

<https://doi.org/10.5232/ricyde2020.06203>

Efecto de un protocolo de activación que incluye carga excéntrica sobre el sprint en estilo libre en nadadores

Effect of an activation protocol that includes eccentric loading on the freestyle sprint in swimmers

**Mario Sánchez¹, Rodrigo Ramírez-Campillo², Alejandro Rodríguez-Fernández³,
Pablo Rodríguez¹ y Javier Sánchez-Sánchez¹**

1. Universidad Pontificia de Salamanca. España
2. Universidad de Los Lagos. Osorno. Chile
3. Universidad Isabel I. España

Resumen

El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de cuatro protocolos de activación pre-competición basados en contracciones excéntricas sobre el tiempo en 25-m de estilo libre en natación. Diez nadadores ($20,8 \pm 4,7$ años de edad; $175,2 \pm 9,3$ cm de altura; $66,4 \pm 10,4$ kg de peso) que competían en categoría nacional participaron en el estudio. Los nadadores realizaron un calentamiento general (GEN), uno de competición (COM) sin incluir estímulos de potenciación post-activación (PAP) y tres que incluyeron al finalizar COM (e.g., tres minutos después) seis contracciones excéntricas de la musculatura de miembros inferiores (INF), superiores (SUP) o ambas (MIX), realizadas con dispositivo inercial kBox-2 Exxcentrics. Los resultados indicaron mejoras del tiempo en 25-m en estilo libre (T25EL) después de COM (tamaño del efecto [TE]: -2,41), SUP (TE: -2,31), INF (TE: -2,18) y MIX (TE: -2,30) respecto a GEN. No se obtuvieron cambios en T25EL al comparar COM, SUP, INF y MIX. En conclusión, protocolos de activación con (e.g., INF, SUP y MIX) o sin (e.g., COM) PAP mejoran T25EL, sin obtener efectos positivos sobre el rendimiento en función del grupo muscular estimulado.

Palabras clave: Calentamiento; dispositivos inerciales; natación; potenciación post-activación.

Abstract

The aim of the present research was to analyze the effect of four pre-competition activation protocols based on eccentric contractions on time in 25-m freestyle swimming. Ten swimmers (20.8 ± 4.7 years old; 175.2 ± 9.3 cm in height; 66.4 ± 10.4 kg in weight) of national level participated in the study. The swimmers performed a general warm-up (GEN), a competition warm-up (COM) without including post-activation potentiation stimuli (PAP) and three that included (i.e., three minutes later) six eccentric contractions of the lower (INF), superior (SUP) or mixed limb musculature (MIX), made with inertial device kBox-2 Exxcentrics. The results indicated improvements in 25-m time in freestyle (T25EL) after COM (effect size [ES]: -2.41), SUP (ES: -2.31), INF (ES: -2, 18) and MIX (ES: -2.30) with respect to GEN. No changes in T25EL were obtained when comparing COM, SUP, INF and MIX. In conclusion, activation protocols with (e.g., INF, SUP and MIX) or without (e.g., COM) PAP improve T25EL, but without obtaining positive effects on performance depending on the stimulated muscle group.

Keywords: Warm up; inertial devices; swimming; post-activation potentiation.

Correspondencia/correspondence: Javier Sánchez-Sánchez
Universidad Pontificia de Salamanca. España
Email: jsanchezsa@upsa.es

Introducción

Los ejercicios preparatorios que preceden al entrenamiento y competición son una práctica utilizada por la mayoría de los entrenadores y deportistas para facilitar la transición entre el estado reposo y el de máxima actividad (Neiva, Marques, Barbosa, Izquierdo y Marinho, 2014). Tradicionalmente estas actividades se programan para prevenir lesiones (Ekstrand y Gillquist, 1983) y mejorar el rendimiento de los deportistas (McGowan, Pyne, Thompson y Rattray, 2015) aunque, a día de hoy, no existe consenso sobre sus efectos en el rendimiento (Bishop, 2003a). En la práctica, la mayoría de los protocolos de activación incluyen de forma general ejercicios aeróbicos, estiramientos estáticos y dinámicos y movimientos de aproximación a la técnica específica combinados, según el caso, con acciones de corta duración y alta intensidad (McGowan y col., 2015).

En la actualidad, parece aceptado que la preparación de los deportistas para las acciones de fuerza y potencia debe incluir una reducción de la carga aeróbica y el incremento de estímulos de carácter neuromuscular (Towson, Midgley y Lovell, 2013). El fenómeno a través del cual realizamos una contracción muscular de alta intensidad, con el objetivo de mejorar la aplicación de fuerza en las acciones siguientes, se conoce con el término de potenciación post-activación (PAP) (Robbins, 2005; Sale, 2004). Para conseguir optimizar los componentes de fuerza es necesario que los músculos sometidos al estímulo PAP experimenten un estado de fatiga, necesaria para que posteriormente se establezca el estado de potenciación (Koziris y Csicsvari, 2012). Esta situación de activación depende de cambios neuromusculares, mecánicos y biomecánicos (Tillin y Bishop, 2009), si bien la manera en que se materializan para conseguir el efecto PAP no está completamente clara (Beato y col., 2019). Revisiones previas indicaron como causas probables del estado de potenciación el incremento en la liberación del Ca^{2+} desde el retículo sarcoplasmático, junto con una mayor sensibilidad de las proteínas contráctiles al Ca^{2+} , el aumento de la actividad neural, una mayor rapidez en la función de la enzima adenosintrifosfatasa, la optimización del *stiffness* muscular y una reducción de la coactivación de la musculatura antagonista (Hodgson, Docherty y Robbins, 2005). La coincidencia de todas estas respuestas puede crear una ventana de oportunidad que explica el incremento agudo del rendimiento muscular (Hancock, Sparks y Kullman, 2015). Esta ventana de oportunidad se expresará de forma diferente en cada deportista según su edad, el grado de entrenamiento, la especificidad del estímulo y la combinación de intensidad, series/repeticiones y recuperación (Wilson y col., 2013). Aunque se conoce el efecto de la combinación de estos factores sobre la fuerza, sprint o salto (Sale, 2004), no se ha podido describir el protocolo óptimo que maximice los efectos sobre la condición atlética en los diferentes contextos que ocupa el rendimiento deportivo (Koziris y Csicsvari, 2012).

Para obtener la respuesta PAP, la mayoría de los estudios han analizado el efecto de ejercicios tradicionales contra-resistencia (Bauer y col., 2019). Sin embargo, en la actualidad parece aceptado que los denominados dispositivos de inercia, que favorecen el trabajo excéntrico, también pueden provocar mejoras agudas y crónicas de la fuerza (Gonzalo-Skok y col., 2017). La carga excéntrica incrementa el reclutamiento de unidades motoras, con especial efecto sobre la estimulación de las fibras rápidas (Tillin y Bishop, 2009), y mejora la mecánica del ciclo de estiramiento-acortamiento (Beato y col., 2019), lo que contribuye a mejorar el rendimiento en todas aquellas acciones de carácter explosivo (Beato, Stiff y Coratella, n.p.).

Las pruebas de velocidad en piscina demandan del nadador la ejecución de acciones de carácter explosivo (Cuenca-Fernández, Ruiz-Teba, López-Contreras y Arellano, n.p.). Esta manifestación de la fuerza puede observarse especialmente en la salida y el desplazamiento a nado (Stewart y Hopkins, 2000). Por esta razón, los protocolos de activación basados en estímulos de fuerza pueden mejorar el rendimiento durante la prueba (Neiva y col., 2014). Un estudio que analizó el efecto de contracciones excéntricas en nadadores indicó que el calentamiento PAP incrementaba la fuerza vertical y como consecuencia la velocidad de respuesta en el despegue desde el poyete de salida (Cuenca-Fernández y col., 2018). Aunque este estímulo PAP basado en la sobrecarga excéntrica aplicado mediante dispositivos de inercia tipo YoYo squat ha mostrado mejoras en la salida (Cuenca-Fernández, López-Contreras y Arellano, 2015), no se ha observado una mejora con protocolos de activación similares sobre el tiempo total en 50-m en estilo libre (Cuenca-Fernández y col., n.p.).

Por lo tanto, el presente estudio tuvo como objetivo analizar el efecto de cuatro protocolos de activación pre-competición basados en contracciones excéntricas sobre el tiempo en 25-m de estilo libre en natación. Como hipótesis de partida, se consideró que el tiempo de nado mejoraría tras la aplicación del estímulo de activación PAP basado en contracciones excéntricas.

Método

Participantes

En el presente estudio de carácter experimental participaron 10 nadadores de sexo masculino ($20,8 \pm 4,7$ años de edad; $175,2 \pm 9,3$ cm de altura; $66,4 \pm 10,4$ kg de peso) que competían en categoría nacional. Como criterios de inclusión se consideraron i) tener una experiencia ≥ 8 años en competiciones de natación de carácter regional o nacional; ii) no haber sufrido ninguna lesión en los 3 meses anteriores al comienzo del estudio; iii) haber mantenido un entrenamiento regular y específico en los 6 meses anteriores al estudio. Todos los nadadores realizaban 5 entrenamientos semanales de 60 a 90 minutos de duración y competían al menos una vez al mes en pruebas de diferente nivel. Antes del comienzo del estudio se obtuvo el permiso del departamento técnico del club. Posteriormente todos los nadadores firmaron el correspondiente consentimiento informado, aceptando los derechos y obligaciones derivados de su participación en el estudio. El trabajo respetó los procedimientos incluidos en la Declaración de Helsinki. El estudio fue aprobado por el correspondiente Comité de Ética de la Universidad Pontificia de Salamanca (Anexo III, Acta 13/02/2019).

Procedimiento

El estudio fue llevado a cabo durante la segunda mitad del período de competición de la temporada 2019. Los participantes fueron familiarizados con los protocolos PAP y con el test de evaluación durante 8 sesiones, realizadas en la semana anterior al comienzo del estudio. Durante las 3 semanas que duró la recogida de datos se administraron los estímulos de calentamiento de forma aleatoria entre los participantes, aplicando un contrabalanceo para el orden de intervención de los nadadores en cada una de las sesiones de recogida de datos. Para asegurar la recuperación de los atletas, entre cada sesión PAP pasaron ~ 48 h (Petisco y col., 2019). Entre sesiones de evaluación sólo se permitió realizar entrenamientos de carácter aeróbico con un tiempo máximo de 30 minutos. Durante el desarrollo del estudio, no se programó ninguna competición para los nadadores. Todas las sesiones que formaban parte del estudio se realizaron entre las 18:00

y 21:00 horas, en la piscina donde se desarrollaban los entrenamientos habituales y con la indumentaria de práctica usada normalmente. Se recomendó a los nadadores acudir con un adecuado estado de alimentación e hidratación. Por último, el entrenador del club y dos investigadores especialistas se ocuparon de administrar el estímulo PAP y la prueba de evaluación del rendimiento.

Medidas

Para comprobar el efecto de los diferentes protocolos de calentamiento se midió el tiempo en 25-m de estilo libre (T25EL) en piscina de 25-m con profundidad de 1,40-m. La temperatura del agua y del aire fue de 28,1 y 29,1 °C respectivamente. Cada prueba se realizó una sola vez simulando las condiciones de competición marcadas por la *Fédération Internationale de Natation* (FINA, 2013). De esta forma, se pidió a cada participante que se colocará en posición de comienzo encima de la plataforma de salida. Una vez preparados, el entrenador dio la orden verbal de “tome su marca” y activó la señal acústica de comienzo. Todos los nadadores fueron alentados para realizar T25EL en el menor tiempo posible. El mismo investigador especialista grabó el desarrollo de la prueba con una cámara GoPro Hero6 de 12 megapíxeles (GoPro, San Mateo CA, Estados Unidos). Las grabaciones se descargaron en un ordenador portátil (Acer TravelMate 5720, Taiwán, China) para su posterior análisis con el software Kinovea 0.8.27 (fuente: www.kinovea.org). El resultado de T25EL se consideró desde que el nadador despegó los pies de la plataforma de salida hasta que tocó con los dedos de su mano en la pared de llegada.

Protocolos de calentamiento

El estudio incluyó un protocolo control (GEN) basado en ejercicios generales que incluían cinco minutos de estiramientos dinámicos dirigidos a miembros superiores e inferiores y 450-m en piscina realizados en estilo libre y una intensidad del 70-80% de la frecuencia cardíaca máxima. Seis minutos después de finalizado el protocolo, los nadadores realizaron T25EL.

Se aplicaron 4 protocolos de carácter experimental a partir del calentamiento de competición que los nadadores utilizaban habitualmente antes de sus pruebas. El protocolo de competición (COM) incluyó 900-m a estilo libre, realizando dos series de 400-m con dos minutos de recuperación y cuatro series de 25-m a sprint con 40 segundos de recuperación (Hancock y col., 2015). Tras seis minutos de recuperación los nadadores realizaron T25EL.

A partir de la situación COM se analizó el efecto de tres protocolos PAP dirigidos a los miembros superiores (SUP), inferiores (INF) o ambos (MIX). Este estímulo se aplicó tres minutos después de COM y tres minutos antes de T25EL. La carga consistió en la realización de seis contracciones excéntricas a máxima velocidad en un dispositivo inercial (kBox 2, Exxcentric AB TM, Bromma, Suecia). En SUP los nadadores realizaron el ejercicio *high pull* para estimular erector espinal, trapecio, romboides y deltoides; en INF el ejercicio $\frac{1}{2}$ *squat* para estimular glúteo mayor, cuádriceps e isquiosurales; y en MIX se realizó *high pull* más $\frac{1}{2}$ *squat*.

Análisis estadístico

Los datos fueron presentados como media \pm desviación estándar (DE) y fueron analizados utilizando el paquete estadístico para las ciencias sociales SPSS 15.0 (SPSS Inc., USA). Se calculó el tamaño del efecto (TE, 90% intervalo de confianza) en las variables

seleccionadas, utilizando la DE ponderada de las intervenciones comparadas. Los valores cuantitativos para el tamaño del efecto de Cohen fueron <0.2 (pequeño), 0.6 (moderado), y >1.2 (grande) (Hopkins, Marshall, Batterham y Hanin, 2009). Para las comparaciones inter-calentamiento, se calcularon las probabilidades de que las diferencias en el rendimiento fueran mejores/mayores (es decir, mayor que el mínimo cambio apreciable [0.2 multiplicado por la DE entre sujetos, basado en el principio de la d de Cohen]), similares, o peores/menores. Las probabilidades cuantitativas de un efecto beneficioso/mejor o perjudicial/peor se evaluaron cualitativamente de la siguiente manera: <1%, prácticamente imposible; 1% a 5%, muy poco probable; 5% a 25%, poco probable; 25% a 75%, posible; 75% a 95%, probable; 95% a 99%, muy probable; y >99%, casi seguro. Si la probabilidad de tener un rendimiento beneficioso/mejor y perjudicial/peor fue para ambos >5%, el resultado se consideraba como no claro. De lo contrario, ese cambio se interpretó como la diferencia observada (Hopkins y col., 2009). Se utilizó una hoja de cálculo Excel específica de sportsci.org para examinar el efecto de los diferentes protocolos (xPostOnlyCrossover.xls).

Resultados

En la Figura 1 se observa el resultado de los diferentes protocolos de calentamiento sobre T25EL.

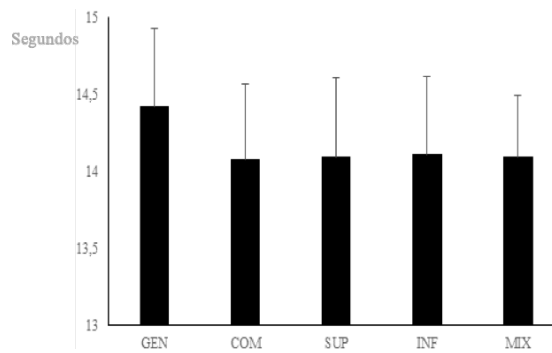


Figura 1. Tiempo segundos; eje Y en la prueba 25-m en estilo libre en función del protocolo de calentamiento.

Nota: GEN = Calentamiento basado en ejercicios generales; COM = Calentamiento de competición; SUP = Potenciación post-activación para miembros superiores; INF = Potenciación post-activación para miembros inferiores; MIX = Potenciación post-activación para miembros inferiores y superiores.

Nuestros resultados mostraron mejoras de *probable a muy probable* en T25EL tras la intervención COM (TE: -2,41), SUP (TE: -2,31), INF (TE: -2,18) y MIX (TE: -2,30) respecto a GEN (Tabla 1).

Tabla 1. Efecto sobre el tiempo de nado en 25-m en estilo libre de un calentamiento general comparado con la intervención experimental.

	TE (90% LC)*	Cambios	Resultado
GEN vs COM	-2,41 (-3,67; -1,13)	0/2/98	Muy probable
GEN vs SUP	-2,31 (-3,79; -0,81)	0/4/95	Probable
GEN vs INF	-2,18 (-3,63; -0,71)	0/4/95	Probable
GEN vs MIX	-2,30 (-3,53; -1,05)	0/3/97	Muy probable

Nota: GEN = Calentamiento basado en ejercicios generales; COM = Calentamiento de competición; SUP = Potenciación post-activación para miembros superiores; INF = Potenciación post-activación para miembros inferiores; MIX = Potenciación post-activación para miembros inferiores y superiores; TE = Tamaño del efecto; LC = Límite de confianza.

*Valor con signo (-) indica mayor valor en GEN

En la Tabla 2 se observa el efecto sobre T25EL de la intervención COM frente a los protocolos de activación que incluyeron PAP. Nuestros resultados no indicaron cambios en T25EL tras la aplicación de SUP (TE: 0,11), INF (TE: 0,24) y MIX (TE: 0,12) con respecto a COM.

Tabla 2. Efecto sobre el tiempo de nado en 25-m en estilo libre de un calentamiento de competición comparado con otro que incluye un estímulo de potenciación post-activación

	TE (90% LC)	Cambios	Resultado
COM vs SUP	0,11 (-1,33; -1,55)	21/64/15	No claro
COM vs INF	0,24 (-1,53; 2,03)	30/53/17	No claro
COM vs MIX	0,12 -1,52; 1,78)	25/57/18	No claro

Nota: COM = Calentamiento de competición; SUP = Potenciación post-activación para miembros superiores; INF = Potenciación post-activación para miembros inferiores; MIX = Potenciación post-activación para miembros inferiores y superiores; TE = Tamaño del efecto; LC = Límite de confianza.

Tal y como se observa en la Tabla 3, no se obtuvieron mejoras sobre T25EL en función del estímulo PAP aplicado (SUP vs INF, TE: 0,14; SUP vs MIX, TE: 0,02; INF vs MIX, TE: -0,12).

Tabla 3. Efecto sobre el tiempo de nado en 25-m en estilo libre de un calentamiento que incluye un estímulo de potenciación post-activación dirigido a miembros inferiores, superiores o inferiores y superiores.

	TE (90% LC)*	Cambios	Resultado
SUP vs INF	0,14 (-1,01; 1,30)	16/76/9	No claro
SUP vs MIX	0,02 (-1,25; 1,30)	30/53/17	No claro
INF vs MIX	-0,12 (-1,19; 0,96)	8/78/14	No claro

Nota: SUP = Potenciación post-activación para miembros superiores; INF = Potenciación post-activación para miembros inferiores; MIX = Potenciación post-activación para miembros inferiores y superiores; TE = Tamaño del efecto; LC = Límite de confianza.

Discusión

El objetivo del presente estudio fue analizar el efecto de cuatro protocolos de activación pre-competición basados en contracciones excéntricas sobre el tiempo en 25-m de estilo libre en natación. Los resultados más destacados indicaron mejoras en T25EL tras la aplicación de un calentamiento de competición con y sin estímulo PAP basado en contracciones excéntricas. Sin embargo, la adición de los protocolos PAP a COM no tuvo efecto sobre los valores de T25EL.

En comparación con el protocolo GEN, los calentamientos específicos con y sin estímulo PAP (e.g., COM, SUP, INF y MIX) mejoraron T25EL. Estudios previos han obtenido resultados ambiguos respecto a la influencia del calentamiento sobre el rendimiento del nadador (Neiva y col., 2014) y más concretamente sobre su efecto en pruebas de corta distancia (Balilionis y col., 2012; Neiva, Morouço, Pereira y Marinho, 2012). En este sentido, el menor volumen realizado en GEN (e.g., 500-m) respecto a los otros protocolos (e.g., 900-m) podría haber influido negativamente en los cambios metabólicos necesarios para mejorar el rendimiento en T25EL (Neiva y col., 2014). Por otra parte, incluir series de alta intensidad (e.g., 4 series x 25-m de sprint en estilo libre) seguidas del suficiente tiempo de recuperación, pudo optimizar el rendimiento en la prueba de corta distancia ya que simuló la demanda energética y muscular que reclama esta modalidad (Bishop, 2003b).

Nuestros resultados no mostraron mejoras en el rendimiento en T25EL después de protocolos que incluyeron PAP con carga excéntrica (e.g., SUP, INF y MIX) respecto a otros que incluyeron ejercicios sin orientación neuromuscular específica (e.g., COM). Los estímulos PAP han sido aplicados dentro de los calentamientos de diferentes deportes (Esformes, Cameron y Bampouras, 2010) como estrategia para el incremento agudo del rendimiento en las acciones que demandan fuerza (Tillin y Bishop, 2009). La salida en natación es una de estas acciones, puesto que requiere elevados niveles de potencia (Cuenca-Fernández y col., 2018). En pruebas de sprint en piscina corta la capacidad del nadador para ejecutar una rápida salida puede contribuir a la mejora del rendimiento final (Slawson, Conway, Cossor, Chakravorti y West, 2013). En comparación con calentamientos convencionales, la introducción de un estímulo PAP basado en contracciones excéntricas puede mejorar la ejecución de la salida debido al incremento en los componentes de la fuerza de los miembros inferiores (Cuenca-Fernández y col., 2015). Esta respuesta produce mayor propulsión vertical que se transfiere a la velocidad de despegue desde la plataforma (Cuenca-Fernández y col., 2018). No obstante, protocolos de elevada exigencia neuromuscular, similares a INF y MIX utilizados en nuestro estudio, sólo tienen efectos positivos sobre el rendimiento en nadadores expertos con elevados niveles de fuerza (Beretić, Durović, Okičić y Dopsaj, 2013).

Una variable que influye en el efecto PAP es la condición del deportista (Wilson y col., 2013). El grado de entrenamiento y los niveles de fuerza determinan las características de la ventana de oportunidad que describe la situación de potenciación (Sanchez-Sanchez, Rodríguez-Fernández, Petisco, Ramirez-Campillo y Nakamura, 2018). En este sentido, la utilización de contracciones excéntricas ha permitido mejorar el rendimiento a corto plazo en nadadores (Cuenca-Fernández y col., n.d.). La aplicación de este estímulo permite incrementar la coordinación intramuscular, y con ello la fuerza y la potencia manifestada en las siguientes tareas (Beato y col., 2019). Esta respuesta neuromuscular está asociada a la capacidad del nadador para generar sobrecarga excéntrica (Beato y col., 2019; Cuenca-Fernández y col., 2015, 2018). En nuestro trabajo la baja experiencia de los participantes con el dispositivo de inercia puede haber evitado la presencia de sobrecarga excéntrica durante la ejecución de SUP, INF y MIX y por lo tanto el efecto del estímulo PAP sobre T25EL. Por otra parte, es posible que la capacidad del deportista para convertir la fatiga en activación no dependa sólo de la intensidad, tiempo y naturaleza de la contracción (Hancock y col., 2015). Pueden existir otros factores como el carácter y duración de la recuperación que determinen el efecto PAP (Kilduff y col., 2007). En este sentido, aunque algunos trabajos indican que el efecto PAP se diluye hacia los cinco minutos (MacIntosh, Robillard y Tomaras, 2012), otros señalan que un período de seis minutos es necesario para conseguir disipar la fatiga y activar la ventana de oportunidad (Hancock y col., 2015). Aunque en COM se aplicó una recuperación de seis minutos, en SUP, INF y MIX el nadador sólo tuvo tres minutos entre el estímulo PAP y la prueba de natación. Este tiempo fue insuficiente para recuperar los fosfatos de alta energía gastados durante la activación (Neiva y col., 2014), lo que impidió disipar la fatiga generada por el estímulo PAP (Seitz y Haff, 2016). Para evitar esta situación, es necesario individualizar las variables que concurren en la eficacia del estímulo PAP, y especialmente conocer el tiempo de recuperación que necesita cada deportista (Mola, Bruce-Low y Burnet, 2014). Esto es clave en pruebas de corta duración, ya que el impacto de una incorrecta aplicación del estímulo PAP puede tener consecuencias irreparables para el rendimiento (Koziris y Cscs, 2012).

No se encontraron diferencias en el rendimiento en función del estímulo PAP aplicado en diferentes grupos musculares (e.g., SUP, INF o MIX). No obstante, el estímulo PAP no provocó una disminución del rendimiento en T25EL, por lo que podría ser utilizado para mantener el nivel de activación de los nadadores (Esformes, Keenan, Moody y Bampouras, 2011). Hasta donde conocemos, este es el primer estudio que analizó el efecto de un estímulo PAP aplicado a diferentes grupos musculares condicionantes del rendimiento en natación. En general el efecto del estímulo PAP se ha estudiado en miembros inferiores y en menor medida en miembros superiores (Esformes y col., 2011). Algunos de estos estudios recomendaron dirigir los estímulos PAP hacia la musculatura de los miembros inferiores, ya que mejora la capacidad propulsiva del nadador (Cuenca-Fernández y col., 2015; West, Owen, Cunningham, Cook y Kilduff, 2011). Sin embargo, también sería necesario optimizar la potencia en la musculatura de los miembros superiores por su importante papel para el rendimiento en las pruebas de sprint en natación (Keiner, Yaghobi, Sander, Wirth y Hartmann, 2015). Como los beneficios asociados a la activación de la musculatura de los miembros inferiores no pueden transferirse a la fuerza de brazos, sería necesario hacer compatibles actividades que activasen la musculatura de ambas regiones anatómicas. Sin embargo, los resultados de nuestro estudio no muestran ventajas de la intervención MIX respecto a SUP o INF, posiblemente por el mayor gasto energético que demanda. Es necesario que futuros estudios tengan en cuenta las diferencias en la estructura y los niveles de activación entre la musculatura de los miembros inferiores y superiores, para optimizar el estímulo PAP que mejore la producción de potencia en ambas regiones anatómicas con el objetivo de mejorar el rendimiento en el sprint en natación.

Una potencial limitación de nuestro estudio fue el bajo número de nadadores de nivel de competición nacional reclutados para este estudio. Aunque el proceso de familiarización con el estímulo PAP se llevó a cabo durante cuatro sesiones repartidas en las dos semanas previas al comienzo del estudio, la adaptación de los atletas con el dispositivo de inercia puede requerir más tiempo del empleado. Por último, analizar el efecto PAP a través del tiempo de prueba puede aportar información limitada, ya que existen otras variables relacionadas con la acción de salida y el tiempo parcial de prueba que podrían ser más sensibles a la intervención aplicada. En este sentido, el registro de indicadores bioquímicos o de medidas directas de la actividad muscular podría haber aportado información destacada respecto al efecto de los diferentes protocolos de intervención. Finalmente, como futura línea de investigación se debe analizar el efecto de los protocolos aplicados en este estudio sobre el rendimiento en distancias oficiales de natación.

Conclusión

Protocolos de activación pre-competición basados en contracciones excéntricas favorecen el rendimiento de nadadores varones en T25EL cuando se añaden a un calentamiento general. Sin embargo, su efecto favorecedor no se observa cuando se añaden a un calentamiento específico de competición. Protocolos de activación pre-competición dirigidos a miembros superiores, inferiores o superiores + inferiores parecen ofrecer similares efectos, aunque estos últimos (e. g., superiores + inferiores combinados) requieren mayor demanda y, por tanto, podrían ser menos eficientes.

Referencias

- Balilionis, G.; Nepocatyč, S.; Ellis, C. M.; Richardson, M. T.; Neggers, Y. H., & Bishop, P. A. (2012). Effects of Different Types of Warm-Up on Swimming Performance, Reaction Time, and Dive Distance. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 26(12), 3297-3303. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318248ad40>
- Bauer, P.; Sansone, P.; Mitter, B.; Makivic, B.; Seitz, L. B., & Tschan, H. (2019). Acute Effects of Back Squats on Countermovement Jump Performance Across Multiple Sets of a Contrast Training Protocol in Resistance-Trained Men. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 33(4), 995-1000. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002422>
- Beato, M.; Bigby, A.; De Keijzer, K.; Nakamura, F. Y.; Coratella, G., & McErlain-Naylor, S. A. (2019). Post-activation potentiation effect of eccentric overload and traditional weightlifting exercise on jumping and sprinting performance in male athletes. *PloS One*, 14(9), e0222466. <https://doi.org/10.1371/journal.pone.0222466>
- Beato, M.; Stiff, A., & Coratella, G. Effects of Postactivation Potentiation After an Eccentric Overload Bout on Countermovement Jump and Lower-Limb Muscle Strength. *Journal of Strength and Conditioning Research*. Ahead of print. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003005>.
- Beretić, I.; Durović, M.; Okičić, T., & Dopsaj, M. (2013). Relations between lower body isometric muscle force characteristics and start performance in elite male sprint swimmers. *Journal of Sports Science & Medicine*, 12(4), 639-645. PMID: PMC3873653
- Bishop, D. (2003a). Warm up I: potential mechanisms and the effects of passive warm up on exercise performance. *Sports Medicine*, 33(6), 439-454. <https://doi.org/10.2165 / 00007256-200333060-00005>
- Bishop, D. (2003b). Warm up II: performance changes following active warm up and how to structure the warm up. *Sports Medicine*, 33(7), 483-498. <https://doi.org/10.2165 / 00007256-200333070-00002>
- Cuenca-Fernández, F.; López-Contreras, G., & Arellano, R. (2015). Effect on swimming start performance of two types of activation protocols: Lunge and YoYo squat. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(3), 647-655. <https://doi.org/10.1519 / JSC.0000000000000696>.
- Cuenca-Fernández, F.; López-Contreras, G.; Mourão, L.; de Jesus, K.; de Jesus, K.; Zacca, R.;... Arellano, R. (2018). Eccentric flywheel post-activation potentiation influences swimming start performance kinetics. *Journal of Sports Sciences*, 37(4), 433-451. <https://doi.org/10.1080/02640414.2018.1505183>
- Cuenca-Fernández, F.; Ruiz-Teba, A.; López-Contreras, G., & Arellano, R. Effects of 2 types of activation protocols based on postactivation potentiation on 50-m freestyle performance. *Journal of Strength & Conditioning Research*. Ahead of print. <https://doi.org/10.1519 / JSC.0000000000002698>
- Ekstrand, J., & Gillquist, J. (1983). Soccer injuries and their mechanisms: a prospective study. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 15(3), 267-270. <https://doi.org/10.1249 / 00005768-198315030-00014>

- Esformes, J. I.; Cameron, N., & Bampouras, T. M. (2010). Postactivation potentiation following different modes of exercise. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 24(7), 1911-1916. <https://doi.org/10.1519 / JSC.0b013e3181dc47f8>
- Esformes, J. I.; Keenan, M.; Moody, J., & Bampouras, T. M. (2011). Effect of different types of conditioning contraction on upper body postactivation potentiation. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(1), 143-148. <https://doi.org/10.1519 / JSC.0b013e3181fef7f3>.
- FINA. (2013). Capítulo 10, La carrera. En *Fédération Internationale de Natation Swimming Rules* (pp. 12-13). Lausanne: FINA.
- Gonzalo-Skok, O.; Tous-Fajardo, J.; Valero-Campo, C.; Berzosa, C.; Bataller, A. V.; Arjol-Serrano, J. L.; ... Méndez-Villanueva, A. (2017). Eccentric-Overload Training in Team-Sport Functional Performance: Constant Bilateral Vertical Versus Variable Unilateral Multidirectional Movements. *International Journal of Sport Physiology and Performance*, 12(7), 951-958. <https://doi.org/10.1123 / ijspp.2016-0251>
- Hancock, A. P.; Sparks, K. E., & Kullman, E. L. (2015). Postactivation potentiation enhances swim performance in collegiate swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(4), 912-917. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000000744>.
- Hodgson, M.; Docherty, D., & Robbins, D. (2005). Post-activation potentiation: Underlying physiology and implications for motor performance. *Sports Medicine*, 35(7), 585-595. <https://doi.org/10.2165 / 00007256-200535070-00004>
- Hopkins, W. G.; Marshall, S. W.; Batterham, A. M., & Hanin, J. (2009). Progressive statistics for studies in sports medicine and exercise science. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 41(1), 3-13. <https://doi.org/10.1249 / MSS.0b013e31818cb278>.
- Keiner, M.; Yaghabi, D.; Sander, A.; Wirth, K., & Hartmann, H. (2015). The influence of maximal strength performance of upper and lower extremities and trunk muscles on different sprint swim performances in adolescent swimmers. *Science & Sports*, 30(6), e147-e154. <https://doi.org/10.1016 / j.scispo.2015.05.001>
- Kilduff, L. P.; Bevan, H. R.; Kingsley, I. C.; Owen, N. J.; Bennett, M. A.; Bunce, P. J.; ... Cunningham, D. J. (2007). Postactivation potentiation in professional rugby players: Optimal recovery. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 21(4), 1134-1138. <https://doi.org/10.1519 / R-20996.1>
- Koziris, L. P., & Cscs, D. (2012). Postactivation Potentiation: Sometimes More Fatigue Than Potentiation. *Strength and Conditioning Journal*, 34(6), 75-76. <https://doi.org/10.1519/SSC.0b013e31826ddc07>
- MacIntosh, B. R.; Robillard, M. E., & Tomaras, E. K. (2012). Should postactivation potentiation be the goal of your warm-up? *Applied Physiology, Nutrition, and Metabolism*, 37(3), 546-550. <https://doi.org/10.1139/h2012-016>
- McGowan, C. J.; Pyne, D. B.; Thompson, K. G., & Rattray, B. (2015). Warm-Up Strategies for Sport and Exercise: Mechanisms and Applications. *Sports Medicine*, 45(11), 1523-1546. <https://doi.org/10.1007 / s40279-015-0376-x>.

- Mola, J. N.; Bruce-Low, S. S., & Burnet, S. J. (2014). Optimal recovery time for postactivation potentiation in professional soccer players. *The Journal of Strength & Conditioning Research*, 28(6), 1529-1537.
<https://doi.org/10.1519 / JSC.0000000000000313>.
- Neiva, H. P.; Marques, M. C.; Barbosa, T. M.; Izquierdo, M., & Marinho, D. A. (2014). Warm-up and performance in competitive swimming. *Sports Medicine*, 44(3), 319-330.
<https://doi.org/10.1007 / s40279-013-0117-y>.
- Neiva, H. P.; Morouço, P. G.; Pereira, F. M., & Marinho, D. A. (2012). The effect of warm-up in 50 m swimming performance. *Motricidade*, 8(S1), 13-19.
http://doi.org/10.14195/2182-7087_3_4
- Petisco, C.; Ramirez-Campillo, R.; Hernández, D.; Gonzalo-Skok, O.; Nakamura, F. Y., & Sanchez-Sanchez, J. (2019). Post-activation Potentiation: Effects of Different Conditioning Intensities on Measures of Physical Fitness in Male Young Professional Soccer Players. *Frontiers in Psychology*, 10, 1-9.
<https://doi.org/10.3389/fpsyg.2019.01167>
- Robbins, D. W. (2005). Postactivation potentiation and its practical applicability: a brief review. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 19(2), 453-458.
<https://doi.org/10.1519 / R-14653.1>
- Sale, D. (2004). Postactivation potentiation: role in performance. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 386-387.
<https://doi.org/10.1136 / bjsm.2002.003392>
- Sanchez-Sanchez, J.; Rodríguez-Fernández, A.; Petisco, C.; Ramirez-Campillo, R., & Nakamura, F. Y. (2018). Effects of different post-activation potentiation warm-ups on repeated sprint ability in soccer players from different competitive levels. *Journal of Human Kinetics*, 61, 189-197.
<https://doi.org/10.1515 / hkin-2017-0131>
- Seitz, L. B., & Haff, G. G. (2016). Factors Modulating Post-Activation Potentiation of Jump, Sprint, Throw, and Upper-Body Ballistic Performances: A Systematic Review with Meta-Analysis. *Sports Medicine*, 46(2), 231-240.
<https://doi.org/10.1007 / s40279-015-0415-7>.
- Slawson, S. E., Conway, P. P., Cossor, J., Chakravorti, N., & West, A. A. (2013). The categorisation of swimming start performance with reference to force generation on the main block and footrest components of the Omega OSB11 start blocks. *Journal of Sports Sciences*, 31(5), 468-478. <https://doi.org/10.1080 / 02640414.2012.736631>
- Stewart, A. M., & Hopkins, W. G. (2000). Consistency of swimming performance within and between competitions. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32, 997-1001.
<https://doi.org/10.1097 / 00005768-200005000-00018>
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effect on performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166.
<https://doi.org/10.2165 / 00007256-200939020-00004>.
- Towson, C.; Midgley, A. W., & Lovell, R. (2013). Warm-up strategies of professional soccer players: Practitioners' perspectives. *Journal of Sports Sciences*, 31(13), 1393-1401.
<https://doi.org/10.1080 / 02640414.2013.792946>

Sánchez, M.; Ramírez-Campillo, R.; Rodríguez-Fernández, A.; Rodríguez, P., y Sánchez-Sánchez, J. (2020). Efecto de un protocolo de activación que incluye carga excéntrica sobre el sprint en estilo libre en nadadores. *RICYDE. Revista Internacional de Ciencias del Deporte*. 62(16), 369-380. <https://doi.org/10.5232/ricyde2020.06203>

West, D. J.; Owen, N. J.; Cunningham, D. J.; Cook, C. J., & Kilduff, L. P. (2011). Strength and Power Predictors of Swimming Starts in International Sprint Swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(4), 950-955. <https://doi.org/10.1519 / JSC.0b013e3181c8656f>.

Wilson, J. M.; Duncan, N. M.; Marin, P. J.; Brown, L. E.; Loenneke, J. P.; Wilson, S.; ... Ugrinowitsch, C. (2013). Meta-Analysis of postactivation potentiation and power: effects of conditioning activity, volume, gender, rest periods, and training status. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 27(3), 854-859. <https://doi.org/10.1519 / JSC.0b013e31825c2bdb>.