




Rendiment en natació després d'un protocol d'entrenament excèntric de postactivació

Francisco Cuenca-Fernández* ^{FC} ^{ID}, Ana Gay ^{AG} ^{ID}, Jesús Ruiz-Navarro ^{JR} ^{ID}, Esther Morales-Ortiz ^{EO} ^{ID}, Gracia López-Contreras ^{GL} ^{ID} i Raúl Arellano ^{RA} ^{ID}

Aquatics Lab, Departament d'Educació Física i Esportiva, Facultat de Ciències de l'Esport, Universitat de Granada, Espanya



Citació

Cuenca-Fernández, F., Gay, A., Ruiz-Navarro, J., Morales-Ortiz, E., López-Contreras, G., & Arellano, R. (2020). Swimming Performance After an Eccentric Post-Activation Training Protocol. *Apunts. Educación Física y Deportes*, 140, 44-51. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2020/2\).140.07](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2020/2).140.07)

Resum

Aplicar exercicis de condicionament màxim millora de manera temporal la contractilitat muscular gràcies a la potenciació estimulada (PAPE). No obstant això, es desconeix si el sistema pot millorar la seva adaptabilitat al procediment mitjançant un entrenament basat en els propis exercicis de condicionament. Aquest estudi va posar a prova un protocol de PAPE en 14 nedadors abans i després d'un període d'entrenament. Inicialment, es va avaluar la força dels participants tant en extremitats inferiors com superiors. Posteriorment, es van estudiar els efectes de dos tipus d'escalfament en una prova de natació de 50 metres, un d'ells estàndard i un altre de PAPE que incloïa repeticions màximes executades en màquines d'entrenament excèntric. A continuació, es va aplicar un protocol d'entrenament de 6 setmanes (2 dies/setmana), en el qual es van dur a terme repeticions màximes executades en màquines d'entrenament excèntric i es van tornar a estudiar els efectes, tant en els tests de força com després de la realització de tots dos escalfaments. El rendiment va millorar als 15 m després del PAPE en comparació amb la situació estàndard, però no en les marques posteriors. Després de les 6 setmanes, es van registrar increments en la força d'extremitats inferiors (14.46%) i superiors (12.40%). Després d'aplicar l'escalfament de PAPE, va augmentar la velocitat d'enlairament en la sortida de natació i va millorar el temps i la velocitat de nedar als 25, 40 i 50 metres, la qual cosa suggereix que els participants van ser capaços d'aconseguir un millor balanç entre fatiga i potenciació.

Paraules clau: natació de velocitat, escalfament, potència, entrenament en sec, força

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

ISSN: 2014-0983

***Correspondència:**
Francisco Cuenca-Fernández
cuenca@ugr.es

Secció:
Entrenament esportiu

Rebut:
7 de maig de 2019

Acceptat:
8 d'octubre de 2019

Publicat:
1 d'abril de 2020

Introducció

Qualsevol increment en la velocitat o accions dutes a terme en una prova de natació requereix un increment proporcional en la força i potència muscular aplicades en l'aigua o en el *pooyete*, així com un increment en la capacitat i eficiència dels sistemes de producció d'energia per a mantenir aquests requeriments (Vorontsov et al., 2011). Els músculs produeixen treball i efectuen moviments articulars a través de contraccions que són caracteritzades per la producció de força i d'uns determinats canvis en la seva longitud en uns discrets intervals de temps (Nasirzade et al., 2014), la qual cosa suggereix l'existència d'una relació lògica entre les habilitats de força i el rendiment dels nedadors.

En la competició d'alt nivell, la diferència entre guanyar o perdre en una prova sovint es determina per una fracció d'una diferència percentual en el rendiment. Durant dècades, entrenadors i científics han tractat de preparar als atletes per a obtenir el màxim rendiment de les seves habilitats durant la competició. Un aspecte d'aquesta preparació inclou l'escalfament i totes aquestes activitats realitzades en els 5-15 minuts previs d'una prova, ja que poden jugar un aspecte crucial en el rendiment. Específicament, la realització de contraccions musculars breus a una intensitat pràcticament màxima, han estat identificades com a precursoras d'un efecte de millora en la capacitat contràctil del múscul, tant en força com en velocitat (Gilbert i Less, 2005; Seitz et al., 2016). A aquest efecte se l'ha conegut com a potenciació postactivació estimulada (PAPE) (Cuenca-Fernández et al., 2017).

Un possible mecanisme darrere del PAPE podria ser l'efecte positiu de l'increment de la temperatura muscular juntament amb l'augment del volum aquós intracel·lular en l'acoblament i adhesió dels ponts creuats que possibiliten la contracció muscular (Blazevich i Babault, 2019). D'altra banda, l'efecte del PAPE també podria haver-se de l'augment de l'activació neuronal que s'ha detecta al llarg de l'espina dorsal després de qualsevol mena de contracció muscular intensa (Chiu et al., 2004). Finalment, l'efecte del PAPE també podria deure's a la fosforilació de la cadena lleugera de miosina (Baudry i Dechateau, 2007a; Grange et al., 1998). Després d'una contracció muscular màxima, existeix un augment dels ions de calci alliberats en el reticle sarcoplasmàtic, els quals són els encarregats d'adherir-se a la tropomiosina i dur a terme la rotació del filament fi en el qual es troba coberta l'actina. Mitjançant aquesta rotació, actina i miosina queden en contacte directe, amb el que és possible que es produeixin els ponts creuats entre aquestes

dues molècules i per consegüent, la contracció muscular, gràcies al moviment d'embranchida que produeix la miosina per la seva pròpia naturalesa. Una vegada dut a terme aquest moviment d'embranchida, la miosina necessita separar-se de l'actina i tornar a pivotar el seu cap cap a una posició distal a la qual adherir-se amb una nova molècula d'actina. No obstant això, perquè es produeixi aquest efecte, aquesta proteïna necessita ser fosforilada, o cosa que és el mateix, recarregada o impulsada energèticament perquè aquest moviment de rotació distal es produeixi a l'interior de la fibra muscular com a resultat d'una reacció quimiofisiològica, però només quan l'estímul que ha provocat la contracció muscular prèvia és prou intens, es produeix aquest efecte de fosforilació, ja que l'organisme l'interpreta com un mecanisme de resposta davant els indicis de fatiga ocasionats (Baudry i Duchateau, 2007b; Grange et al., 1998).

Els beneficis del PAPE són més efectius quan es proporciona un període de descans entre l'exercici de condicionament i l'activitat competitiva (Seitz et al., 2015). Raonament que té sentit si atenem el model proposat per Sale (2004), ja que fatiga i potenciació són dues respostes inherents a l'activitat contràctil i el predomini d'una sobre l'altra pot tenir una influència crucial en el rendiment. En esportistes entrenats, aquest estat de fatiga pot dissipar-se relativament ràpid, mentre que l'estat de fosforilació pot durar actiu fins a 5-8 minuts a l'espera que sigui requerida per l'organisme la citada contracció muscular màxima. Per tant, trobar la finestra d'oportunitat en la qual realitzar l'activitat competitiva amb absència de fatiga, mentre que el sistema muscular roman en estat potenciat és fonamental per a obtenir el màxim rendiment de l'esportista (Tillin i Bishop, 2009), tasca que converteix el PAPE en un mètode amb aplicació i respostes altament individualitzades i condicionades a l'estat físic dels esportistes als quals s'aplica.

Un dels principis del PAPE és proporcionar un exercici de condicionament el més semblant possible a l'acció real (Seitz et al., 2016; Tillin i Bishop, 2009). Per tant, si el moviment del cos és el resultat d'una acurada i particular seqüència d'activació de determinades unitats motores per produir la força i els moviments requerits per realitzar un determinat gest, llavors és una tasca important identificar l'exercici biomecànicament més òptim per estimular les unitats motores que requerirem per a la nostra tasca específica, en aquest cas la natació. Un estudi (Naczka et al., 2016), en el qual es van analitzar les relacions existents entre l'entrenament de força específic mitjançant una màquina d'entrenament inercial i el rendiment en natació, va

obtenir millores significatives en les proves de 50 i 100 metres, i aquestes es van associar als guanys de força i potència ocasionades per l'entrenament, per la qual cosa va servir d'inspiració per aplicar els protocols que es presenten a continuació.

Aquest estudi va experimentar els efectes d'un escalfament estàndard sobre el rendiment en una prova de natació de velocitat, respecte a un escalfament de PAPE que incloïa exercicis específics de força màxima executats en una màquina d'entrenament excèntric. En una segona fase, els participants van ser sotmesos a un entrenament durant 6 setmanes que incloïa els mateixos exercicis utilitzats en la primera fase, i es van tornar a estudiar els efectes després d'un escalfament estàndard i després de l'escalfament de PAPE. Es van estudiar, tant a l'inici de l'experiment com al final de les 6 setmanes, els valors de força de les extremitats superiors i inferiors dels participants.

Metodologia

Mostra

En l'estudi van participar 14 nedadors entrenats (7 homes i 7 dones), que van presentar consentiment informat, i els nedadors menors de 18 anys també van proporcionar permís parental. Les seves característiques físiques van ser: edat, 18.37 ± 1.41 ; pes, 72.46 ± 8.97 kg; i alçada, 1.78 ± 0.11 m. Tots els nedadors reclutats havien participat almenys 5 anys en competició federada. Usualment portaven un règim d'entrenament polaritzat, el qual permetia el desenvolupament de potència i velocitat disminuint el volum d'entrenament aeròbic (Hydren i Cohen, 2015).

Cap dels nedadors va prendre substàncies estupefaents o que poguessin incrementar el seu rendiment. Els tests van ser planificats per realitzar-los just abans a l'hora del seu entrenament diari i es va demanar als participants que evitessin qualsevol activitat física diverses hores abans. Tots els procediments van ser duts a terme d'acord amb la Declaració d'Hèlsinki respecte a la recerca en humans, i l'estudi va rebre l'aprovació del Comitè d'Ètica de la Universitat, amb el núm. 852.

Enfocament experimental

Es va utilitzar un disseny de mesures repetides per a comparar quatre situacions diferents. En primer lloc, es va avaluar l'estat físic dels participants i posteriorment es van estudiar els efectes que es produïen en el rendiment

en una prova de 50 metres després de la realització d'un escalfament estàndard i després de la realització d'un escalfament de PAPE. En segon lloc, es va aplicar un entrenament de 6 setmanes i es van tornar a estudiar els efectes després d'un escalfament estàndard i després d'un escalfament de PAPE.

L'estat físic dels participants es va avaluar mitjançant un test de repeticions màximes realitzat tant en les extremitats inferiors com en les superiors. En tots dos tests es va recollir la màxima càrrega capaç de ser mobilitzada pels participants i es van obtenir les corbes de potència i velocitat expressades al 25, 50, 75 i 100 % d'aquesta resistència màxima (RM) obtinguda pels participants (González-Badillo i Sánchez-Medina, 2010).

L'escalfament de PAPE es va realitzar a través d'un protocol de quatre repeticions d'exercicis dels membres inferiors i superiors en una màquina d'entrenament excèntric adaptada (Yo-Yo™ Technology AB, Estocolm, Suècia). Els exercicis per a extremitats inferiors van consistir en la realització del moviment de flexoextensió que es realitza en la sortida de natació amb la mateixa posició i col·locació de les cames (de manera asimètrica) que els nedadors establien en el bloc de sortida (figura 1). L'exercici de condicionament per a extremitats superiors va consistir en la realització de moviments de tracció de braços similar al moviment propi de les braçades de natació, reclinats en un banc d'entrenament des del

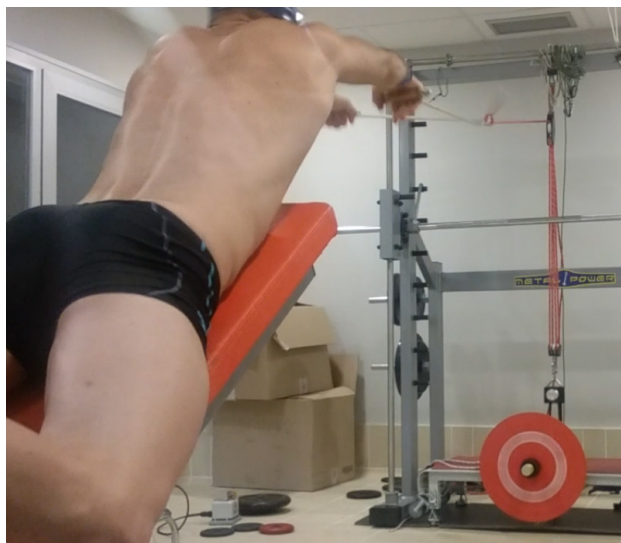
Figura 1

Inducció de PAPE per a les extremitats inferiors en la màquina d'entrenament excèntric nHANCE™ Squat Ultimate (YoYo™ Technology AB, Estocolm, Suècia)



Figura 2

Inducció de PAPE per a les extremitats superiors en una màquina d'entrenament excèntric nHANCE™ Squat Ultimate (YoYo™ Technology AB, Estocolm, Suècia) adaptada



qual traccionaven d'uns agafadors connectats mitjançant cordes a la màquina d'entrenament excèntric (figura 2).

Procediment

El context experimental va ser una piscina coberta de 25 metres (amb temperatura de l'aigua i de l'aire a 28.1 °C i 29.0 °C, respectivament). Cada nedador va realitzar individualment 3 protocols en 3 dies separats (un protocol per dia). En la primera sessió, es va realitzar l'anàlisi de força mitjançant un test de RM en un pòrtic d'entrenament, d'acord amb les guies proposades per l'American College of Sports Medicine (Ferguson, 2014). Al pòrtic es va connectar un dinamòmetre isoinercial T-Force (Ergotech, Múrcia, Espanya), el qual va transmetre directament a un ordinador tots els valors registrats durant els tests de força. Els exercicis realitzats en el test de força van estar basats en l'estudi de Cuenca-Fernández et al. (2018), que inclouen: 1) Gambades en un pòrtic d'entrenament amb la mateixa posició i col·locació asimètrica de les cames que els nedadors establien en el bloc de sortida, i 2) Exercicis realitzats en un pòrtic d'entrenament adaptat mitjançant unes corrioles que permetien realitzar moviments de tracció de braços similar a les braços de natació.

En una segona sessió, es va marcar als nedadors punts de referència (en retolador negre), en els punts articulars del maluc, genoll, turmell, mà i colze.

Posteriorment, els nedadors van ser informats sobre el protocol de test, que incloïa la realització d'un escalfament, un període de descans i finalment, la realització d'una prova de 50 metres a màxima intensitat. Cada test sol va ser realitzat una vegada per a simular les condicions de competició de "un intent" (regles FINA). Al llarg de la sessió, un col·laborador va controlar el temps de descans de cada participant. Un estímul sonor, similar al que s'usa en competició, va ser utilitzat com a senyal de sortida. En cada prova, es va demanar als participants que es pugessin al bloc de sortida. Una vegada en posició, es va indicar el senyal de preparats i seguidament es va emetre el senyal de sortida.

Primer, tots els nedadors van realitzar un protocol d'escalfament estàndard (SWU), que va consistir en 400 metres de natació variada i dues sortides des del bloc. Després de nedar, els participants van començar un protocol d'estirament dinàmic que va consistir en exercicis de la musculatura més relacionada amb els salts i les estirades de braços. Cada exercici va ser realitzat 10 vegades i en total, tot el set es va repetir dues vegades. En tot moment, el protocol d'estiraments dinàmics es va realitzar sota supervisió d'un col·laborador, el qual es va assegurar que no s'excedissin els 4 minuts i que es permetessin almenys 6 minuts de descans abans de la realització del test de 50 metres a màxima intensitat. Tots els tests van ser gravats amb diverses càmeres col·locades al llarg de la piscina amb l'objectiu d'obtenir les variables cinemàtiques relacionades amb la prova.

Dues hores més tard, els nedadors van realitzar el SWU seguit de la inducció de PAPE a través d'un protocol proposat per Cuenca-Fernández et al. (2018), que va consistir en la realització de quatre repeticions a intensitat màxima d'exercicis dels membres inferiors i superiors en una màquina d'entrenament excèntric adaptada (Yo-Yo™ Technology AB, Estocolm, Suècia). A aquest escalfament se'l va denominar EWU.

Durant les 6 setmanes següents, es va sotmetre els nedadors a un protocol d'entrenament de 2 dies per setmana en el qual es van dur a terme exactament els mateixos exercicis realitzats en els escalfaments de PAPE. A l'arribada, els nedadors realitzaven l'escalfament de 400 metres d'estil variat seguit del protocol d'estirament dinàmic i a continuació es realitzaven els exercicis en les màquines d'entrenament excèntric. En finalitzar les 6 setmanes, es van tornar a efectuar els tests de força, així com les proves de natació després d'un escalfament estàndard i de PAPE, seguint els mateixos protocols i metodologies esmentats anteriorment.

Resultats

Es va obtenir estadística descriptiva i totes les dades van ser expressades com la Mitjana \pm DE a l'interval de confiança (95 %) (SPSS Version 21.0, IBM, Chicago, IL, USA). Després del test de normalitat de Saphiro-Wilk, es van aplicar anàlisi ANOVA de mesures repetides d'una via respecte als quatre protocols per determinar diferències en les variables cinètiques i cinemàtiques entre i intra els participants. Per detectar diferències, el nivell alfa va ser fixat al nivell $< .05$. Les comparacions per parells es van realitzar amb el mètode de Bonferroni per a controlar errors de tipus 1.

Es va obtenir una millora en els tests de força realitzats després de les 6 setmanes d'entrenament, especialment significativa per a les extremitats inferiors ($p < .01$), on els valors de RM dels participants van millorar de 76.53 ± 21.97 kg, fins a 89.46 ± 24.78 kg, després de les 6 setmanes d'entrenament. Per a les extremitats superiors, els valors també van millorar ($p < .05$), de 34.34 ± 7.01 kg a 39.20 ± 7.86 kg (figura 3).

Les corbes de potència-velocitat obtingudes en els tests de força van mostrar una millora en l'execució dels exercicis tant en potència com en velocitat, especialment significativa en els valors de potència de les extremitats inferiors (figura 4, a dalt), executades al 25 ($p < .05$), 50 ($p < .01$), 75 ($p < .05$) i 100 % de la RM ($p < .05$). No obstant això, els valors obtinguts en les extremitats superiors es van mantenir iguals després de les 6 setmanes d'entrenament en les execucions al 25, 50 i 75 % de la RM i aquests valors fins i tot van ser pitjors al 100 % de la RM (figura 4, gràfic inferior).

L'anàlisi va revelar diferències en temps i velocitats de nedar en 15 metres després de l'escalfament de PAPE en comparació amb l'escalfament estàndard (T15: $F_{3,48} = 5.073$; $p = .028$; V15: $F_{3,48} = 5.082$; $p = .031$), però no va haver-hi diferències ni en la resta de la prova ni després de les 6 setmanes d'entrenament, tant després de l'escalfament estàndard com després de l'escalfament de PAPE (taula 1). Es van obtenir diferències en els temps i velocitats de nedar després d'aplicar el PAPE després de les 6 setmanes d'entrenament, en comparació amb l'escalfament estàndard després de les 6 setmanes d'entrenament en les marques de 40 i 50 metres (T40_PAPE: $F_{3,48} = 4.625$; $p = .045$; V40_PAPE: $F_{3,48} = 4.028$; $p = .039$; T50_PAPE: $F_{3,48} = 5.795$; $p = .024$; V50_PAPE: $F_{3,48} = 4.982$; $p = .033$). No obstant això, no es van trobar diferències estadísticament significatives als 25 metres malgrat que els valors també van ser millors després del PAPE (taula 1).

Els valors de velocitat d'enlairament registrats en el maluc durant el vol van ser diferents després d'aplicar el protocol de PAPE després de les 6 setmanes d'entrenament, en comparació amb els valors obtinguts després de

Figura 3

Valors de força màxima registrats en el test de repeticions màximes (RM), per a les extremitats inferiors i superiors. Al començament de l'experiment (PRE) i després de 6 setmanes d'entrenament excèntric (POST)

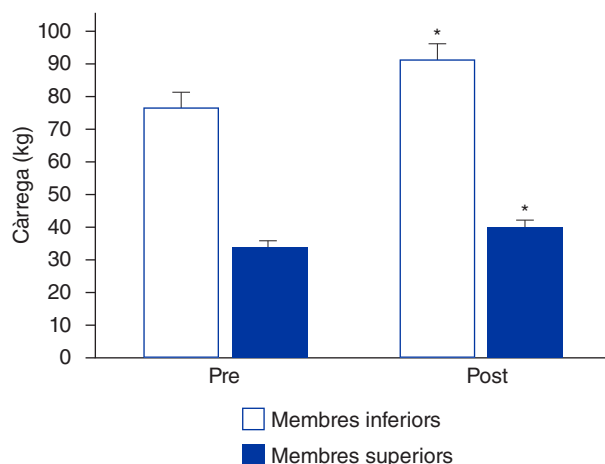
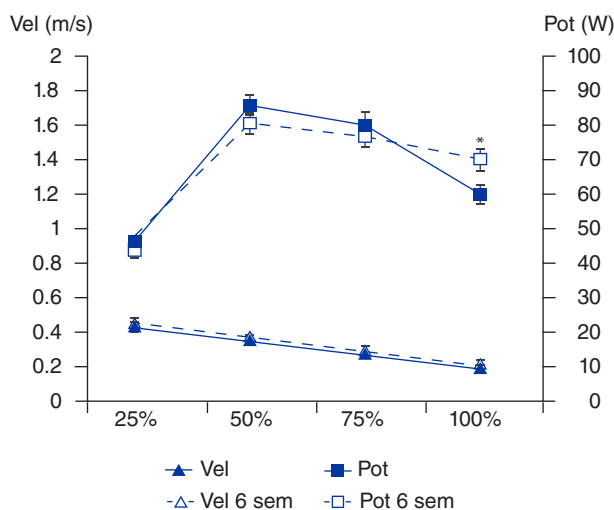
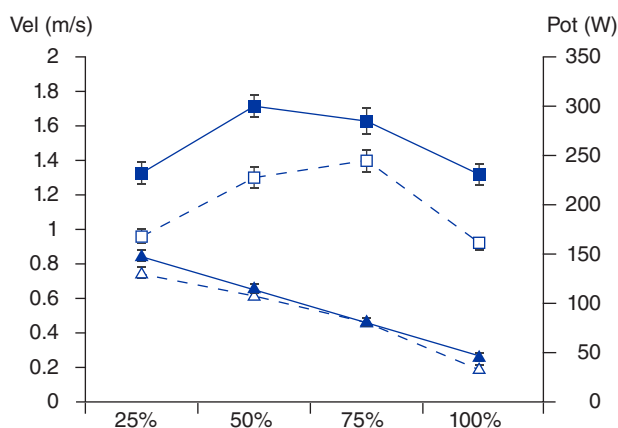


Figura 4

Corbes de potència-velocitat obtingudes en els tests de força realitzats en extremitats inferiors (a dalt) i extremitats superiors (a sota), al començament de l'experiment i després de 6 setmanes d'entrenament. Valors expressats al 25, 50, 75 i 100 % de la RM dels participants



Taula 1

Mitjana i desviació estàndard dels temps i velocitats de nedar (15, 25, 40 i 50 m), i de la sortida de natació (des de senyal de sortida fins al primer contacte de les mans amb l'aigua)

	Pretest			Pretest + PAPE				Postest (6 setm.)				Postest (6 setm.) + PAPE				
	T	DE	Vel	DE	T	DE	Vel	DE	T	DE	Vel	DE	T	DE	Vel	DE
15 m	7.30	± 0.50	1.71	± 0.13	7.12*	± 0.90	2.17*	± 1.62	7.37	± 0.55	1.70	± 0.13	7.34	± 0.57	1.70	± 0.12
25 m	13.51	± 0.85	1.53	± 0.10	13.57	± 1.03	1.50	± 0.13	13.74	± 0.96	1.52	± 0.10	13.68	± 1.00	1.53	± 0.13
40 m	21.76	± 1.38	1.64	± 0.10	21.95	± 1.64	1.61	± 0.12	22.14	± 1.53	1.61	± 0.13	21.97#	± 1.62	1.65#	± 0.13
50 m	27.73	± 1.72	1.59	± 0.09	28.08	± 2.18	1.58	± 0.17	28.31	± 2.03	1.54	± 0.14	27.98#	± 2.10	1.59#	± 0.13
Sortida	0.90	± 0.09	3.28	± 0.39	0.91	± 0.10	3.27	± 0.36	0.91	± 0.08	3.29	± 0.39	0.92	± 0.11	3.31†	± 0.33

* Diferències respecte a l'escalfament estàndard; # Diferències respecte a l'escalfament estàndard després de 6 setmanes d'entrenament; † Diferències respecte a l'escalfament PAPE després de les 6 setmanes d'entrenament.

l'escalfament de PAPE a l'inici del test ($F_{3,36} = 7.042$, $p = .045$). No va haver-hi diferències significatives per al temps de vol registrat durant l'enlairament en cap dels 4 protocols (taula 1).

Discussió

El primer objectiu d'aquest estudi va ser el d'avaluar si el rendiment muscular podia ser elevat després d'haver realitzat uns exercicis de condicionament d'intensitat màxima. Els resultats van mostrar que el rendiment pot ser millorat en el pas per 15 metres després d'haver realitzat un escalfament basat en la PAPE. El segon objectiu d'estudi va ser el d'avaluar els efectes d'aquest mateix tipus d'escalfament després d'haver realitzat un entrenament de 6 setmanes utilitzant els mateixos protocols i els resultats van demostrar que els participants van aconseguir un millor balanç entre fatiga i potenciació. A més, aquest estudi també va demostrar que els participants van ser capaços de millorar els seus valors de força absoluta i relativa després de les 6 setmanes d'entrenament del protocol d'escalfament.

En l'estudi de Kilduff et al. (2011), va ser el primer cas en què es van aplicar els protocols de PAPE en sortides de natació d'agafador en forat. Es van obtenir millores significatives en els pics de força generats en el bloc de sortida, no obstant això, no es va obtenir cap diferència en el pas per 15 metres. Els nedadors en aquest estudi no van experimentar cap canvi significatiu en les variables recollides en el bloc, encara que van ser capaços d'aconseguir la marca de 15 metres en menys temps (taula 1). D'acord amb algunes autories, és important considerar la fase del bloc sobre la influència en el rendiment obtingut en els components posteriors a la sortida de natació i per tant, és important per als nedadors optimitzar-la (Mason et al., 2007). Alguns estudis han demostrat la relació entre unes extremitats inferiors fortes i un bon rendiment en la sortida; els resultats suggereixen

que aquells participants que tendeixen a aconseguir més velocitat en les sortides de natació són aquells que posseeixen valors més alts de força absoluts i/o relatius en les extremitats inferiors (Béretic et al., 2013). Després de les 6 setmanes d'entrenament, els participants van obtenir una millora en els tests de força, especialment significativa en les extremitats inferiors (figura 3). Això no va provocar cap millora important en la velocitat d'enlairament després de l'escalfament estàndard, però sí que ho va fer després d'haver-se aplicat l'escalfament de PAPE (taula 1). Aquests resultats van estar d'acord amb l'estudi de Cuenca-Fernández et al. (2015), on es va demostrar que aquells nedadors amb més força relativa en les extremitats inferiors no només eren capaços d'executar la sortida de natació en millors condicions, sinó que a més eren capaços de reaccionar millor als protocols de PAPE. Si els nedadors d'aquest estudi van ser capaços d'incrementar el seu valor de força absoluta després de les 6 setmanes d'entrenament, llavors també ho va fer el seu valor de força relativa i per tant, la seva capacitat per reaccionar millor davant els protocols de PAPE.

Quant a la fase de natació, el temps inferior en la marca de 15 metres només es va obtenir després del PAPE; no obstant això el temps més baix aconseguit en 50 metres es va produir després de la situació estàndard, la qual cosa suggereix que després del PAPE es va produir una deterioració en la velocitat del nedador (taula 1). La fatiga i la potenciació coexisteixen com a respostes del PAPE, la qual cosa representa que es generen respostes molt individualitzades en funció del nivell o de l'estat físic de l'atleta, i que encara és necessari trobar una intensitat o un període de descans més adequat per als exercicis de condicionament aplicats a les extremitats superiors. En l'estudi de Naczka et al. (2016), es va aplicar un entrenament específic durant 4 setmanes de la musculatura relacionada amb la fase de tracció de l'estil crol, mitjançant l'ús d'una màquina d'entrenament inercial. Com a resultat, es van obtenir millores en el rendiment en natació tant

en 50 (-0.76 %) com en 100 metres (-1.83 %), i aquestes milleres van ser associades als ràpids guanys obtinguts en força (12.8 %) i potència muscular (14.2 %), possiblement ocasionades per la gran estimulació generada per la sobrecàrrega excèntrica. Els guanys de força absoluta en les extremitats superiors obtingudes en aquest estudi van ser del 12.4 %. No obstant això, si es tenen en compte els valors obtinguts en els tests de potència-velocitat, possiblement l'exercici triat per a les extremitats superiors no va provocar el suficient estímul d'entrenament. Els valors obtinguts en la velocitat d'execució van empitjorar i van representar una deterioració amb una variabilitat del $\sim -11.59\%$, mentre que les milleres obtingudes en potència van tenir una variabilitat de $5.88\% \sim$ al 25, 50 i 75 % de la RM, però van presentar un empitjorament de -14.55% en mobilitzar el 100 % de la RM (figures 3 i 4).

En qualsevol cas, cal destacar que, encara que en aplicar el protocol de PAPE i realitzar una comparació amb la situació estàndard es va produir un empitjorament dels resultats abans d'iniciar l'entrenament de 6 setmanes (taula 1), no es va obtenir la mateixa tendència després de les 6 setmanes d'entrenament, però sí que es van obtenir milleres en les marques finals de la prova (25, 40 i 50 metres). Aquest resultat suggereix que els participants van ser capaços d'aconseguir un millor balanç entre fatiga i potenciació, possiblement perquè van incrementar el seu valor de RM en les extremitats superiors (figura 3), i segons Morouço et al. (2011) el rendiment en una prova de 50 metres està més relacionat amb els valors absoluts de força que amb els relatius al pes corporal.

En conclusió, un escalfament basat en els protocols PAPE podria influir en el rendiment en els primers metres d'una cursa de 50 m. No obstant això, altres factors, com la fatiga, podrien modificar els patrons de natació i donar resultats contradictoris als de la tasca desitjada. L'avaluació i control de la força dels nedadors mitjançant test de força específics com els que s'han dut a terme en aquest estudi, suposen una eina útil i necessària que hauria de ser duta a terme més sovint pels entrenadors per a autoavaluar els procediments d'entrenament realitzats amb els esportistes. Un dels principals resultats trobats en aquest estudi, gràcies als tests de força, va ser que la sobrecàrrega que ofereixen les màquines d'entrenament excèntric sembla presentar majors beneficis en l'entrenament i estimulació de les extremitats inferiors, en comparació amb les superiors, possiblement pel propi posicionament del participant en la realització de l'exercici i la pròpia acció de la gravetat. Futures recerques haurien de realitzar el mateix protocol utilitzant com a mètode d'entrenament l'aplicació de càrregues individualitzades, especialment per a aplicar una major intensitat en les extremitats superiors.

Agraïments

Aquest estudi va ser finançat pels projectes: DEP2014-59707-P "SWIM: Specific Water Innovative Measurements applied to the development of International swimmers in short swimming events (50 and 100m)" i per: PGC2018-102116-B-100 SWIM II: Specific Water Innovative Measurements: applied to the improvement in performance", finançats pel Ministeri d'Economia, Indústria i Competitivitat (Agència Espanyola de Recerca) i l'European Regional Development Fund (ERFD), i forma part de la tesi internacional desenvolupada en el programa de doctorat en Biomedicina (B11.56.1) de la Universitat de Granada (Espanya).

Referències

- Baudry, S., & Duchateau, J. (2007a). Postactivation potentiation in a human muscle: Effect on the load-velocity relation of tetanic and voluntary shortening contractions. *Journal of Applied Physiology*, 103(4), 1318-1325. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.00403.2007>
- Baudry, S., & Duchateau, J. (2007b). Postactivation potentiation in a human muscle: Effect on the rate of torque development of tetanic and voluntary isometric contractions. *Journal of Applied Physiology*, 102(4), 1394-1401. <https://doi.org/10.1152/jappphysiol.01254.2006>
- Beretic, I., Durovic, M., Okicic, T., & Dopsaj, M. (2013). Relations between lower body isometric muscle force characteristics and start performance in elite male sprint swimmers. *Journal of Sport Science & Medicine*, 12(4), 639-645.
- Blazevich, A., & Babault, N. (2019). Post-activation potentiation (PAP) versus post-activation performance enhancement (PAPE) in humans: Historical perspective, underlying mechanisms, and current issues. *Frontiers in Physiology*, 10, 1359. <https://doi.org/10.3389/fphys.2019.01359>
- Chiu, L. Z. F., Fry, A. C., Schilling, B. K., Johnson, E. J., & Weiss, L. W. (2004). Neuromuscular fatigue and potentiation following two successive high intensity resistance exercise sessions. *European Journal of Applied Physiology*, 92(4-5), 385-392. <https://doi.org/10.1007/s00421-004-1144-z>
- Cuenca-Fernandez, F., Smith, I. C., Jordan, M. J., MacIntosh, B. R., Lopez-Contreras, G., Arellano, R., & Herzog, W. (2017). Nonlocalized postactivation performance enhancement (PAPE) effects in trained athletes: A pilot study. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 42(10), 1122-1125. <https://doi.org/10.1139/apnm-2017-0217>
- Cuenca-Fernandez, F., Taladriz, S., López-Contreras, G., De la Fuente, B., Argüelles, J., & Arellano, R. (29 juny - 3 juliol, 2015). Relative force and PAP in swimming start performance. A *ISBS-Conference Proceedings Archive. 33rd International Conference on Biomechanics in Sports*. Poitiers, France.
- Cuenca-Fernández, F., Ruiz-Teba, A., López-Contreras, G., Arellano, R. (2018). Effects of two types of activation protocols based on post-activation potentiation on 50-meter freestyle performance. *Journal of Strength and Conditioning Research*. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000002698>
- Ferguson, B. (2014). ACSM's guidelines for exercise testing and prescription 9th Ed. 2014. *The Journal of the Canadian Chiropractic Association*, 58(3), 328.
- Gilbert, G., & Less, A. (2005). Changes in the force development characteristics of muscle following repeated muscle maximum force and power exercise. *Ergonomics*, 48(11-14), 1576-1584. <https://doi.org/10.1080/00140130500101163>
- González-Badillo, J. J., & Sánchez-Medina, L. (2010). Movement velocity as a measure of loading intensity in resistance training.

- International Journal of Sports Medicine*, 31(5), 347-352. <https://doi.org/10.1055/s-0030-1248333>
- Grange, R. W., Vandenboom, R., Xenii, J., & Houston, M. E. (1998). Potentiation of in vitro concentric work in mouse fast muscle. *Journal of Applied Physiology*, 84(1), 236-243. <https://doi.org/10.1152/jap-1998.84.1.236>
- Hydren, J. R., & Cohen, B. S. (2015). Current scientific evidence for a polarized cardiovascular endurance training model. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 29(12), 3523-3530. <https://doi.org/10.1519/Jsc.0000000000001197>
- Kilduff, L., Cunnigham, D., Owen, N., West, D., Bracken, R., & Cook, C. (2011). Effect of postactivation potentiation on swimming starts in international sprint swimmers. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 25(9), 2418-2423. <https://doi.org/10.1519/JSC.0b013e318201bfa>
- Naczki, M., Naczki, A., Brzenczek-Owczarzak, W., Arlet, J., & Adach, Z. (2016). Efficacy of inertial training in elbow joint muscles: Influence of different movement velocities. *The Journal of Sports Medicine and Physical Fitness*, 56(3), 223-231.
- Nasirzade, A., Ehsanbakhsh, A., Ilbeygi, S., Sobhkhiz, A., Argavani, H., & Aliakbari, M. (2014). Relationship between sprint performance of front crawl swimming and muscle fascicle length in young swimmers. *Journal of Sport Science & Medicine*, 13(3), 550-556.
- Mason, B., Alcock, A., & Fowlie, J. (23-27 agost, 2007). *A kinetic analysis and recommendations for elite swimmers performing the sprint start*. A ISBS-Confererece Proceedings Archive. Ouro Preto-Brazil.
- Morouço, P., Keskinen, K. L., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). Relationship between tethered forces and the four swimming techniques performance. *Journal of Applied Biomechanics*, 27(2), 161-169. <https://doi.org/10.1123/jab.27.2.161>
- Seitz, L. B., Trajano, G. S., Dal Maso, F., Haff, G. G., & Blazevich, A. J. (2015). Postactivation potentiation during voluntary contractions after continued knee extensor task-specific practice. *Applied Physiology Nutrition and Metabolism*, 40(3), 230-237. <https://doi.org/10.1139/apnm-2014-0377>
- Seitz, L. B., Mina, A., & Haff, G. (2016). Post-activation potentiation of horizontal jump performance across multiple sets of a contrast protocol. *Journal of Strength and Conditioning Research*, 30(10), 2733-2740. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000001383>
- Tillin, N. A., & Bishop, D. (2009). Factors modulating post-activation potentiation and its effects of performance of subsequent explosive activities. *Sports Medicine*, 39(2), 147-166. <https://doi.org/10.2165/00007256-200939020-00004>
- Sale, D. (2004). Postactivation potentiation: Role in performance. *British Journal of Sports Medicine*, 38(4), 385-386. <https://doi.org/10.1136/bsjm.2002.003392>
- Voronstov, A., Seifert, L., Chollet, D., & Mujika, I. (2011). Strength and power training in swimming. A L. Seifert, D. Chollet, & I. Mujika (Eds.), *World book of swimming: From science to performance* (pàg. 313-344).

Conflicte d'interessos: les autories no han comunicat cap conflicte d'interessos.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a la url: <https://www.revista-apunts.com/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Internacional de Creative Commons Reconeixement 4.0. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan incloses a la llicència Creative Commons de l'article, tret que s'indiqui el contrari a la línia de crèdit; si el material no s'inclou sota la llicència Creative Commons, els usuaris hauran d'obtenir el permís del titular de la llicència per reproduir el material. Per veure una còpia d'aquesta llicència, visiteu <https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/deed.ca>