



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

Idioma de l'original:
Castellà

Rebut:
2 de juliol de 2021

Acceptat:
28 d'octubre de 2021

Publicat:
1 d'abril del 2022

Portada:
2022 ONU any
Internacional del
Desenvolupament
Sostenible de
les Muntanyes.
Tirol (Àustria)
@Adobe Stock

Canvis en la tècnica de crol causats per diferents exercicis tècnics

Gracia López-Contreras^{1*} , María Paz Campaña-Montilla¹,
Francisco Cuenca-Fernández¹  i Raúl Arellano¹ 

¹ Grup de Recerca Activitat Física i Esportiva en el Medi Aquàtic, Departament de la Universitat de Granada. Educació Física i Esportiva. Carretera de Alfacar, s/n 18001 – Granada. Universitat de Granada. Granada (Espanya)

Citació

López-Contreras, G., Campaña-Montilla, M. P., Cuenca-Fernández, F., & Arellano, R. (2022). Changes in Front Crawl Technique Caused by Different Technical Exercises. *Apunts Educación Física y Deportes*, 148, 34-41. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2022/2\).148.05](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2022/2).148.05)

Resum

Alguns exercicis de natació alteren la rotació de l'eix longitudinal del cos. Aquest estudi va determinar les diferències i la simetria de la rotació de l'espatlla i el maluc causada per diferents exercicis. En un disseny transversal, 16 nedadors entrenats van realitzar sis protocols diferents de natació de crol: i) no respiració (NR); ii) respiració dreta (RD); iii) un braç estès i respiració dreta (ERD) o iv) esquerra (ERE); v) un braç enganxat al cos i respiració dreta (CRD) o vi) esquerra (CRE). Els exercicis es van enregistrar en vídeo amb dues càmeres frontals, i els angles es van mesurar mitjançant Kinovea®. L'ANOVA de dues vies va explorar la interacció protocols-exercici. Les diferències entre el costat del braç executor (BE) i el no executor (BNE) es van comparar mitjançant proves t de mostres parellades. Les espatlles van rodar més que els malucs i van assolir abans la rotació màxima. La respiració va augmentar la rotació en ~7-12°. CRD i CRE van mostrar rangs de rotació més baixos que els altres protocols, però van obtenir asimetries significatives entre el costat executor (espatlla: 8-19°; maluc: 12-17°) i no executor (espatlla: 66-77°; maluc: 51-68°). CRD i CRE van mostrar rangs de rotació similars als de la natació normal, però van obtenir un temps de cicle de braçada diferent (1.5 s vs. 1.3 s). Els canvis entre la rotació d'espatlles i malucs no van ser homogenis i es van veure especialment propiciats pels exercicis de natació, sobretot al respirar. Els entrenadors haurien de reconsiderar la inclusió d'aquests exercicis en programes de natació.

Paraules clau: aprenentatge, biomecànica, entrenament, lateralitat, natació.

Introducció

La natació de crol acostuma a presentar problemes persistents durant el seu aprenentatge, com la dificultat per respirar i la manca de ritme o de coordinació (Zhang, 2014). Per aquest motiu, s'acostumen a aplicar exercicis específics (també denominats *drills*) per assajar i corregir les tècniques de natació (Bielec et al., 2008; Lucero, 2015; Wen et al., 2016). Alguns exercicis de natació requereixen una excessiva participació cognitiva i d'habilitats i, per tant, poden ser difícils per als principiants; en canvi, d'altres, com els exercicis de natació amb restricció de la respiració i els exercicis de crol frontal amb un braç, s'utilitzen habitualment per reproduir algunes condicions de la competició o com a procediment per obligar el nedador a centrar-se més en un aspecte concret de la seva tècnica (Zhang, 2014; Lucero, 2015).

Encara que la literatura científica no ha abordat un estudi detallat sobre aquest tema, existeixen evidències basades en estudis centrats en els canvis en la rotació longitudinal del cos durant la natació. Bàsicament, aquesta rotació augmenta l'eficàcia de la tracció de braços, ja que permet l'ús de grans grups musculars (Prichard, 1993; Andersen et al., 2020). A més, la respiració i la recuperació del braç són més suaus, ja que el cap i les espatlles tenen més espai per moure's mentre el cos roda (Payton et al., 1997; Psycharakis i Sanders, 2010). Tanmateix, alguns estudis han demostrat que les trajectòries dels braços es poden veure modificades i afectades negativament per una excessiva rotació del cos (Payton et al., 1997; Psycharakis i Sanders, 2010; Lecrivain et al., 2010). A més, com que aquests canvis estan modulats per la velocitat de natació (Psycharakis i Sanders, 2010), l'augment de les accions de la part superior del cos reduiria el rang global i la duració d'aquesta rotació (Andersen et al., 2020; Yanai, 2001; Sanders i Psycharakis, 2009), restringint així l'efecte de gir en direccions no propulsives i mantenint el cos més hidrodinàmic (Cappaert et al., 1995; Yanai, 2003). De fet, un error comú molt habitual a les piscines és la tendència a incloure aquestes pràctiques durant sessions de baixa intensitat o com a recuperació entre sèries d'alta intensitat, ja que això comporta una reducció del ritme de natació i no es podria esperar una transferència a la natació competitiva real. Per tant, independentment dels canvis en la tècnica, els exercicis de natació realitzats a baixa velocitat també aconseguirien un augment de la rotació d'espatlles i malucs.

Alguns autors han mostrat que en els nedadors és normal trobar una asimetria en la rotació del cos entre el costat que respira i el que no respira, (Psycharakis i

Sanders, 2010; Psycharakis i McCabe, 2011; de Souza-Castro et al., 2007; Payton et al., 1999). Tanmateix, l'asimetria causada per les accions de la respiració pot augmentar durant els exercicis de natació si el nedador es veu forçat a adoptar una postura que crea una asimetria addicional *per se*. Per exemple, els exercicis de crol frontal amb un sol braç són habituals en les pràctiques de natació per millorar la coordinació de la respiració, per treballar més amb un sol braç, o com a forma de modificar la tècnica del nedador (Lucero, 2015; Yanai i Hay, 2000; López-Contreras i Arellano, 2002). Tanmateix, és important assenyalar que la pèrdua de propulsió i estabilitat corporal que s'obté en restringir les accions del braç no executor (BNE) produiria un augment compensatori en les accions del braç executor (BE), que podria estar relacionat amb una pèrdua de longitud de braçada (Cuenca-Fernández et al., 2020a). Per tant, és possible que s'obtingui poc o cap benefici d'aquests exercicis de natació, especialment si no es manté un ritme de braçada consistent durant la pràctica (Funai et al., 2019).

Per últim, tot i que s'ha demostrat que les espatlles roden més que els malucs independentment de la velocitat de natació (Andersen et al., 2020; Cappaert et al., 1995; Yanai, 2003), la rotació del maluc augmenta durant les proves de natació a mesura que progressa la fatiga dels nedadors, possiblement per la disminució d'acció compensatòria de les cames (Psycharakis i Sanders, 2008). Això suggereix que l'estabilitat dels nedadors a l'aigua sembla que es veu afectada per aspectes de naturalesa multifactorial, com els causats per les accions de respiració i cop de peu, i també els causats per la baixa velocitat de natació (Psycharakis i Sanders, 2010; Sanders i Psycharakis, 2009). Per tant, no hi ha cap motiu per ignorar les possibles alteracions que puguin produir els exercicis de natació.

Arribats a aquest punt, i com que l'objectiu intrínsec d'un *drill* és provocar canvis en la natació real després d'una pràctica repetitiva contínua, ens proposarem observar si aquests exercicis realitzats a velocitat màxima realment maximitzarien o deteriorarien la tècnica de natació abans d'incorporar-los a un programa d'entrenament a llarg termini. Per aquest motiu, la finalitat d'aquest estudi va ser determinar les diferències biomecàniques entre alguns exercicis comuns de natació de crol sobre la rotació de l'espatlla i el maluc i la seva simetria entre el costat del braç executor i el no executor (BE; BNE). La nostra hipòtesi va ser que determinats exercicis de natació causarien alteracions que podrien ser crítiques en la tècnica.

Metodologia

Disseny experimental

Es va utilitzar un disseny transversal per explorar la tècnica de natació durant sis protocols diferents d'exercicis de crol. Els protocols van consistir en: i) no respiració (NR); ii) respiració a la dreta (RD); natació de crol amb un braç mantenint el braç no executor (BNE) estès davant del cap i respirant en el costat del braç executor (BE): iii) a la dreta (ERD) i iv) a l'esquerra (ERE); natació de crol amb un braç

mantenint el BNE en el cos i respirant en aquest costat: v) a la dreta (CRD) i vi) a l'esquerra (CRE) (Figura 1). Els sis protocols s'aplicaren de forma aleatòria i les diferències en la rotació d'espatlles i malucs s'observaren intraparticipants.

Participants

Un grup de 16 nedadors nacionals de competició (homes $n = 10$; dones $n = 6$), d'edats compreses entre 14 i 18 anys van ser informats dels possibles riscos i els requisits de la prova, i van proporcionar un consentiment informat

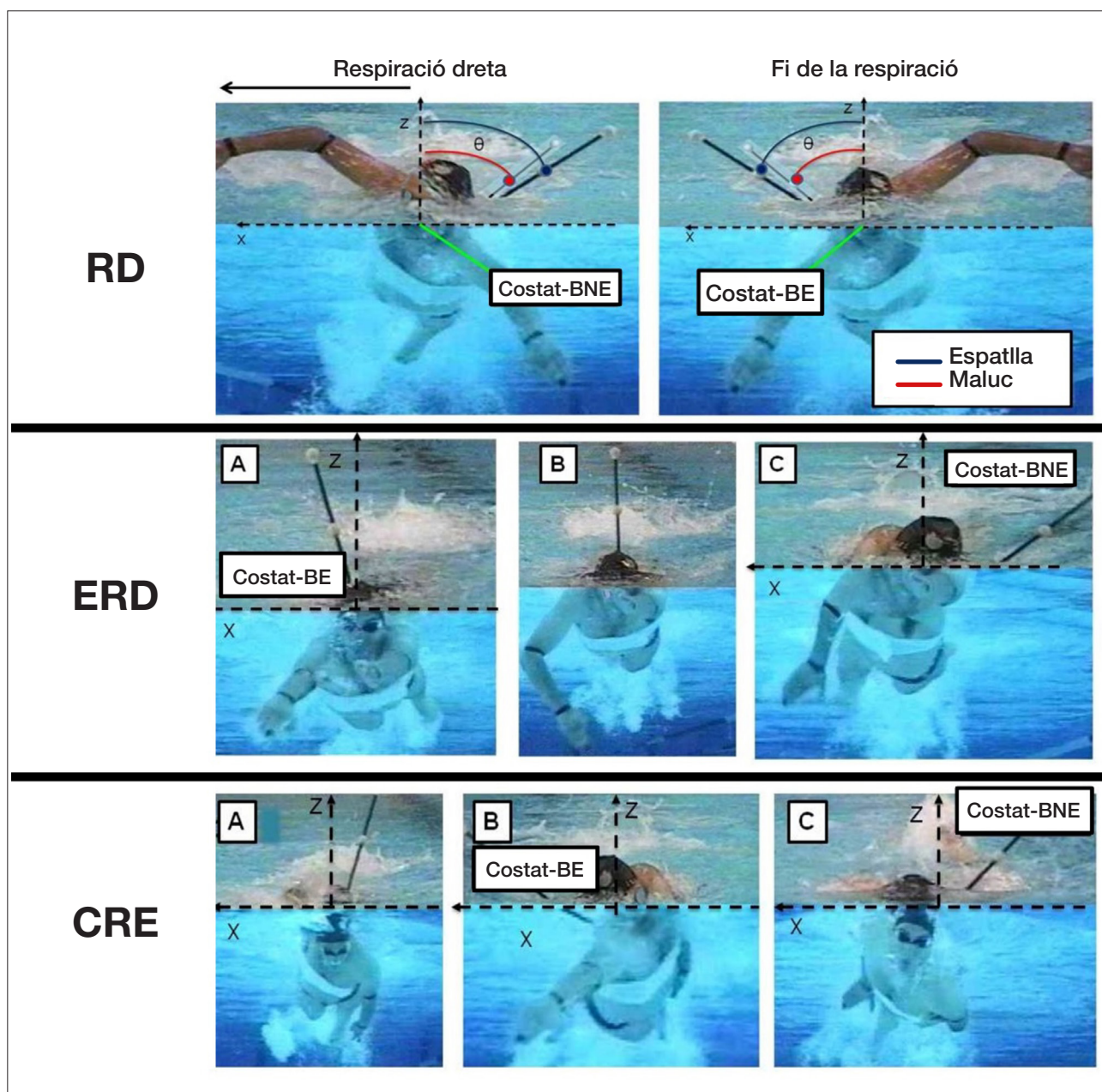


Figura 1

Exercicis de natació i sistema d'enregistrament emprat per calcular la rotació de l'espatlla i el maluc en relació amb l'eix vertical del cos. Respiració dreta (RD); respiració dreta estesa amb el braç (ERD); respiració esquerra amb el braç enganxat al cos (CBI); costat del braç executor (BE); costat del braç no executor (BNE).

signat per participar en l'experiment. Els menors de 18 anys també van proporcionar el consentiment dels seus pares. Els criteris d'inclusió van ser: i) tenir el crol com a primer estil de competició; ii) executar la respiració pel costat dret per mantenir la igualtat entre el costat dominant i la lateralitat dels nostres nedadors (21); i iii) presentar 5 anys d'entrenament reglat com a mínim. L'estudi es va dissenyar d'acord amb la declaració de Hèlsinki per a la investigació en humans i va ser aprovat pel comitè d'ètica de la Universitat de Granada (codi 852).

Procediment: materials i instruments

Abans de la prova, els nedadors van assistir a una sessió de familiarització per posar en pràctica els exercicis de natació i el procés d'avaluació. El context experimental va ser una piscina de 25 x 12.5 m (temperatura de l'aigua = 27 °C). Els nedadors van arribar a la piscina en el seu horari habitual d'entrenament vespertí, després d'haver-se abstingut de realitzar exercicis extenuants durant les 24 hores anteriors. En arribar, les articulacions del colze i el canell i la punta del dit índex es marcaren amb cinta negra, i es va realitzar un escalfament consistent en 8 x 25 m de natació de crol abans de l'inici de la prova. Cada protocol de test va consistir en sis esforços de 15 metres, i es va demanar als nedadors que evitessin nedar sota l'aigua.

Es van col·locar dues barres dorsals de metacrilat (longitud i amplària: 50 x 1 cm) als nedadors a través d'una base unida a un cinturó ajustat fermament a l'alçada dels extrems inferiors de l'escàpula i entre les crestes ilíaqües (és a dir, la regió lumbar) (Figura 1). Les marques de cinta negra en les articulacions permeten una digitalització precisa (Andersen et al., 2020), i les barres es fixen fermament al cos i no es mouen (Payton et al., 1997; Liu et al., 1993). Un cop col·locades les barres, els nedadors van ser fotografiats estirats en posició ventral davant una referència fixada a la paret. Això va permetre calibrar i garantir la correcta posició de la barra en vertical. Els valors de la rotació màxima de l'espatlla i el maluc entorn de l'eix longitudinal del cos es van mesurar mitjançant la posició de les barres en relació amb la posició vertical (en graus °) (Figura 1).

Variables mesurades

Els angles de rotació màxims assolits en el costat BE es van mesurar durant la primera meitat de l'acció total del braç, mentre que els valors del costat BNE es van mesurar durant la respiració en el costat BE (amb l'excepció de CRD i CRE, perquè la respiració es va produir en el costat BNE). Es van utilitzar tècniques fotogramètriques bidimensionals (2D) amb dues càmeres de vídeo (S-VHS NV-MS4, 50 Hz, Panasonic Corp., Japó), situades en el pla frontal (una d'elles a la superfície i l'altra a sota de l'aigua), i els registres es van

superposar en l'espai i el temps mitjançant un commutador de vídeo (Digital video switcher SE-900, Whittier, EUA). Cada nedador va realitzar els exercicis a través d'una zona que havia estat prèviament calibrada mitjançant un sistema de referència (1.50 m de longitud, 0.88 m d'amplària i 0.93 m d'altura). Aquest sistema, que contenia 15 punts de referència d'ubicació coneguda, es va col·locar al centre del carrer de natació, i la zona de registre establerta va oscil·lar entre 5 i 6.50 m des de la càmera frontal. La digitalització i el mesurament dels angles es va realitzar amb la versió 0.7.10 de Kinovea®.

Anàlisi de dades

Les estadístiques descriptives s'expressaren com a mitjana $\pm$ SD desviació estàndard i intervals de confiança (IC 95 %). Es van calcular i classificar les mides de l'efecte (d) de les diferències obtingudes (petita si $0 \leq |d| \leq .5$; mitjana si $.5 < |d| \leq .8$; i gran si $|d| > .8$) (Andersen et al., 2020). La distribució de normalitat es va analitzar mitjançant el mètode de Kolmogorov-Smirnov. Les diferències entre el factor "protocol" i els factors "espatlla vs. maluc" es van analitzar mitjançant ANOVA de dues vies de mesures repetides, i les posteriors proves *post hoc* es portaren a terme mitjançant el mètode de Bonferroni. Es van realitzar proves t de mostres aparellades per comparar els valors d'espatlla i maluc del costat BE i BNE en totes les condicions. La significació estadística es va fixar en $p < .05$, i tots els procediments estadístics es van realitzar amb el programa SPSS 23.0 (IBM, Chicago, IL, EUA.). Per avaluar la fiabilitat de les dades es va utilitzar la fiabilitat test-retest (coeficient de correlació intraclasse [CCI]), intraobservadors i interobservadors. El CCI intraobservador va oscil·lar entre 0.95 % i 0.96 %, i el CCI interobservador, entre 0.97 % i 0.99 %.

Resultats

El rang total de rotació va mostrar diferències significatives en funció del protocol ($F_5, 11 = 61.42$; $p < .01$), de les diferències entre espatlla i maluc ($F_5, 11 = 335.19$; $p < .01$) i d'una interacció entre el protocol i el factor espatlla vs. maluc ($F_5, 11 = 18.45$; $p < .01$). La rotació de l'espatlla va ser més gran que la de maluc en els sis protocols estudiats (Figura 2A) ($F_5, 11 = 61.422$; $p < .01$). Els valors més baixos es van obtenir per a tots dos casos en ERD ($p < .00$; $p = .01$), mentre que van ser similars en RD, CRD i CRE (Taula 1). En el costat NEA, la rotació d'espatlles va ser més gran que la de malucs per als sis protocols estudiats ($F_5, 11 = 395.402$; $p < .01$). El valor de rotació més gran en espatlles i malucs es va obtenir en ERE (Taula 1). En el costat BE, la rotació de les espatlles va ser més gran que la dels malucs en NR, RD, CRD i CRE ($F_5, 11 = 154.336$, $p < .01$), però va ser similar a la de malucs en ERD i ERE (Taula 1).

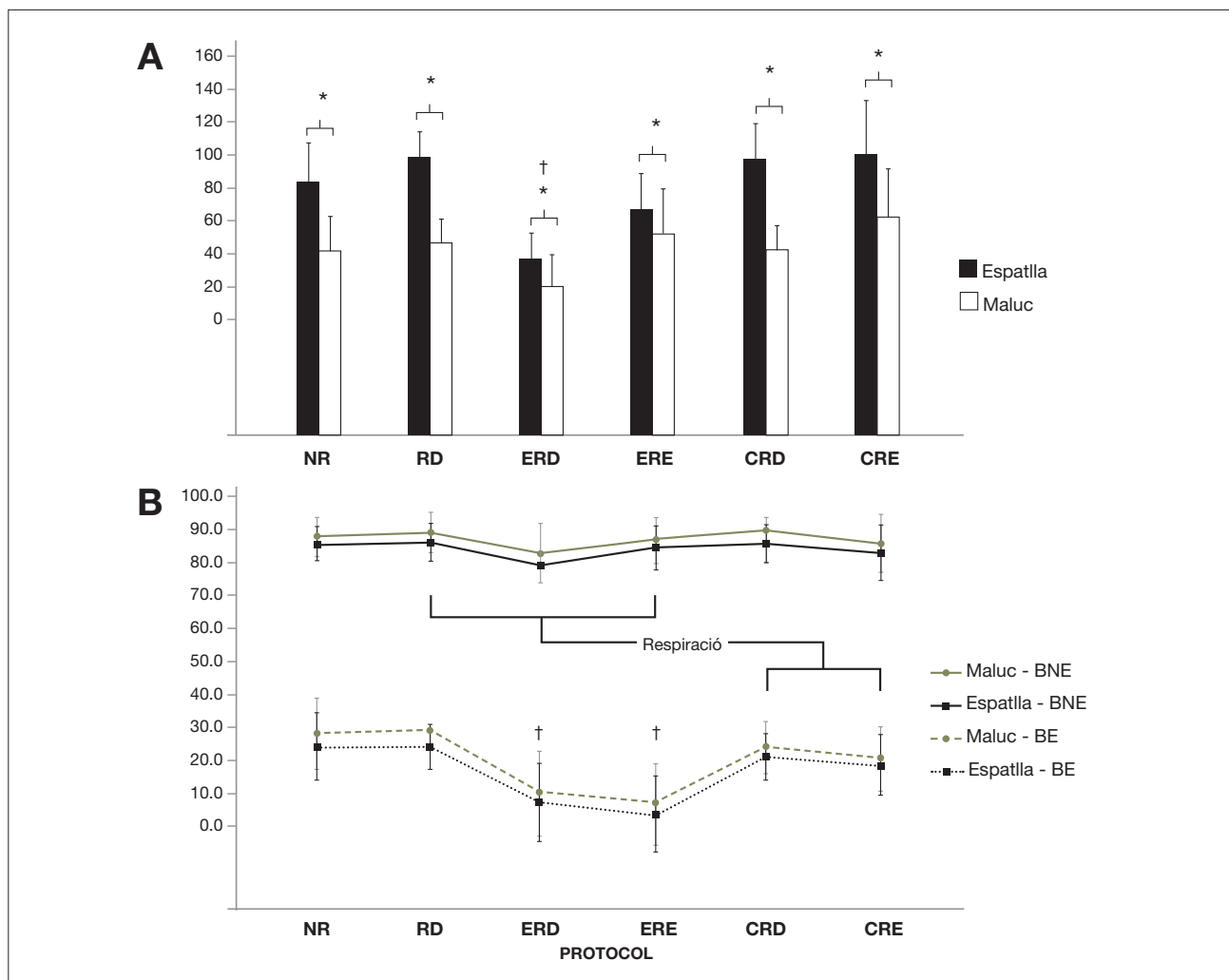
Taula 1*Temps total de braçada en cada protocol.*

Braçada		Espatlla			Maluc		
Protocol	Temps	BE	BNE	<i>d</i>	BE	BNE	<i>d</i>
NR	1.29 ± 0.14	53.50 ± 7.62	53.25 ± 10.69	-0.02	39.68 ± 7.04#	38.12 ± 10.73#	-0.17
RD	1.31 ± 0.16	52.75 ± 6.76	64.87 ± 7.21*†	-1.73	34.75 ± .53#	47.06 ± 8.01*#	-1.89
ERD	1.33 ± 0.12	8.37 ± 6.19†	66.50 ± 8.50*†	-7.81	12.12 ± 6.38#†	51.18 ± 10.66*†	-4.44
ERE	1.29 ± 0.14	18.56 ± 7.43†	77.56 ± 11.23*†	-6.19	17.25 ± 6.88#†	67.93 ± 14.00*†	-4.59
CRD	1.50 ± 0.19†	61.93 ± 8.99	54.31 ± 8.81*	0.69	42.93 ± 6.04#	35.62 ± 7.03*#	1.11
CRE	1.52 ± 0.18†	65.43 ± 12.81	53.06 ± 13.73*	0.93	52.12 ± 14.45#	39.81 ± 10.99*#†	0.95

Diferències i mides de l'efecte (*d*) de la rotació màxima d'espatlles i malucs del braç executor (BE) i del braç no executor (BNE). Valors expressats en graus (°). NR: No respiració; RD: respiració a la dreta; ERD: natació de crol amb el braç no executor (BNE) estès davant del cap i respirant en el costat del braç executor (BE); ERE: respirant a l'esquerra; CBD: natació de crol mantenint el BNE en el cos i respirant en aquest costat (a la dreta); CRE: respirant a l'esquerra.

* Diferències significatives entre el costat BE i BNE (asimetria) ($p < .05$). # Diferències estadístiques entre espatlla i maluc ($p < .05$).

† Diferències estadístiques en comparació amb NR ($p < .05$).

**Figura 2**

Panel A: Rang de rotació total en graus (°); Panel B: Percentatge (%) del temps total del cicle de braçada necessari per assolir la rotació màxima en el costat del braç executor (BE) i del braç no executor (BNE). Dades obtingudes en els sis protocols. NR: No respiració; RD: respiració a la dreta; ERD: natació de crol amb el braç no executor (BNE) estès davant del cap i respirant en el costat del braç executor (BE); ERE: respirant a l'esquerra; CBD: natació de crol mantenint el BNE en el cos i respirant en aquest costat (a la dreta); CRE: respirant a l'esquerra; (n = 16).

* Diferències estadístiques entre espatlla i maluc ($p < .05$). † Diferències estadístiques amb NR ($p < .05$).

Es van mostrar diferències significatives en la simetria de la rotació de l'espatlla en tots els protocols ($F5, 11 = 60.151, p < .01$) entre el costat BE i BNE ($F5, 11 = 379.238; p < .01$), excepte en NR (Taula 1). Es van trobar diferències similars en la simetria de la rotació del maluc ($F5, 11 = 18.745; p < .01$) comparant el costat BE amb el costat BNE ($F5, 11 = 279.26; p < .01$). En particular, l'asimetria en els protocols RD, ERD i ERE va assolir més rotació en el costat BNE, tant en espatlles com en malucs, mentre que l'asimetria en CRD i CRE va adquirir més rotació en el costat BE (Taula 1). El temps total de braçada va ser superior en CRD ($p = .02$) i CRE ($p = .01$) en comparació amb els altres protocols ($F5, 11 = 5.75, p < .01$) (Figura 2B). La rotació en espatlles i malucs va seguir una trajectòria similar, tot i que els malucs van trigar més que les espatlles a assolir el grau màxim de rotació en els sis protocols ($F5, 11 = 141.46; p < .01$). Pel costat BE, en els protocols NR, RD i CRD, la rotació màxima d'espatlles i malucs es va obtenir més tard en el temps total de braçada en comparació amb la ERD i ERE ($F5, 11 = 6.83; p = .04$).

Discussió

L'objectiu d'aquest estudi va ser determinar les diferències en la rotació d'espatlla i maluc provocades per diferents exercicis de crol i la simetria d'aquesta rotació. Els nostres resultats van mostrar que la contenció de la respiració (que va actuar com a control) va assolir la rotació d'espatlla i maluc de forma simètrica en tots dos costats, mentre que es va observar una asimetria en tots els protocols en respirar, ja que els valors de rotació augmentaren en ~ 7 - 12° en el costat oposat a la respiració (BNE). Els exercicis de natació que van permetre estendre el braç cap a endavant van produir una reducció en el rang de rotació total, tant en espatlles com en malucs. Tanmateix, hi van haver asimetries més grans entre BE i BNE, amb una notable rotació cap al costat BNE. En els exercicis de natació amb el braç enganxat al cos, els rangs de rotació total i d'asimetria van ser similars als de condicions normals, tot i que es va aconseguir més rotació en el costat BE, que va ser oposada a l'obtinguda en els altres protocols. Per tant, els exercicis de natació alteraren la rotació d'espatlles i malucs, especialment en presència de la respiració.

La rotació va ser més gran en tots els protocols en el costat oposat al que es va realitzar la respiració (BNE). Aquest resultat era previsible, ja que les asimetries de la rotació del cos s'han considerat com una manera d'adaptar-se a la respiració (Psycharakis i Sanders, 2010). De fet, és important tenir en compte que el temps que duri l'acció de respiració també podria modificar el cicle de tracció del braç i la magnitud del parell aplicat en el costat BE, ja que el braç s'allibera abans de l'aigua en respirar (Psycharakis

i McCabe, 2011). Segons el model de flotació proposat per Yanai (2004), les accions de recobriment dels braços són suficients per impulsar la rotació del cos en el costat oposat. Per tant, una acció de recobriment que inclogui la respiració augmentaria el parell de flotació cap al centre de masses del cos i, per tant, la seva rotació. Els nostres resultats coincideixen amb estudis anteriors; Payton et al. (1999) van obtenir una rotació de $62 \pm 4^\circ$ i $55 \pm 4^\circ$ entre les condicions de respiració i no respiració. López-Contreras i Arellano (2002) van obtenir valors de 60° i 48° , mentre que Psycharakis i McCabe (2011) van obtenir valors de 59° i 51° entre les proves amb i sense respiració. Per tant, sembla que la diferència de rotació en la natació amb respiració tendeix a ser $\sim 10 \pm 3^\circ$ més gran que en la natació sense respiració.

Els exercicis de natació amb el BNE estès (ERD i ERE) van ser els que més van alterar la rotació. El rang de rotació total va ser inferior a les mitjanes obtingudes en altres protocols (Figura 2A), però es va assolir una rotació significativament inferior en el costat BE (~ 8 - 19°) en comparació amb els valors obtinguts en la resta de protocols (~ 50 - 60°). Això es va explicar principalment pel fet que el braç estès restringia la rotació del cos, la qual cosa provocava que el cos del nedador quedés pla sobre l'aigua (Figura 1). En canvi, la rotació va ser significativament superior en el costat BNE, la qual cosa produïa una gran asimetria amb el costat BE. Aquesta diferència en l'asimetria va ser particularment gran en el protocol ERE (50 - 59° de diferència). Possiblement per les diferències en la dominància de la lateralitat o la flexibilitat del coll, els nedadors exageraren un moviment al qual no estaven acostumats (Psycharakis i Sanders, 2008). En qualsevol cas, alguns autors han afirmat que aquesta posició pot situar la trajectòria del BE en una posició diferent a l'habitual, provocant que la mà passi molt més enllà de la línia mitjana del cos cap al maluc oposat (Payton et al., 1999; López-Contreras i Arellano, 2002; Liu et al., 1993). Així, si els nedadors no compensen els canvis en la rotació del cos, la braçada podria no assolir la seva profunditat òptima, i això podria afectar la seva efectivitat de propulsió (Lecrivain et al., 2010; Liu et al., 1993).

D'altra banda, aquestes alteracions podrien ser més grans si la freqüència de les braçades no es manté de forma constant, ja que un augment excessiu de les accions del BE podria provocar l'escurçament de la braçada i reduir així la seva capacitat propulsiva (Cuenca-Fernández, 2020a; Funai et al., 2019). Pel que fa al temps del cicle de la braçada (Taula 1), els protocols ERD i ERE no van obtenir diferències significatives amb el temps de natació normal; per tant, no es pot confirmar que l'eficiència propulsiva es pogués haver reduït amb una braçada més ràpida. Tanmateix, aquesta possibilitat no ha de ser completament descartada

pels entrenadors si inclouen aquest exercici. A més, és important tenir en compte que la posició repetitiva dels braços a sobre del cap, juntament amb l'adducció forçada i la rotació interna de les espatlles, podria provocar un pinçament subacromial i una tendinosi del manegot dels rotatoris, la qual cosa podria causar dolor o inestabilitat en l'espatlla i una tècnica de natació incorrecta. Per tant, aquest exercici s'ha de considerar amb precaució si es vol evitar el pinçament de l'espatlla del braç estès (Yanai i Hay, 2000).

Els protocols CRD i CRE oferiren valors de rotació similars als obtinguts en NR i RD (Figura 2A). Tanmateix, com que un braç quedava immòbil al costat del cos i la respiració es produïa en aquell costat, el cos havia de crear una rotació addicional per col·locar el cap en una posició fora de l'aigua que permetés la respiració. Això va provocar un increment singular de la rotació en el costat BE, tant en les espatlles com en els malucs, i va explicar per què l'angle de rotació va ser més gran en el costat BE que en el costat BNE. López-Contreras i Arellano (2002) van estudiar les trajectòries subaquàtiques de crol que restringeixen un braç i van mostrar que el temps emprat en la primera part de la braçada es va reduir en favor de l'adopció d'una postura corporal que permetés la respiració. Per consegüent, els nedadors augmentaren el temps del moviment d'empenyiment de la mà per crear una propulsió tangible, però també com a forma de produir una rotació suficient del cos cap al costat oposat per alliberar aquest braç de l'aigua (Figura 1). Tanmateix, el fet que els protocols CRD i CRE obtinguessin els temps de cicle de braçada més llargs (Taula 1), possiblement indicava que o i) no es va perdre temps en l'extensió i contracció, o bé ii) es produïa una resistència més alta del normal pel posicionament del cos. La propulsió del nedador depèn de les forces hidrodinàmiques creades pels moviments de les seves extremitats; per tant, l'aplicació de forces de propulsió amb un sol braç podria augmentar les forces d'inèrcia per vèncer la resistència de l'aigua, disminuint la capacitat de propulsió i la velocitat de natació (Cuenca-Fernández et al., 2020a; Cuenca-Fernández et al., 2020b; Marinho et al., 2009). A més, aquesta velocitat es veuria contrarestada per la resistència imposada per la superfície frontal, ja que la posició amb un braç estès ofereix un 12.5 % més de resistència que la posició de lliscament amb els dos braços estesos, i aquest quocient arriba al 21.5 % en la posició amb tots dos braços a prop del cos (Vorontsov i Rumyantsev, 2000; Marinho et al., 2009). Per tant, apart d'una eficàcia inferior pel fet d'utilitzar només un braç, aquest exercici oferiria més resistència en l'aigua, el que produiria menys velocitat de natació.

L'anàlisi temporal va mostrar que les espatlles assoliren la rotació màxima abans que els malucs, amb valors respecte

al temps de cicle total de ~86-89 % per a espatlles i ~89-92 % per a malucs en el costat BNE; i valors de ~35-40 % i ~37-44 % per al costat BE, respectivament (Figura 2B). Això va coincidir amb l'estudi de Psycharakis i Sanders (2008), que van mostrar valors del 78.3 ± 7.3 % del temps total del cicle per a espatlles i del 79.7 ± 9.6 % per a malucs en el costat oposat al de la respiració (és a dir, el costat BNE). Considerant el rang de rotació total assolit per espatlles i malucs (Figura 2A), la rotació dels malucs en el costat BNE (~40-60°) va ser inferior a la de les espatlles (~50-80°), però la rotació de malucs es va realitzar en un temps superior a la de les espatlles. En qualsevol cas, el protocol ERE va produir la rotació més gran de l'espatlla, però aquest increment també va anar acompanyat d'un notable augment de la rotació en els malucs (Taula 1). Això recolza la teoria que una rotació longitudinal pot ser transferida d'espatlla a malucs (Andersen et al., 2020; Sanders i Psycharakis, 2009). En el cas dels protocols CRD i CRE, l'augment de la rotació de l'espatlla en el costat oposat a la respiració (costat BE) va estar en consonància amb l'augment obtingut en els malucs del mateix costat del cos. Per tant, d'acord amb altres autors (Yanai, 2001; Psycharakis i Sanders, 2008), l'augment de la rotació d'espatlles va incrementar la rotació de malucs, però aquests van rotar menys i més tard que les espatlles. Així, deduïm que espatlles i malucs van seguir una trajectòria paral·lela, però no van assolir el mateix rang de moviment, ni ho van fer al mateix temps (Andersen et al., 2020; Cappaert et al., 1995; Yanai, 2003).

Aquest estudi va presentar la limitació de no haver mesurat la trajectòria de la mà mitjançant tècniques 3D, la qual cosa podria haver proporcionat una aproximació precisa sobre la manera com els canvis en la rotació del cos podrien generar diferents trajectòries de la mà. A més, futurs estudis haurien d'observar com es modifica la rotació de l'eix anteroposterior amb els exercicis de natació des d'un punt de vista zenital, ja que aquesta rotació podria augmentar la resistència. En qualsevol cas, com que la rotació de l'espatlla i el maluc afecta els moviments articulars i el desenvolupament muscular paravertebral, l'impacte d'aquests exercicis en el cos del nedador podria millorar la salut segons els objectius personals i s'hauria de considerar també en el cas dels mals d'esquena.

Conclusions

Els exercicis de natació amb un braç estès van produir una alta asimetria de la rotació del cos durant la respiració i van modificar la posició del cos durant la braçada. Els exercicis de natació amb el braç enganxat al cos van ser els més semblants pel que fa a la rotació general del cos durant el crol. Tanmateix, aquest exercici generaren canvis en el temps

del cicle de braçada que indicaren que la tècnica del nedador va empitjorar pel posicionament del cos. Per tant, la seva transferència podria ser qüestionable. En qualsevol cas, és important tenir en compte que els efectes que puguin produir aquests exercicis estan supeditats al temps, la intensitat i la freqüència amb què els instructors els apliquin; per tant, els seus efectes a llarg termini encara s'han de determinar.

Agraïments

Aquest estudi ha rebut suport per la subvenció concedida pel Ministeri de Ciència, Innovació i Universitats (Agència Espanyola d'Investigació) i el Fons Europeu de Desenvolupament Regional (FEDER); PGC2018-102116-B-I00 "SWIM II: Mesures innovadores específiques de l'aigua: Aplicades a la millora del rendiment".

Referències

- Andersen JT., J.T., Sinclair, P.J., McCabe, C.B., & Sanders, R.H. (2020). Kinematic Differences in Shoulder Roll and Hip Roll at Different Front Crawl Speeds in National Level Swimmers. *J Strength Cond Res.* 2020;, 34(1);, 20-5. DOI:25. <https://doi.org/10.1519/JSC.0000000000003281>
- Bielec, G., Makar, P., & Foliński, P. (2008). Biomechanical effects of application of the technique exercises in young swimmer training. *Wroclaw: Science in Swimming II.* 2008;, 51-959.
- Cappaert, J.M., Pease DL., & Troup J.P. (1995). Three-Dimensional Analysis of the Men's 100-m Freestyle during the 1992 Olympic Games. *J Appl Biomech.* 1995;, 11(1);, 103-12. DOI:112. <https://doi.org/10.1123/jab.11.1.103>
- Cuenca-Fernández, F., Ruiz-Navarro, J.J., & Arellano Colomina, R., editors. (2020a). Strength-velocity relationship of resisted swimming: A regression analysis. *ISBS-Conference Proceedings Archive.* 2020a, 38(1), 99.
- Cuenca-Fernández, F., Gay, A., Ruiz-Navarro JJ., Morales-Ortiz, E., López-Contreras, G., & Arellano, R. (2020b). 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)
- de Souza-Castro, F.A., Villas-Boas JP., & Stringhini-Guimarães., A.C. (2007). Effects of swimming intensity and breathing in front crawl body roll angles for swimmers and triathletes. *Brazilian J Biomech.* 2007; 7(13);, 85-90.
- Funai, Y., Matsunami, M., & Taba, S. (2019). Physiological Responses and Swimming Technique During Upper Limb Critical Stroke Rate Training in Competitive Swimmers. *J Hum Kinet.* 2019, 70(1), 61-8. DOI:68. <https://doi.org/10.2478/hukin-2019-0026>
- Lecrivain, G., Payton, C., Slaouti, A., & Kennedy, I. (2010). Effect of body roll amplitude and arm rotation speed on propulsion of arm amputee swimmers. *J Biomech.* 2010;, 43(6), 1111-7. DOI:1117. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2009.12.014>
- Liu, Q., Hay J.G., & Andrews, J.G. (1993). Body roll and handpath in freestyle swimming: an experimental study. *J Appl Biomech.* 1993, 9(3), 238-53. DOI:253. <https://doi.org/10.1123/jab.9.3.238>
- López-Contreras, G., & Arellano, R. (2002). Análisis del efecto de las modificaciones de la ejecución del estilo crol en la rotación longitudinal del cuerpo. *Colección icd/CD: investigación en ciencias del deporte.* 2002, (32);, 183-218.
- Lucero, B. (2015). *The 100 best swimming drills:* (3rd ed.). Meyer & Meyer Verlag; 2015.
- Marinho D.A., Reis V.M., Alves F.B., Vilas-Boas J.P., Machado, L., Silva A.J., & Rouboa, A.I. (2009). Hydrodynamic drag during gliding in swimming. *J Appl Biomech.* 2009;, 25(3), 253-7. DOI:257. <https://doi.org/10.1123/jab.25.3.253>
- Payton, C.J., Bartlett, R.M., Baltzopoulos, V., & Coombs, R. (1999). Upper extremity kinematics and body roll during preferred-side breathing and breath-holding front crawl swimming. *J SportSports Sci.* 1999;, 17(9), 689-96. DOI:696. <https://doi.org/10.1080/026404199365551>
- Payton, C.J., Hay J.G., & Mullineaux D.R. (1997). The effect of body roll on hand speed and hand path in front crawl swimming: a simulation study. *J Appl Biomech.* 1997, 13(3), 300-15. DOI:315. <https://doi.org/10.1123/jab.13.3.300>
- Prichard, B. (1993) A new swim paradigm: Swimmers generate propulsion from the hips. *Swimming Technique.* 1993, 30(1),17-23.
- Psycharakis S.G., & McCabe, C. (2011). Shoulder and hip roll differences between breathing and non-breathing conditions in front crawl swimming. *J Biomech.* 2011, 44(9), 1752-6. DOI:1756. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2011.04.004>
- Psycharakis S.G., & Sanders R.H. (2008). Shoulder and hip roll changes during 200-m front crawl swimming. *Med Sci Sport Exer.* 2008; *Sports Exerc*, 40(12), 2129-36. DOI:2136. <https://doi.org/10.1249/mss.0b013e31818160bc>
- Psycharakis, S.G., & Sanders, R.H. (2010). Body roll in swimming: A review. *J SportSports Sci.* 2010, 28(3), 229-36. DOI:236. <https://doi.org/10.1080/02640410903508847>
- Sanders, R.H., & Psycharakis, S.G. (2009). Rolling rhythms in front crawl swimming with six-beat kick. *J Biomech.* 2009, 42(3), 273-9. DOI:279. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2008.10.037>
- Vorontsov, A., & Rumyantsev, V. (2000). Propulsive forces in swimming. In V. Zatsiorsky (Ed.), *Biomechanics in sport: Performance, enhancement and injury prevention.* 2000;, (pp. 205-31.231). Oxford: Blackwell Science Ltd. <https://doi.org/10.1002/9780470693797.ch10>
- Wen, Y., Peng, Y., Zhao, F., & Zhen, K. (2016). The effects of specific drills on the flip turns of freestyle swimmers based on a kinesiology analysis. *J Hum Kinet.* 2016, 52(1), 165-73. DOI:173. <https://doi.org/10.1515/hukin-2016-0004>
- Yanai, T. (2001) What causes the body to roll in front-crawl swimming? *J Appl Biomech.* 2001, 17(1), 28-42. DOI: <https://doi.org/10.1123/jab.17.1.28>
- Yanai, T. (2003). Stroke frequency in front crawl: its mechanical link to the fluid forces required in non-propulsive directions. *J Biomech.* 2003, 36(1), 53-62. DOI: [https://doi.org/10.1016/S0021-9290\(02\)00299-3](https://doi.org/10.1016/S0021-9290(02)00299-3)
- Yanai, T. (2004). Buoyancy is the primary source of generating bodyroll in front-crawl swimming. *J Biomech.* 2004, 37(5), 605-12. DOI:612. <https://doi.org/10.1016/j.jbiomech.2003.10.004>
- Yanai, T., & Hay J.G., J.G. (2000). Shoulder impingement in front-crawl swimming: II. Analysis of stroking technique. *Med Sci Sport Exer.* 2000; *Sports Exerc*, 32(1), 30. DOI: <https://doi.org/10.1097/00005768-200001000-00006>
- Zhang, P.(2014). Basic Land Drills for Swimming Stroke Acquisition. *JTRM in Kinesiology.* 2014, 1-16

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



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Aquest article està disponible a l'URL <https://www.revista-apunts.com/ca/>. Aquest treball està publicat sota una llicència Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Les imatges o qualsevol altre material de tercers d'aquest article estan inclosos 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-nc-nd/4.0/deed.ca>