmente la necesidad de fortalecer los músculos del *core*. Los experimentos futuros también deben enriquecerse con pruebas EMG que muestren una tensión adecuada y consciente de los músculos estabilizadores.

REFERENCIAS

1. Efectos de Ejercicios Core de 6 Semanas Sobre el Rendimiento de Natación de Nadadores de Nivel Nacional. (2020). Para ver las referencias bibliográficas remitirse al artículo original. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227394>

Cita Original

Karpiński J, Rejdych W, Brzozowska D, Gołaś A, Sadowski W, Swinarew AS, et al. (2020) The effects of a 6-week core exercises on swimming performance of national level swimmers. PLoS ONE 15(8): e0227394. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0227394>