



Junta de Andalucía
Consejería de Educación y Deporte

Revista Andaluza de Medicina del Deporte

<https://ws072.juntadeandalucia.es/ojs>



Original

Protocolización de la post-activación potenciación estimulada en natación y su relación con la fuerza relativa



F. Cuenca-Fernández, A. Gay, J. J. Ruiz-Navarro, E. Morales-Ortiz, G. López-Contreras, R. Arellano

Aquatics Lab. Departamento de Educación Física y Deportiva. Facultad de Ciencias del Deporte. Universidad de Granada. España.

INFORMACIÓN DEL ARTÍCULO: Recibido el 17 de enero de 2019, aceptado el 3 de febrero de 2020, online el 4 de febrero de 2020

RESUMEN

Objetivo: Este estudio experimentó un protocolo de post-activación potenciación estimulada en 16 nadadores de competición.

Método: En primer lugar, se aplicaron ejercicios de acondicionamiento para extremidades superiores e inferiores y se exploraron los efectos producidos tras 5, 8, 12 y 20 minutos de descanso en un test que implicaba tres saltos verticales y tres flexiones explosivas. En una sesión posterior, se aplicaron ejercicios de acondicionamiento específico en ambas extremidades proporcionando el mismo tiempo de descanso que había inducido los mejores resultados en la evaluación exploratoria (8 min), y sus efectos se evaluaron en una prueba de natación sprint (50 m). Finalmente, también se obtuvo el índice de fuerza relativa de los participantes y se estudió su relación con el rendimiento.

Resultados: Las variables relacionadas con la salida de natación mejoraron. La velocidad en el despegue fue mayor debido al incremento de las fuerzas desarrolladas en el poyete. El tiempo de nado en la prueba de 50-m se mantuvo igual a la situación estándar aunque la velocidad fue mayor en los primeros metros.

Conclusiones: Los sujetos con mayor índice de fuerza obtuvieron mejores resultados y reaccionaron mejor a la post-activación potenciación estimulada posiblemente porque sus efectos son más efectivos en las fibras tipo II y estas, son más comunes en sujetos entrenados.

Palabras Clave: Natación sprint; Calentamiento; Potencia; Entrenamiento en seco; Fuerza.

Protocolization of post-activation performance enhancements in swimming and its relationship with the relative strength

ABSTRACT

Objective: This study tried a post-activation performance enhancements protocol in 16 competitive swimmers.

Method: First, maximal conditioning exercises for upper and lower limbs were applied and tested after 5, 8, 12 and 20 minutes of rest through maximal voluntary contractions' test (3 reps of vertical jump and 3 reps of flying push-up). On a subsequent session, specific conditioning exercises were applied again in both limbs and its effects were assessed on a 50-m swimming race after providing the same rest time in what the best performance was detected (8 min). Finally, the relative strength index was obtained in all the participants to study the relationship with the swimming performance variables.

Results: All the variables related to swimming start performance improved. The velocity during flight was higher due to an increase of the forces produced against the block. The swimming time to 50-m was similar to obtained after the standard condition although swimming velocities were higher at the beginning of the race.

Conclusions: The subjects with higher relative strength index obtained better results and reacted better to post-activation performance enhancements, possibly because its effects are larger in type II fibers and they are more frequent in trained subjects.

Key words: Sprint swimming; Warm-Up; Power; Dry-land training; Strength.

* Autor para correspondencia.

Correo electrónico: cuenca@ugr.es (F. Cuenca-Fernández).

<https://doi.org/10.33155/j.ramd.2020.02.003>

Consejería de Educación y Deporte de la Junta de Andalucía. Este es un artículo Open Access bajo la licencia CC BY-NC-ND

(<http://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/>)

Protocolização do um aprimoramento de desempenho pós-ativação na natação e sua relação com a força

RESUMO

Objetivo: Este estudo tentou um protocolo de aprimoramento de desempenho pós-ativação (PAPE) em 16 nadadores treinados.

Método: Primeiro, exercícios de condicionamento máximo para membros superiores e inferiores foram aplicados e testados após 5, 8, 12 e 20 minutos de descanso através do teste de contrações voluntárias máximas (3 repetições de salto vertical e 3 repetições de flexão voadora). Em uma sessão subsequente, exercícios específicos de condicionamento foram aplicados novamente em ambos os membros e seus efeitos foram avaliados em uma corrida de natação de 50 m após proporcionar o mesmo tempo de descanso em que o melhor desempenho foi detectado (8 min). Por fim, o índice de força relativa foi obtido em todos os participantes para estudar a relação com as variáveis de desempenho na natação.

Resultados: Todas as variáveis relacionadas à natação iniciaram o desempenho. A velocidade durante o voo foi maior devido ao aumento das forças produzidas contra o bloco. O tempo de natação para 50-m foi semelhante ao obtido após a condição padrão, embora as velocidades de natação fossem maiores no início da corrida.

Conclusões: Os indivíduos com maior índice de força relativa obtiveram melhores resultados e reagiram melhor ao aprimoramento de desempenho pós-ativação, possivelmente por seus efeitos serem maiores nas fibras do tipo II e serem mais frequentes em indivíduos treinados.

Palavras-Chave: Natação Sprint; Aquecimento; Potência; Treinamento Terra Seca; Força.

Introducción

La realización de contracciones musculares voluntarias con carga máxima, han sido identificadas como precursoras de un efecto de mejora en la capacidad contráctil del músculo, tanto en fuerza como en velocidad. A este efecto se le conoce como Post-activación potenciación estimulada (PAPE)^{1,2}. Los mecanismos que lo regulan son una combinación entre el efecto que la temperatura muscular produce en el acoplamiento y adhesión de los enlaces de actina-miosina que posibilitan la contracción muscular, junto con la activación neuronal que se ha detectado a lo largo de la espina dorsal tras cualquier tipo de contracción muscular intensa^{1,2}. En cualquier caso, si el estímulo que provoca la contracción muscular es lo suficientemente intenso, y siempre y cuando exista un periodo de descanso entre el ejercicio de acondicionamiento y la actividad competitiva³, el sistema muscular también podría beneficiarse de una fosforilación de los enlaces de actina-miosina, que el propio organismo genera como un efecto de respuesta para sobreponerse a esa fatiga ocasionada⁴.

Si atendemos al modelo propuesto por Sale⁵, tanto fatiga como potenciación son dos respuestas inherentes a la actividad contráctil, por tanto, el predominio de una sobre la otra puede tener una influencia crucial en el rendimiento. Aunque se conoce que el estado de fosforilación no puede durar activo más allá de los cinco minutos⁶, otros mecanismos como la vasodilatación que origina el incremento de la temperatura muscular y la disminución de la inhibición presináptica en las motoneuronas son sólo posibles tras varios minutos de descanso². Por tanto, encontrar el momento idóneo en el que realizar una actividad competitiva intensa con ausencia de fatiga, mientras que el sistema muscular permanece activado es fundamental para obtener el máximo rendimiento del deportista.

En el caso de las actividades natatorias, cualquier incremento en la velocidad conlleva un incremento proporcional en la fuerza y potencia de los movimientos realizados⁷. Teniendo en cuenta que ese movimiento es el resultado de una activación secuenciada de determinadas unidades motoras⁸, es una tarea importante identificar de qué manera se podrían activar las fibras musculares que garanticen el máximo desarrollo de potencia y velocidad en una actividad intensa como la prueba de natação de 50-m. Por tanto, los objetivos de este estudio fueron: i) experimentar un método de protocolización en la aplicación de la post-activación potenciación estimulada con el fin de proporcionar un calentamiento de activación individualizado en nadadores de competición; ii) Establecer una relación entre los índices de fuerza relativa de los nadadores y las variables de rendimiento en natação.

Método

Sujetos

En el estudio participaron 16 nadadores entrenados que presentaron consentimiento informado. Los menores de 18 años también proporcionaron permiso parental para participar en el estudio. Sus características físicas fueron: edad, 18.42 ± 1.39 ; peso, 73.65 ± 8.99 kg; y altura, 1.81 ± 0.02 m. Los criterios de inclusión fueron: i) ≥ 5 años de participación en competición nacional federada; ii) Ausencia de lesiones en los 6 meses previos a la realización del estudio.

Procedimientos

-Test de fuerza:

Previo al estudio, todos los sujetos participaron en un test incremental de repeticiones máximas (RM), el cual consistió en la realización de dos repeticiones con cargas que se iban incrementando cada dos minutos, de acuerdo a las guías propuestas por el American College of Sports Medicine⁹. Mediante este test se obtuvieron las cargas máximas para ejecutar los ejercicios de acondicionamiento con las extremidades superiores e inferiores en un pódico de musculación (Jim Sports Technology S.L., Lugo, Spain). Al pódico se conectó un dinamómetro isoinercial T-Force (Ergotech, Murcia, Spain), el cual permitió transmitir directamente a un ordenador una estimación de la RM desde la primera repetición ejecutada por los participantes. Este aspecto permitió incrementar las cargas más ampliamente al principio del test y de manera más precisa cercano al valor de RM. Los valores absolutos fueron (1 RM): Sentadilla: 90.7 ± 17.0 kg, Press de Banca: 71.3 ± 12.2 kg, Zancada de piernas: 93.35 ± 12.51 kg y Tirón de brazos: 38.82 ± 5.29 kg. El índice de fuerza relativa (Frel) fue calculado para la zancada de piernas y el tirón de brazos como el valor absoluto obtenido dividido entre la masa corporal (en kg) de cada participante.

-Exploración experimental:

En primer lugar, se aplicaron ejercicios de acondicionamiento para extremidades inferiores (4 sentadillas al 85% de 1 RM) y superiores (4 repeticiones de Press Banca al 85% de 1 RM), y se estudiaron los efectos producidos tras 5, 8, 12 y 20 minutos de descanso en un test que implicaba tres saltos verticales alternados con tres flexiones con salto (Figura 1A). Estos ejercicios fueron ejecutados en una plataforma de fuerza (PASCO®, PS-2141.



Figura 1. (A) Evaluación muscular básica mediante contracciones musculares voluntarias máximas (salto vertical y flexiones con salto); (B) Inducción de Post-activación potenciación estimulada para las extremidades inferiores; (C) Inducción de Post-activación potenciación estimulada para las extremidades superiores.

Roseville, CA 95747 USA), de la que se obtuvieron los valores de impulso mecánico. También se registraron señales de electromiografía (EMG) de acuerdo a las instrucciones propuestas por Kasman y Wolf¹⁰, de varios músculos implicados en la ejecución de tales gestos (recto femoral, vasto lateral, pectoral mayor y tríceps braquial).

-Protocolo experimental:

Los resultados exploratorios se extrapolaron a condiciones experimentales y se evaluaron en gestos específicos de la natación: Salida de Natación (i) y Nado en una prueba de 50-m (ii), proporcionando el mismo tiempo de descanso que había inducido los mejores resultados en la evaluación inicial. Para ello, se aplicó un protocolo de calentamiento estándar realizado en el agua (CA-E), al que se le añadieron dos ejercicios con carga máxima individualizada (CA-RM) basados en el estudio de Cuenca-Fernández et al.¹¹, que incluían: i) Zancadas en un pórtico de entrenamiento con la misma posición y colocación asimétrica de las piernas que los nadadores establecían en el poyete de salida (Figura 1B); ii) Ejercicios realizados en un pórtico de entrenamiento adaptado mediante unas poleas que permitían realizar movimientos de tracción de brazos similar a las brazadas de natación (Figura 1C).

Análisis estadístico

Se obtuvo estadística descriptiva y todos los datos fueron expresados como el Promedio ± SD al intervalo de confianza (95%) (SPSS Version 21.0, IBM, Chicago, IL, USA). Tras el test de normalidad de Saphiro-Wilk, se aplicó un análisis ANOVA de medidas repetidas de una vía para conocer el rendimiento a los 5, 8, 12 y 20 minutos realizado en el análisis exploratorio. Las comparaciones por pares se realizaron con el método de Bonferroni para controlar errores de tipo 1. Posteriormente, se utilizó la T de Student para determinar las diferencias entre las variables obtenidas en CA-E y CA-RM. Finalmente, las correlaciones entre Frel y las variables de rendimiento se estudiaron mediante la r de Pearson. La significación estadística se fijó en $p < 0.05$

Resultados

Los análisis de exploración revelaron diferencias ($p = 0.026$) después de aplicar los ejercicios de acondicionamiento en los valores de impulso ejecutados con las extremidades inferiores a los 8 minutos (Imp: 181.16 ± 9.28 N·s; $p = 0.05$), en comparación con los valores obtenidos en el pre-test (171.43 ± 9.12 N·s). En cuanto a las extremidades superiores, el rendimiento fue un 5% mejor al minuto 8 (50.01 ± 4.286 N·s), en comparación al minuto 5 (48.33 ± 4.182 N·s), o al pre-test (49.15 ± 4.08 N·s) (Figura 2).

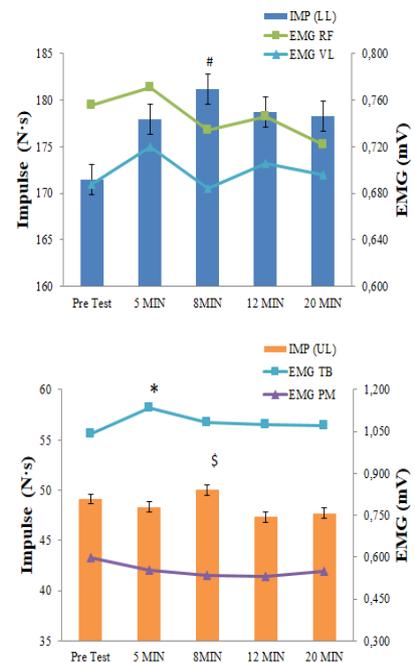


Figura 2. Valores de impulso y electromiografía obtenidos en los ejercicios de evaluación muscular (tres sentadillas y tres flexiones con salto) en extremidades inferiores y superiores. IMP: Valores de impulso; EMG: electromiografía; LL: extremidades inferiores; UL: extremidades superiores.

Tabla 1. Promedio y desviación estándar de los tiempos de nado (de 5 a 50 m), tiempos parciales (cada 5 m) y velocidades de nado (cada 5 m).

	CA-E			CA-RM		
	Tiempo (s)	Parcial (s)	Velocidad(m/s)	Tiempo (s)	Parcial (s)	Velocidad(m/s)
5m	1.57 ± 0.11		3.12 ± 0.28	1.52 ± 0.13		3.27 ± 0.29*
10m	4.35 ± 0.35	2.78 ± 0.26	1.79 ± 0.17	4.24 ± 0.39*	2.72 ± 0.28	1.84 ± 0.16*
15m	7.19 ± 0.46	2.84 ± 0.17	1.74 ± 0.11	7.08 ± 0.48	2.80 ± 0.16	1.79 ± 0.10
20m	10.04 ± 0.57	2.85 ± 0.12	1.75 ± 0.02	10.05 ± 0.53	2.97 ± 0.17*	1.72 ± 0.02
25m	13.32 ± 0.77	3.28 ± 0.24	1.53 ± 0.10	13.34 ± 0.77	3.29 ± 0.29	1.53 ± 0.13
30m	15.38 ± 0.93	2.06 ± 0.19	2.44 ± 0.21	15.36 ± 0.83	2.02 ± 0.10	2.47 ± 0.12
35m	18.44 ± 1.07	3.06 ± 0.19	1.63 ± 0.10	18.43 ± 0.93	3.06 ± 0.18	1.63 ± 0.09
40m	21.42 ± 1.17	2.98 ± 0.13	1.68 ± 0.07	21.47 ± 1.08	3.03 ± 0.20	1.65 ± 0.10
45m	24.48 ± 1.30	3.06 ± 0.13	1.63 ± 0.07	24.54 ± 1.17	3.07 ± 0.15	1.63 ± 0.08
50m	27.28 ± 1.42	2.80 ± 0.14	1.61 ± 0.08	27.31 ± 1.45	2.78 ± 0.32	1.58 ± 0.14

CA-E: Calentamiento Estándar; CA-RM: Calentamiento con cargas individualizadas basadas en un porcentaje del test de Repeticiones Máximas. * = Diferencias estadísticamente significativas.

No se detectaron cambios significativos en el análisis de EMG para los músculos Recto Femoral y Vasto Lateral. Sí que se encontraron diferencias para los valores de EMG registrados en el Tríceps Braquial a los cinco minutos de haber aplicado la carga ($F_{4,11} = 3.461$, $p = 0.046$; EMG: 1.13 ± 0.084 mV, $p = 0.046$), en comparación con el pre test (1.04 ± 0.106 Mv) (Figura 2).

La velocidad de despegue durante el vuelo y la distancia de entrada en el agua fueron mayores en CA-RM (4.15 ± 0.12 m/sec y 300.29 ± 8.654 cm), en comparación con CA-E (3.63 ± 0.11 m/sec y 294.2 ± 8.679 cm) ($p < 0.001$). Existieron diferencias en tiempo y velocidades de nado en 5 y 10 metros (Tabla 1). No se encontraron diferencias en ningún punto entre 15 y 50 metros. El análisis de los tiempos parciales sólo reveló diferencias a los 20 metros, las cuales revelaron tiempos de paso más lentos en CA-RM.

El análisis de correlación de Pearson reveló que los nadadores con mayor Frel en los miembros inferiores realizaron mejor la salida de natación (Tabla 2). En cuanto a las extremidades superiores, los resultados revelaron una correlación negativa entre Frel y el tiempo en 50 m y diversas correlaciones positivas con la velocidad de nado (Tabla 3).

Tabla 2. Coeficiente de correlación de Pearson entre Frel en los miembros inferiores y los variables de rendimiento en la salida de natación.

	CA-E		CA-RM	
	F _{rel} (N/Kg)	P	F _{rel} (N/Kg)	P
Distancia de entrada (cm)	0.872	<0.001*	0.840	<0.001*
Velocidad del vuelo (m/s)	0.308	0.049*	0.422	0.016*
Tiempo en 15m (s)	-0.813	<0.001*	-0.821	<0.001*

CA-E: Calentamiento Estándar; CA-RM: Calentamiento con cargas individualizadas basadas en un porcentaje del test de Repeticiones Máximas; Frel: Fuerza relativa; N: Valor de la fuerza en Newtons; Kg: Valor de la masa corporal en kilogramos; P: Nivel alfa del test estadístico. * = Diferencias estadísticamente significativas.

Tabla 3. Coeficiente de correlación de Pearson entre Frel en los miembros superiores y los tiempos y velocidades de nado.

	CA-E		CA-RM	
	F _{rel} (N/Kg)	P	F _{rel} (N/Kg)	P
T50m (s)	-0.634	0.011*	-0.667	0.006*
Vel _{15m} (m/s)	0.416	0.099	0.517	0.041*
Vel _{20m} (m/s)	0.549	0.024*	0.419	0.106
Vel _{35m} (m/s)	0.608	0.012*	0.652	0.007*
Vel _{45m} (m/s)	0.631	0.010*	0.552	0.031*

CA-E: Calentamiento Estándar; CA-RM: Calentamiento con cargas individualizadas basadas en un porcentaje del test de Repeticiones Máximas; Frel: Fuerza relativa; N: Valor de la fuerza en Newtons; Kg: Valor de la masa corporal en kilogramos; P: Nivel alfa del test estadístico; T50m: Tiempo total de la prueba de natación de 50 metros; Vel: Velocidad de nado en cada uno de los parciales (15, 20, 35 y 45 metros). * = Diferencias estadísticamente significativas.

Discusión

Uno de los objetivos de este estudio fue evaluar si el rendimiento muscular podía ser elevado tras haber realizado unos ejercicios de acondicionamiento basados en PAPE. Los resultados mostraron que el rendimiento puede ser mejorado durante un periodo no mayor a 8 minutos y que desde los 5 minutos pueden encontrarse beneficios. La mejora del rendimiento obtenida al

minuto 8 no vino acompañada del mayor valor de EMG (Figura 2), por lo que los efectos del PAPE podrían no estar regulados por un aumento de la activación muscular o del incremento en el reclutamiento de fibras musculares². En cualquier caso, el valor de EMG puede variar entre cada sujeto o por la configuración del amplificador¹⁰, por lo que futuros estudios deberían arrojar más luz en este asunto.

Por otra parte, teniendo en cuenta que ya se habían realizado repeticiones máximas en el test llevado a cabo en el minuto 5, la mejora del rendimiento obtenida en el minuto 8 indicaría que los efectos del PAPE podrían amplificarse realizando repeticiones a máxima velocidad con los que se produciría un mayor requerimiento e implicación de las fibras musculares de tipo II¹². Esto reduciría los efectos adversos del fenómeno de "perseverancia" tras haber aplicado la carga máxima, que es la interferencia que se produce en el sistema neuromuscular tras pasar de una actividad con un patrón motor más grueso (ciclismo) a otra con un patrón más ligero (carrera)¹³. Los nadadores podrían evitar esto mediante los movimientos balísticos que usualmente realizan justo antes de iniciar la prueba.

En relación a los valores obtenidos en la salida de natación, los resultados fueron mejores tras aplicar el PAPE, lo que podría confirmar lo apuntado en previos estudios en los que parece que suele proporcionar mejores resultados en gestos explosivos que en aquellos realizados de forma cíclica³. Además, aquellos sujetos que poseían mayores valores de fuerza relativa en las extremidades inferiores fueron los que tendieron a alcanzar mayores velocidades en las salidas de natación. Esto coincide con lo demostrado en otras investigaciones^{14,15}. Por tanto, es importante considerar la fase de poyete sobre la influencia en el posible rendimiento en componentes posteriores a la salida de natación.

En cuanto a la fase de nado, se produjo un deterioro del rendimiento tras el protocolo experimental a lo largo de la prueba. Sin embargo, esos resultados fueron mejores al comienzo de la prueba en comparación con la situación estándar, posiblemente por los resultados obtenidos previamente en la salida de natación. Si analizamos el tiempo final de 50-m, las diferencias en este punto fueron muy pequeñas (0.03 seg), por lo que no se vio influenciado por la aplicación de PAPE. De acuerdo con Stewart y Hopkins¹⁶, una estrategia llevada a cabo para cambiar el rendimiento de un atleta debe suponer al menos un equivalente al ~0.5% de cambio en el rendimiento para ser considerado efectivo. El coeficiente de variación recogido en este estudio mostró valores más bajos (~0.4%). Por tanto, la hipótesis nula no puede ser rechazada.

La fatiga y la potenciación coexisten como respuestas del PAPE y esto genera respuestas muy individualizadas en función del nivel o del estado físico del atleta¹⁷. Los protocolos de PAPE de este estudio incluyeron una aplicación individualizada de la carga en base al 85% de la RM de cada sujeto. Además, las correlaciones entre las variables de nado se realizaron con los valores de Frel de los participantes. Teniendo en cuenta que uno de los factores que produce un alto índice de Frel es la capacidad de producir altos

niveles de fuerza con bajos niveles de masa corporal, este valor podría reflejar con mayor precisión no sólo las habilidades de fuerza de los nadadores, sino también un menor nivel de resistencia ofrecida al avance en el agua. Por tanto, una mejora de este índice debido a la mejora en cualquiera de estos dos componentes, podría contribuir a mejorar el rendimiento en natación¹⁸. En cualquier caso, futuras investigaciones deberían estudiar este asunto teniendo en cuenta la velocidad de ejecución en los test ejecutados en seco.

Por último, este estudio también demostró que los atletas más fuertes reaccionaron mejor a los protocolos de PAPE (Tablas 2 y 3). En primer lugar, esto pudo deberse a que la fosforilación de la actina-miosina, es más frecuente en las fibras de tipo II, y estas son más comunes en sujetos entrenados¹⁷. Aunque conociendo la rápida disipación de este efecto, la explicación más convincente puede deberse a que considerando que uno de los efectos de la vasodilatación originada por el aumento de la temperatura corporal es el de incrementar el volumen acuoso en el interior de la fibra muscular, esto reduce la concentración iónica, aspecto que permite aumentar los puentes de hidrógeno que se generan en el tejido conectivo, lo cual incrementa la velocidad de rotación de las fibras durante la contracción sarcomérica².

Autoría. Todos los autores han contribuido intelectualmente en el desarrollo del trabajo, asumen la responsabilidad de los contenidos y, asimismo, están de acuerdo con la versión definitiva del artículo. **Financiación.** Este estudio fue financiado por el proyecto DEP2014-59707-P "SWIM: Specific Water Innovative Measurements applied to the development of International Swimmers in Short Swimming Events (50 and 100 m) y por el proyecto PGC2018-102116-B-100 "SWIM II: Specific Water Innovative Measurements: applied to the improvement in performance", financiados por el Ministerio de Economía, Industria y Competitividad (Agencia Española de Investigación) y la European Regional Development Fund (ERDF). Este estudio formó parte de la tesis internacional desarrollada en el programa de doctorado en Biomedicina (B11.56.1), de la Universidad de Granada, Granada, (España). **Agradecimientos.** A todos los nadadores que participaron en este estudio **Conflicto de intereses.** Los autores declaran no tener conflicto de intereses. **Origen y revisión.** No se ha realizado por encargo, la revisión ha sido externa y por pares. **Responsabilidades éticas.** Protección de personas y animales: Los autores declaran que los procedimientos seguidos están conforme a las normas éticas de la Asociación Médica Mundial y la Declaración de Helsinki. Confidencialidad: Los autores declaran que han seguido los protocolos establecidos por sus respectivos centros para acceder a los datos de las historias clínicas para poder realizar este tipo de publicación con el objeto de realizar una investigación/divulgación para la comunidad. Privacidad: Los autores declaran que no aparecen datos de los pacientes en este artículo.

Bibliografía

1. [Cuenca-Fernandez F, Smith IC, Jordan MJ, MacIntosh BR, Lopez-Contreras G, Arellano R, et al. Nonlocalized postactivation performance enhancement \(PAPE\) effects in trained athletes: a pilot study. Appl Physiol Nutr Med. 2017;42\(10\):1122-5. PubMed PMID: WOS](#)
2. [Blazevich AJ, Babault N. Post-activation Potentiation \(PAP\) versus Post-activation Performance Enhancement \(PAPE\) in Humans: Historical Perspective, Underlying Mechanisms, and Current Issues. Front Physiol. 2019;10:1359, 1-19.](#)
3. [Seitz LB, Haff GG. Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. Sports Med. 2016;46\(2\):231-40.](#)
4. [Grange RW, Vandenboom R, Xenii J, Houston ME. Potentiation of in vitro concentric work in mouse fast muscle. J Appl Physiol. 1998;84\(1\):236-43.](#)
5. [Sale DG. Postactivation potentiation: Role in human performance. Exerc Sport Sci Rev. 2002;30\(3\):138-43.](#)
6. [Vandenboom R. Modulation of skeletal muscle contraction by myosin phosphorylation. Compr Physiol. 2011;7\(1\):171-212.](#)
7. Vorontsov A, Seifert L, Chollet D, Mujika I. Strength and power training in swimming. World book of swimming: From science to performance. 2011:313-44.
8. Nasirzade A, Ehsanbakhsh A, Ilbeygi S, Sobhkhiz A, Argavani H, Aliakbari M. Relationship between sprint performance of front crawl swimming and muscle fascicle length in young swimmers. J Sport Sci Medicine. 2014;13(3):550-6.
9. Ferguson B. ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 9th Ed. 2014. The J Can Chiropr Assoc. 2014;58(3):328.
10. Kasman GS, Wolf SL. Surface EMG made easy: a beginner's guide for rehabilitation clinicians. 2002.
11. [Cuenca-Fernandez F, Ruiz-Teba A, Lopez-Contreras G, Arellano R. Effects of 2 Types of Activation Protocols Based on Postactivation Potentiation on 50-m Freestyle Performance. J Strength Cond Res. 2018; Publish Ahead of Print.](#)
12. [DeRenne C. Effects of postactivation potentiation warm-up in male and female sport performances: A brief review. Strength Cond J. 2010;32\(6\):58-64.](#)
13. [Gottschall JS, Palmer BM. The acute effects of prior cycling cadence on running performance and kinematics. Med Sci Sport Exer. 2002;34\(9\):1518-22.](#)
14. Beretić I, Đurović M, Okičić T, Dopsaj M. Relations between lower body isometric muscle force characteristics and start performance in elite male sprint swimmers. J Sport Sci Med. 2013;12(4):639-45.
15. Mason B, Alcock A, Fowlie J, editors. A kinetic analysis and recommendations for elite swimmers performing the sprint start. ISBS-Conference Proceedings. Ouro Preto-Brazil, August 23-27, 2007
16. [Stewart AM, Hopkins WG. Consistency of swimming performance within and between competitions. Med Sci Sport Exer. 2000;32\(5\):997-1001.](#)
17. [Tillin NA, Bishop D. Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. Sports Med. 2009;39\(2\):147-66.](#)
18. Johnson R, Sharp R, Hedrick C. Relationship of swimming power and dryland power to sprint freestyle performance: a multiple regression approach. J Swim Res. 1993;9(1):10-4.