









Natació en socorristes: energètica de crol i crol amb el cap fora de l'aigua

Luis da Fontoura Iglesias¹ , Wellington G. Feitosa^{1,2*} , Cássia Daniele Zaleski Trindade¹ , Ricardo de A. Correia¹ , Lucas Beal¹ , Laura Menin¹  i Flávio A. de S. Castro¹ 

¹ Grup d'Investigació en Esports Aquàtics, Universitat Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brasil).

² Facultat d'Educació Física, Universitat Estatal de Ceará, Fortaleza (Brasil).

Citació

Iglesias, L.F., Feitosa, W.G., Zaleski Trindade, C.D., Correia, R.A., Beal, L., Menin, L. & Castro F.A.S., (2021). Lifeguard's Swimming: Front-crawl's and Up-head Front Crawl's Energetics. *Apunts Educación Física y Deportes*, 146, 78-85. [https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2021/4\).146.09](https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2021/4).146.09)



Editat per:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondència:

Wellington G. Feitosa
wellington.feitosa@uece.br

Secció:

Entrenament esportiu

Idioma de l'original:

Anglès

Rebut:

14 d'octubre de 2020

Acceptat:

30 d'abril de 2021

Publicat:

1 d'octubre de 2021

Coberta:

Jocs Olímpics de Tòquio 2020 –
Taekwondo: Pes mosca femení
49 kg. Combat per la medalla
d'or. Adriana Cerezo Iglesias
(Espanya) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailàndia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japó) 24.07.2021.
REUTERS / Murad Sezer

Resum

Els socorristes utilitzen, com a part del rescat aquàtic, l'estil crol i crol amb el cap fora de l'aigua. Els estudis sobre despesa energètica i variables fisiològiques complementàries obtingudes durant estratègies de rescat aquàtic són escassos. L'objectiu d'aquest estudi va ser comparar l'energètica i el rendiment de l'estil crol i crol amb el cap fora de l'aigua dut a terme per socorristes. En aquest estudi van participar voluntàriament 21 socorristes militars. Es van fer dos tests a màxima intensitat: 100 metres en crol i en crol amb el cap fora de l'aigua. En cada test es van identificar dades fisiològiques (mesurament directe de consum d'oxigen, lactoacidèmia i freqüència cardíaca), l'escala d'esforç percebut i la velocitat mitjana de natació (anàlisi de vídeo bidimensional). Es va calcular la contribució de cada font d'energia i el cost energètic. Es van utilitzar estadístics descriptius i inferencials per a $\alpha < .05$. El rendiment va ser millor en crol, els resultats fisiològics van ser similars entre crol i crol amb el cap fora de l'aigua i el cost energètic va ser més alt en crol amb el cap fora de l'aigua ($1.90 \pm 0.33 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$), comparat amb el crol ($1.51 \pm 0.33 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$). En conclusió, l'estil crol amb el cap fora de l'agua és menys eficient que el crol.

Paraules clau: esforç físic, rendiment físic funcional, tasca de rescat.

Introducció

El rescat aquàtic dels socorristes forma part de les estratègies per reduir el nombre de morts (Gámez de la Hoz i Padilla Fortes, 2017; Szpilman et al., 2016; Wallis et al., 2015). La possibilitat d'un rescat d'èxit augmenta en medis de natació regulats, com piscines i aigües obertes amb socorristes entrenats (Chan et al., 2018; Idris et al., 2017; Jeong et al., 2016). La natació és la manera més comuna de rescat per arribar fins a la víctima i treure-la de l'aigua. Els socorristes fan la braçada de crol (CR) amb el cap a l'aigua com la manera més ràpida i eficient de moviment humà a l'aigua (Barbosa et al., 2006). Tot i això, la primera opció del rescatador és el crol amb el cap fora de l'aigua (CFA), que consisteix a nedar amb el cap per damunt de l'aigua i mirant endavant per poder veure constantment algú amb possible risc d'enfonsar-se.

El CR i el CFA com a formes de moviment al medi aquàtic sembla que requereixen despeses energètiques i despeses energètiques metabòliques totals diferents, segons la velocitat de natació i l'arrossegament per la posició del cos (Barbosa et al., 2006; Figueiredo et al., 2013; Gonjo et al., 2018; Zamparo et al., 1996). Els paràmetres fisiològics i biomecànics poden aportar informació útil per a l'entrenament dels socorristes, però aquests estudis són molt limitats en la literatura.

En natació, com més horitzontal és el cos respecte de la superfície de l'aigua, menor és l'arrossegament i millor el rendiment (Zamparo et al., 2009). La principal diferència tècnica entre CR i CFA és la posició del cap fora de l'aigua. L'elevació del cap provoca que els malucs i les cames s'enfonsin, de manera que l'àrea de contacte del cos amb l'aigua s'incrementa per un augment de l'angle format entre el maluc i l'espatlla respecte a la superfície de l'aigua, i, en conseqüència, augmenta l'arrossegament (Toussaint i Hollander, 1994; Zamparo et al., 2009). L'arrossegament i la velocitat de natació influeixen en el cost energètic en el medi aquàtic (Pendergast et al., 2006; Toussaint i Hollander, 1994). El cost energètic es pot expressar com el quocient entre despesa energètica metabòlica total (suma d'energies de les tres vies energètiques aeròbica, anaeròbica alàctica i làctica) i velocitat mitjana de natació a una distància determinada (Figueiredo et al., 2012). Amb la mateixa velocitat de natació, el CR té el cost energètic més baix comparat amb altres estils de natació (Pendergast et al., 2015).

Els estudis que busquen analitzar i donar suport a l'activitat d'entrenament dels socorristes són molt importants, tot i que limitats. D'aquesta manera, si els estudis se centressin en l'energètica i el cost energètic del CFA, l'entrenament podria ser més específic. El principal resultat hauria de ser una reducció de les taxes de mort per enfonsament i un millor estat clínic de les

víctimes salvades, amb reducció de les possibles seqüeles fisiològiques i psicològiques (Schwebel et al., 2007; Wallis et al., 2015). Els estudis sobre el rendiment dels socorristes poden informar de la seva tasca a la societat i poden ajudar a millorar l'estat físic dels socorristes (una millor preparació suposa més probabilitats d'èxit en la feina). Amb l'anàlisi en detall de les tècniques de natació que utilitzen els socorristes, esperem obtenir un cos de coneixements que servirà per millorar l'entrenament i els processos d'orientació en el moment del rescat. Per tant, l'objectiu d'aquest estudi va ser comparar l'energètica i el rendiment del CR i el CFA dels socorristes. Plantegem la hipòtesi següent: a) el rendiment (velocitat de natació i durada del test) serà millor en CR que en CFA, b) el consum d'oxigen, la freqüència cardíaca, la concentració sanguínia de lactat i l'escala d'esforç percebut seran més alts en CFA que en CR, i c) la despesa energètica metabòlica total i el cost energètic seran més alts en CFA que en CR.

Metodologia

Participants

En aquest estudi van participar 21 socorristes militars entrenats, tots homes, amb tres anys d'experiència mínima en rescats (edat: 32.4 ± 3.1 anys; massa corporal 79.2 ± 8.0 kg; estatura: 177.0 ± 7.2 cm; envergadura dels braços: 183.3 ± 8.1 cm). Aquest estudi va ser aprovat (n. 2.316.201) pel Comitè d'Ètica d'Investigació de la Universitat Federal de Rio Grande do Sul, conforme amb les guies de la Declaració de Hèlsinki. Tots els participants van donar el consentiment informat per participar a la investigació. Es va demanar als participants que s'abstinguessin de fer un esforç físic o entrenament 24 hores abans de cada test.

Disseny/procediment experimental

Cada participant va fer dues sessions de tests en una piscina coberta de 25 metres (1.90 m de profunditat, temperatura de l'aigua $\approx 28^\circ\text{C}$). Els participants van escalfar amb 400 metres de CR, però amb girs oberts, seguit de 100 metres de CR amb un tub respirador corrent. L'escalfament es va utilitzar per fer que els participants se sentissin encara més còmodes amb el tub AquaTrainer® (Cosmed, Itàlia) i la piscina durant els tests. Els tests van ser: i) 100 metres de CR, i ii) 100 metres de CFA, duts a terme amb 24 hores de diferència i a intensitat màxima, amb inici a l'aigua i girs oberts. Tots els socorristes es van familiaritzar prèviament amb l'ús del tub AquaTrainer® durant sis sessions. A la Figura 1 es presenta la configuració per a la recollida de dades.

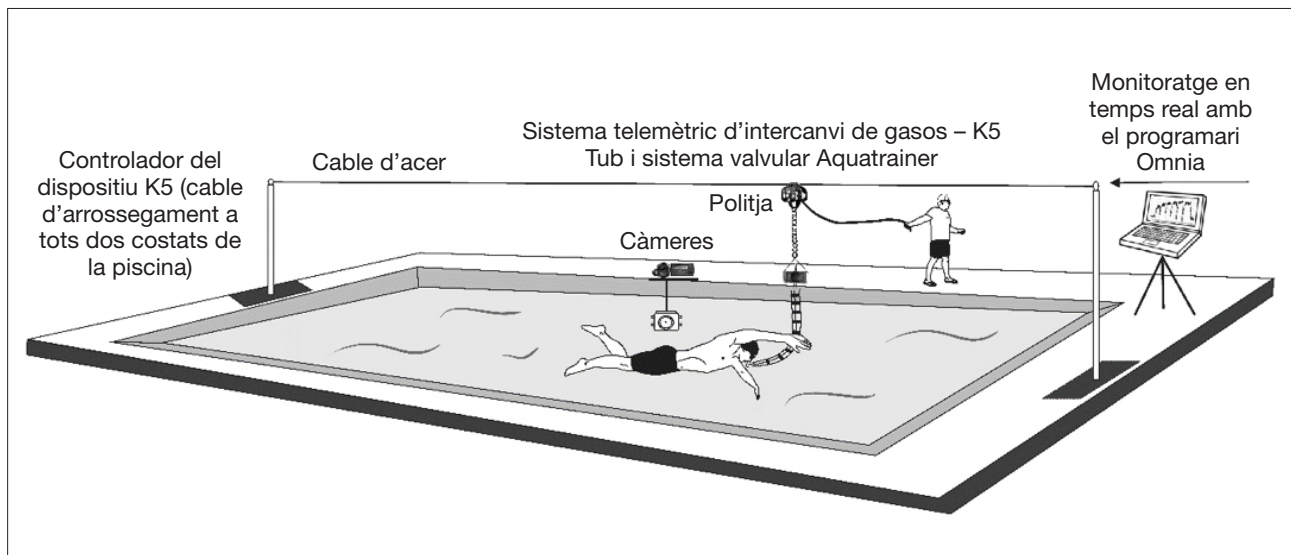


Figura 1

Configuració per a la recollida de dades de rendiment i fisiològiques en els protocols de 100 metres de crol i 100 metres de crol amb el cap fora de l'aigua.

Recollida de dades

Abans del test de natació, es va mesurar la massa corporal (bàscula digital SECA® 813, resolució d'0.1 kg, Alemanya), l'estatura (estadiòmetre SANNY, Personal Caprice, resolució d'0.1 cm, Brasil) i l'envergadura dels braços (estadiòmetre SANNY, Personal Caprice, resolució d'0.1 cm, Brasil). Els socorristes es van col·locar marcadors circulars (cola negra testada dermatològicament) sobre els mal·lèols externs (bilaterals), el trocànter major del fèmur i l'acròmion.

Dos investigadors van cronometrar el rendiment en cada test (cronòmetres CR20, Kikos, Brasil). La velocitat mitjana de natació (m·s⁻¹) es va mesurar amb videogrametria amb ajuda del sistema d'anàlisi de rendiment Ariel (APAS®, Ariel Dynamics Inc., Estats Units) en dues seccions: 25-50 i 75-100 m (dos cicles de braçades en cada secció). La velocitat mitjana de natació es va obtenir pel quocient entre el desplaçament del maluc i el temps durant un cicle complet de braçada. Un cicle de braçada va consistir en l'entrada i reentrada de la mateixa mà a l'aigua (Barbosa et al., 2008).

Les imatges per identificar la velocitat de natació es van registrar amb l'ajuda de dues càmeres fixes (Sony Hdr cx260, 60 Hz, Estats Units), una col·locada 0.3 m sota la línia de superfície de l'aigua protegida amb una carcassa impermeable (Sony SPK-HCH, Estats Units) i l'altra 0.3 m fora de l'aigua (Figura 1). Les càmeres eren a la meitat de la piscina i a una distància de 7.5 m del pla sagital de desplaçament del participant. Es va utilitzar un dispositiu amb díodes emissors de llum situat per sobre i per sota del nivell de l'aigua per sincronitzar les imatges obtingudes per

les càmeres, segons els estudis de de Jesus et al. (2015). Les càmeres van registrar les imatges en un espai calibrat prèviament (dimensions de l'estructura de calibratge X = 4.5 m [eix horitzontal], Y = 1 m [eix mediolateral] i Z = 1.5 m [eix vertical]). L'error quadràtic mitjà per als eixos X, Y i Z va ser d'1.92, 0.29 i 1.34 mm, respectivament (10 punts reals i 10 de control per a la càmera submergida i l'externa).

El consum d'oxigen (VO₂) en tots dos tests es va mesurar directament amb cada respiració mitjançant un analitzador de gasos telemètric portàtil (K5, Cosmed, Itàlia) connectat a un tub respirador i a un sistema valvular (AquaTrainer®, Cosmed, Itàlia), suspès ≈2 m sobre la superfície de l'aigua amb un cable d'acer. L'analitzador de gasos telemètric portàtil es va calibrar abans de cada sessió de test amb gasos de referència (O₂ 16 % i CO₂ 5 %) i el transductor de volum de turbina es va calibrar amb una xeringa de 3 l. Per al tractament de les dades, les respiracions errants (empassar, tossir o interrupcions del senyal) es van eliminar de l'anàlisi de VO₂ i només es van incloure les dades amb mitjana ± 4 DE (Ozyener et al., 2001). Les dades es van suavitzar posteriorment amb una finestra en moviment de cinc respiradors (de Jesus et al., 2014). El consum màxim d'oxigen (VO_{2màx}) es va considerar com a valor màxim de la corba dels dos tests (Laffite et al., 2004). El VO₂ i la concentració de lactat en repòs (VO_{2rep} i La_{rep}, respectivament) es van mesurar abans de cada test, després de 10 minuts de descans. Després del descans, el VO_{2rep} va ser la mitjana de VO₂, en què la taxa d'intercanvi respiratori es va establir en aproximadament 0.8.

Es va extreure sang de la punta del dit per determinar la concentració de lactat, que es va mesurar en repòs i després de l'esforç (1, 3, 5 i 7 minuts després del test) per identificar el valor màxim de lactat ($La_{m\grave{a}x}$). El lactat sanguini es va identificar mitjançant un lactòmetre portàtil (Accutrend, Roche, Alemanya). La freqüència cardíaca (FC) i l'escala d'esforç percebut (RPE, per les sigles en anglès) es van identificar en repòs i immediatament després de cada test. Per comprovar l'FC, es va col·locar un transmissor a la regió del xifoides dels participants durant els tests (Garmin, 920XT, Estats Units). Es va presentar l'escala de Borg de 15 punts (6-20) als participants que van indicar l'RPE segons la seva visualització (Borg, 1998).

Contribució i cost energètic

Les proporcions de metabolisme aeròbic i anaeròbic durant cada test (Equació 1) es van calcular amb l'equació de despesa energètica total (Capelli et al., 1998; di Prampero, 1986; Figueiredo et al., 2011):

$$E_{tot} = VO_2 + \beta La_b + PCr(1 - e^{-t/r}) \quad (1)$$

on E_{tot} és el consum energètic total durant el test; VO_2 es va calcular a partir de la integral-temps del valor net entre $VO_{2m\grave{a}x}$ i VO_{2rep} com a contribució aeròbica (Aer, kJ); βLa_b és la diferència entre $La_{m\grave{a}x}$ i La_{rep} multiplicat per $2.7 \text{ ml d'O}_2 \cdot \text{mM}^{-1} \cdot \text{kg}^{-1}$ i després per la massa corporal (kg) total com a contribució anaeròbica làctica (AnaerLa, kJ); i PCr (fosfocreatina) és la contribució anaeròbica alàctica (AnaerAla, kJ), mentre que aquesta font d'energia correspon en constant temps a 23.4 s (Binzoni et al., 1992). L'AnaerAla es va calcular per la concentració de fosfocreatina disminuïda per $18.55 \text{ mM} \cdot \text{kg}^{-1}$ (pes net en activació muscular màxima, suposant el 50 % de massa muscular activada) (Capelli et al., 1998; Zamparo et al., 2011). Aer i AnaerLa es van expressar en kJ, suposant un equivalent energètic de $20.9 \text{ kJ} \cdot \text{LO}_2^{-1}$ i com a % de la despesa energètica metabòlica total. Per últim, la despesa energètica (Equació 2) es va calcular pel quocient entre la despesa energètica metabòlica total i la velocitat mitjana de natació (di Prampero, 1986):

$$C = E_{tot} \times v^{-1} \quad (2)$$

on C és la despesa energètica; E_{tot} és el consum energètic total durant el test; i v és la velocitat de natació.

Anàlisis estadístiques

Es va utilitzar el programari G*Power 3.1 (Düsseldorf, Alemanya) per determinar la mida mínima necessària de la

mostra (potència estadística de .80, $\alpha = .05$ per a l'anàlisi, interval de confiança del 95 %, error de mostreig del 5 % i una suposada magnitud de l'efecte de 0.50). En totes les dades es va comprovar la normalitat de la distribució amb el test de Shapiro-Wilk. Les dades es van descriure com a mitjana \pm desviació estàndard (DE) i interval de confiança [IC] del 95 % de la mitjana. Es van fer comparacions amb la prova de la t dependent de les mostres, seguida del càlcul de la magnitud de l'efecte (Rosenthal, 1996): (on d : $0 < \text{magnitud de l'efecte insignificant} < 0.19$; efecte petit $0.20 \leq d \leq 0.49$; magnitud de l'efecte mitjà $0.50 \leq d \leq 0.79$; magnitud de l'efecte gran $0.80 \leq d \leq 1.29$; i magnitud de l'efecte molt gran $d \geq 1.30$). El nivell de significació es va establir en el 5 %.

Resultats

Els resultats es van expressar com a mitjana, DE, IC i d de Cohen per a la mitjana de socorristes respecte a rendiment i velocitat de natació, paràmetres fisiològics ($VO_{2m\grave{a}x}$, $La_{m\grave{a}x}$, FC i RPE), contribució energètica metabòlica total i despesa energètica (Taula 1). La magnitud de l'efecte va ser molt gran ($d > 1.30$) en el rendiment (83.2 ± 8.2 s en CR i 100.5 ± 11.8 s en CFA) i gran ($0.80 \leq d \leq 1.29$) en la velocitat de natació ($1.09 \pm 0.13 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en CR i $0.96 \pm 0.17 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$ en CFA) (Taula 1). La magnitud de l'efecte va ser mitjana ($0.50 \leq d \leq 0.79$) en l'Aer (80.2 ± 15.6 kJ en CR i 89.4 ± 18.0 kJ en CFA) i petita ($0.20 \leq d \leq 0.49$) en l'AnaerLa (53.4 ± 15.5 kJ en CR i 60.0 ± 15.2 kJ en CFA) (Taula 1). La magnitud de l'efecte va ser gran ($0.80 \leq d \leq 1.29$) en la despesa energètica metabòlica total (166.4 ± 16.5 kJ en CR i 182.5 ± 23.1 kJ en CFA) i molt gran ($d > 1.30$) en la despesa energètica ($1.51 \pm 0.24 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-1}$ en CR i $1.90 \pm 0.33 \text{ kJ} \cdot \text{m}^{-1}$ en CFA) (Taula 1). En repòs, no es van identificar diferències en VO_2 , LA, FC i RPE en CR i CFA, respectivament: 6.6 ± 1.4 i $6.8 \pm 2.3 \text{ ml} \cdot \text{kg} \cdot \text{min}^{-1}$; 2.3 ± 0.8 i $2.0 \pm 0.7 \text{ mmol} \cdot \text{l}^{-1}$; 73.5 ± 13.6 i 75.9 ± 14.0 lpm, i 7.3 ± 1.5 i 7.5 ± 1.9 punts.

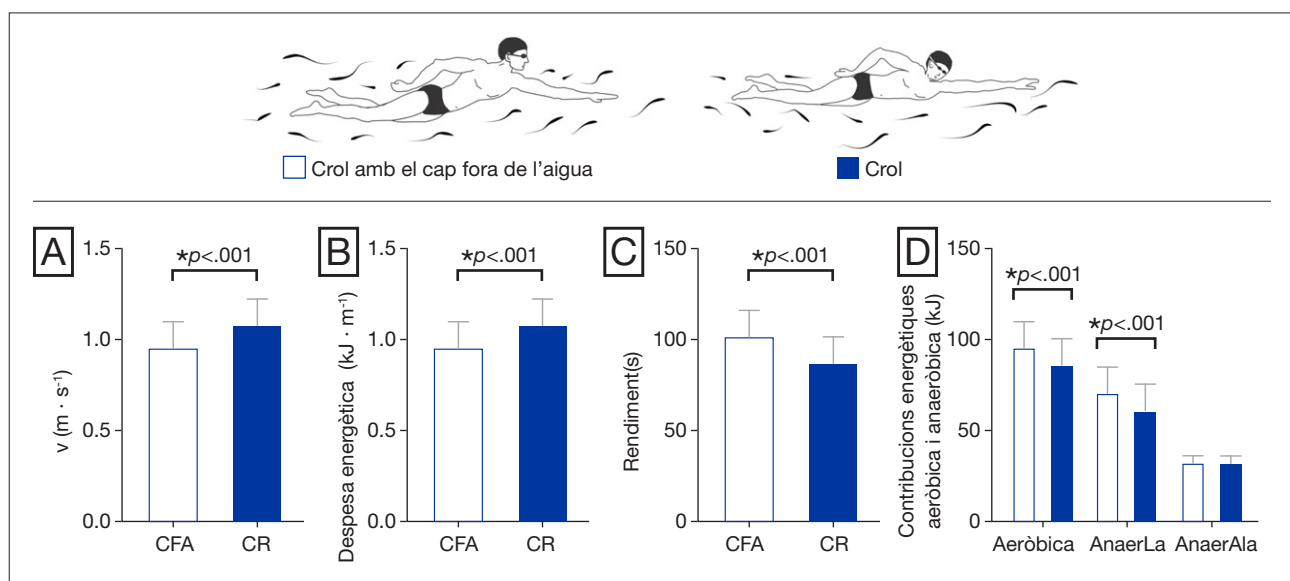
A la Figura 2 es presenten la mitjana i la desviació estàndard de la velocitat de natació (imatge A), cost energètic (imatge B), rendiment (imatge C) i contribució energètica aeròbica i anaeròbica (imatge D) dels socorristes durant els tests de 100 metres de crol amb el cap fora de l'aigua i 100 metres de crol, $N = 21$. Els resultats del test de CR van ser millors que els obtinguts en el test de CFA en les variables rendiment (menys durada en segons en el test de 100 metres) i velocitat de natació (Figura 2). Les contribucions energètiques aeròbica i anaeròbica van ser més elevades en CFA que en CR (Figura 2). La despesa energètica metabòlica total i la despesa energètica també van ser més altes en CFA que en CR (Taula 1, Figura 1).

Taula 1

Mitjana, desviació estàndard, interval de confiança i d de Cohen globals de rendiment i velocitat de natació, paràmetres fisiològics, contribució energètica metabòlica total i despesa energètica per als socorristes, N = 21.

Variable	CR	CFA	p (d de Cohen)
Rendiment (s)	83.2 ± 8.2 [79.5, 87.0]	100.5 ± 11.8 [95.2,105.9]	< .001* (1.54)
v (m·s ⁻¹)	1.09 ± 0.13 [1.02, 1.16]	0.96 ± 0.17 [0.87, 1.05]	< .001* (0.85)
VO _{2màx} (ml·kg·min ⁻¹)	45.0 ± 8.0 [40.7, 49.3]	44.8 ± 8.8 [40.1, 49.5]	.70 (0.02)
LA _{màx} (ml·l ⁻¹)	14.6 ± 3.3 [12.9, 16.4]	15.6 ± 4.0 [13.5, 17.8]	.43 (0.13)
FC (lpm)	159 ± 13 [152, 167]	160 ± 11 [154, 66]	.83 (0.03)
RPE (punts)	17.7 ± 1.4 [16.9, 18.5]	17.8 ± 1.7 [16.9, 18.7]	.75 (0.06)
Aer (kJ)	80.2 ± 15.6 [73.0, 87.5]	89.4 ± 18.0 [81.2, 97.6]	.034* (0.54)
AnaerLa (kJ)	53.4 ± 15.5 [46.3, 60.5]	60.0 ± 15.2 [53.1, 60.9]	.045* (0.42)
AnaerAla (kJ)	32.9 ± 3.1 [31.4, 34.4]	33.0 ± 3.2 [31.5, 34.5]	.32 (0.03)
E _{tot} (kJ)	166.4 ± 16.5 [158.9, 173.9]	182.5 ± 23.1 [172.0,193.0]	< .001 (0.96)*
% Aer	48.3 ± 7.9 [44.6, 51.8]	49.0 ± 6.0 [46.1, 51.6]	.72 (0.08)
% AnaerLa	31.8 ± 7.7 [28.2, 35.3]	32.8 ± 6.5 [29.8, 35.8]	.54 (0.14)
% AnaerAla	19.9 ± 2.3 [18.0, 21.0]	18.2 ± 2.0 [17.3, 19.1]	< .001* (0.78)
% Anaer	51.7 ± 7.9 [48.1, 55.3]	51.2 ± 6.0 [40.3, 53.8]	.71 (0.07)
Despesa energètica (kJ·m ⁻¹)	1.51 ± 0.24 [1.40, 1.62]	1.90 ± 0.33 [1.74, 2.05]	< .001* (1.35)

Nota. v = velocitat de natació; VO_{2màx} = consum màxim d'oxigen; LA_{màx} = valor màxim de lactat; FC = freqüència cardíaca; RPE = escala d'esforç percebut; E_{tot} = despesa energètica metabòlica total; % Aer = % de contribució energètica aeròbica; % AnaerLa = % de contribució energètica anaeròbica làctica ; % AnaerAla = % de contribució energètica anaeròbica alàctica.

**Figura 2**

Mitjana i desviació estàndard de velocitat de natació (v) (imatge A), despesa energètica (imatge B), rendiment (imatge C) i contribucions energètiques aeròbica i anaeròbica (AnaerLa = anaeròbica làctica i AnaerAla = anaeròbica alàctica) (imatge D) de socorristes durant els tests de 100 metres de crol amb el cap fora de l'aigua i 100 metres de crol. Resultats globals (N = 21): Test de la t: p < .001.

Discussió

En aquest estudi es van avaluar i comparar el rendiment, el consum d'oxigen i variables fisiològiques complementàries (lactat màxim, freqüència cardíaca), l'escala d'esforç percebut, la contribució energètica metabòlica total i la despesa energètica de CR i CFA dut a terme per socorristes. En general, el rendiment va ser millor en CR que en CFA. El VO_2 i les variables fisiològiques complementàries ($La_{m\grave{a}x}$, FC) i la RPE no van ser diferents entre CR i CFA. La despesa energètica metabòlica total i la despesa energètica van ser més altes en CFA que en FC.

Els socorristes es poden beneficiar del CR comparat amb el CFA per la velocitat més alta de natació, que aporta, en conseqüència, un rendiment millor (durada més curta del test en segons). Els rescats aquàtics exigeixen un contacte visual sostingut del socorrista amb la víctima (Vignac et al., 2017) i, per tant, escullen primer nedar en CFA. El rescat en piscines o aigües obertes que permeten una bona visibilitat sembla que propicia estratègies amb més ús de CR comparat amb CFA a distàncies superiors des del punt de partida del socorrista cap a la víctima. El contacte corporal amb la víctima que s'està ofegant requereix diferents procediments tècnics que van més enllà de l'objectiu d'aquest estudi; p. e., tècniques d'aproximació en els últims metres a prop de la víctima i possibles accions de desenganxament. En qualsevol cas, els socorristes poden substituir l'ús del CR a una velocitat de natació més alta pel CFA a distàncies que garanteixen la seguretat del socorrista i de la víctima.

La inclinació del cos dels nedadors, quan aixequen el cap, propicia un augment de l'arrossegament (Zamparo et al., 2009). Per aquest motiu, el cos produeix un arrossegament més gran durant el CFA comparat amb el CR. En el present estudi, la despesa energètica metabòlica total va ser més elevada per als socorristes durant el CFA que en el CR. La contribució energètica de les vies aeròbica i anaeròbica va ser més alta en CFA que en CR. En la comparació, les tres vies metabòliques energètiques en CR entre socorristes i nedadors masculins ben entrenats no van ser similars. Almenys en nedadors masculins ben entrenats, es va observar que, per a la distància de 100 metres a intensitat màxima, el 43 % de l'energia era de font aeròbica; el 33.1 %, anaeròbica làctica i el 23.5 %, anaeròbica alàctica, valors que són més baixos per a la via aeròbica i més alts per a la via anaeròbica alàctica (Ribeiro et al., 2015).

Els valors de despesa energètica van ser més elevats en CFA que en CR. La despesa energètica en CR i CFA va ser, respectivament, d' $1.51 \pm 0.24 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ i $1.90 \pm 0.33 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ ($p < .001$), amb valors més alts en CFA. El test més llarg (menys velocitat de natació) i la natació amb el pitjor alineament horitzontal expliquen els valors més alts de despesa energètica en CFA. En nedadors d'alt rendiment en tests de 100 metres de crol, es van obtenir valors de despesa

energètica d' $1.16 \pm 0.10 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ (Ribeiro et al., 2015), inferiors als trobats en aquest estudi, fins i tot amb valors similars de $VO_{2m\grave{a}x}$. Cal assenyalar que la despesa energètica és una variable d'avaluació global de la natació, pel fet que incorpora dades fisiològiques (energia total) i biomecàniques (velocitat de natació) (Barbosa et al., 2006). Per tant, un nedador amb una despesa energètica més baixa utilitza menys energia que un amb una despesa energètica més alta per recórrer la mateixa distància. Aquest resultat és important quan es busca un rescat més ràpid i més eficient en el context de la natació en socorristes.

A més, els nostres resultats d'RPE (14.6 ± 3.3 punts en CR i 15.6 ± 4.0 punts en CFA) i d'LA ($17.7 \pm 1.4 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ en CR i $17.8 \pm 1.7 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ en CFA) obtinguts després del test de 100 m en piscina van ser diferents dels observats en tests a rescatadors ($N = 23$, homes $n = 21$ i dones $n = 2$) duts a terme en mar en calma, amb onades inferiors a 0.5 m després d'un rescat aquàtic sense equip de rescat flotant (LA $11.01 \pm 2.06 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ i RPE 8 ± 0.77 en l'escala de Borg de 10 punts) (Barcala-Furelos et al., 2016). També es va trobar un estudi ($N = 40$, 28 homes i 12 dones) en el qual es va descriure una RPE de 7.4 ± 1.4 en l'escala de Borg de 10 punts en rescat sense equip de rescat flotant (però amb aletes de 12 i 38 cm) abans del rescat amb una distància de 100 m al mar (Aranda-Garcia i Herrera-Pedroviejo, 2020). És possible que aquestes diferències es deguin a les limitacions de diversos factors (Newell, 1986): medis (densitat i moviment de l'aigua en piscina i al mar); organisme (mostres diferents amb un dels grups amb dones) i tasca (sense rescat i amb rescat d'un individu). Val la pena mencionar que el suport amb qualsevol equip (p. e., aletes, tub o taula de rescat) durant els rescats és millor que no tenir-ne cap (Aranda-Garcia i Herrera-Pedroviejo, 2020; Barcala-Furelos et al., 2016; Serrano Ramón i Ferriz Valero, 2018).

Els resultats obtinguts de les variables estudiades es poden utilitzar per donar suport als equips d'execució i planificació d'entrenament salvavides i garantir un millor rendiment a l'aigua i visualització de la víctima, amb reducció del cost energètic a l'hora de dur a terme l'activitat. Tot i que no es poden establir les distàncies que s'han de nedar en el moment del rescat i que en els rescats aquàtics no se solen aplicar esforços màxims, sinó submàxims (Aranda-Garcia i Herrera-Pedroviejo, 2020; Barcala-Furelos et al., 2016), els resultats suggereixen que els socorristes han de tenir una bona capacitat aeròbica per dur a terme el rescat. Quant al cost energètic, els socorristes van mostrar valors més alts en CFA que en CR, i això pot provocar fatiga primerenca si es fa en distàncies llargues per arribar fins a la víctima que s'està ofegant.

També és cert que alguns socorristes no tenen una bona tècnica respiratòria mentre neden i sempre escullen nedar amb el cap fora de l'aigua, fet que els impedeix ser més ràpids i més eficients. Per tant, seria apropiat entrenar els socorristes

perquè millorin la tècnica de natació en CR i CFA. En relació amb el CFA, s'ha observat que els jugadors de waterpolo que el practiquen amb molta freqüència durant l'entrenament i en els partits desenvolupen una gran especialitat que els permet mantenir valors de velocitat de natació, longitud de braçada i de freqüència de braçada en CFA similars a CR (Zamparo et al., 2009). Per tant, creiem que, si l'entrenament de socorristes dona més importància al CFA, els socorristes també podran mantenir valors millors en les variables analitzades, que es tradueixen en un cost energètic menor durant la realització de les seves activitats.

Limitacions

Les principals limitacions d'aquest estudi van ser: a) la inviabilitat metodològica que no permet fer els tests en les mateixes condicions i medis en els quals els socorristes duen a terme les activitats de rescat aquàtic; b) durant els tests de natació no es van fer servir aletes. Alguns socorristes les utilitzen durant els rescats aquàtics (Barcala-Furelos et al., 2016). És possible que estudis futurs aportin més informació sobre l'ús d'aletes en tests de natació, rescats aquàtics i les despeses energètiques corresponents; c) l'ús d'un tub per obtenir els gasos respiratoris que permetia que els socorristes respiressin amb la cara més a prop de la línia de l'aigua que si estiguessin fent la tècnica d'aproximació sense el tub, i que podria haver influït en els resultats en CFA. Les dades d'aquest estudi poden ajudar a planificar l'entrenament, tècnic o fisiològic, amb objecte de millorar la planificació de les activitats físiques del socorrista, i també la tècnica de natació relacionada amb l'aproximació a l'enfonsament. Sabem que sempre serà difícil controlar totes les variables existents en estudis d'aquesta naturalesa, especialment perquè és una activitat que no permet preveure l'esforç que es necessitarà per dur a terme cada rescat. Un nombre més elevat d'estudis relacionats amb aquest tema permetrà conèixer encara millor les capacitats que s'haurien de millorar en l'entrenament de socorristes.

Conclusió

Els socorristes van assolir una velocitat de natació més elevada i, per tant, un millor rendiment en CR que en CFA en un test de 100 metres a intensitat màxima. $VO_{2\text{màx}}$, $LA_{\text{màx}}$, FC i RPE van ser similars en CR i CFA en el test de 100 metres a intensitat màxima. En general, els socorristes van poder alternar les braçades de CR amb una o dues braçades de CFA, deixant el CFA per quan eren més a prop de la víctima i establir-hi l'aproximació més apropiada. Aquesta tècnica d'aproximació té un cost energètic més elevat comparat amb el CR. De la mateixa manera, se suggereix millorar la tècnica del CFA perquè s'acosti a les característiques fisiològiques i biomecàniques del CR.

Declaracions d'interès

Cap. Sense finançament. L'estudi va ser aprovat pel Comitè d'Ètica d'Investigació de la Universitat Federal de Rio Grande do Sul (n. 2.316.201) i es va dur a terme d'acord amb la Declaració de Hèlsinki.

Referències

- Aranda-García, S., & Herrera-Pedroviéjo, E. (2020). Quick Rescue self-inflating flotation device for rescuing sea swimmers in distress versus conventional tube or buoy rescues. *Emergencias*, 32(2), 105-110. <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/32125109>
- Barbosa, T. M., Fernandes, R., Keskinen, K. L., Colaco, P., Cardoso, C., Silva, J., & Vilas-Boas, J. P. (2006). Evaluation of the energy expenditure in competitive swimming strokes. *Int J Sports Med*, 27(11), 894-899. <https://doi.org/10.1055/s-2006-923776>
- Barbosa, T. M., Fernandes, R. J., Morouço, P. G., & Vilas-Boas, J. P. (2008). Predicting the intra-cyclic variation of the velocity of the centre of mass from segmental velocities in butterfly stroke: a pilot study. *J Sports Sci Med*, 7(2), 201-209. <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/24149450>
- Barbosa, T. M., Lima, F., Portela, A., Novais, D., Machado, L., Colaco, P., Gonçalves, P., Fernandes, R., Keskinen, K. L., & Vilas-Boas, J. P. (2006). Relationships between energy cost, swimming velocity and speed fluctuation in competitive swimming strokes. *Portuguese J Sports Sci*, 6(2), 192-194.
- Barcala-Furelos, R., Szpilman, D., Palacios-Aguilar, J., Costas-Veiga, J., Abela-Gomez, C., Borez-Cerezal, A., Lopez-Garcia, S., & Rodríguez-Nunez, A. (2016). Assessing the efficacy of rescue equipment in lifeguard resuscitation efforts for drowning. *Am J Emerg Med*, 34(3), 480-485. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2015.12.006>
- Binzoni, T., Ferretti, G., Schenker, K., & Cerretelli, P. (1992). Phosphocreatine hydrolysis by ³¹P-NMR at the onset of constant-load exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985), 73(4), 1644-1649. <https://doi.org/10.1152/jap.1992.73.4.1644>
- Borg, G. (1998). *Borg's perceived exertion and pain scales*. Human Kinetics.
- Capelli, C., Pendergast, D., & Termin, B. (1998). Energetics of swimming at maximal speeds in humans. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 78(5), 385-395. <https://doi.org/10.1007/s004210050435>
- Chan, J. S., Ng, M. X., & Ng, Y. Y. (2018). Drowning in swimming pools: clinical features and safety recommendations based on a study of descriptive records by emergency medical services attending to 995 calls. *Singapore Med J*, 59(1), 44-49. <https://doi.org/10.11622/smedj.2017021>
- De Jesus, K., de Jesus, K., Figueiredo, P., Vilas-Boas, J. P., Fernandes, R. J., & Machado, L. J. (2015). Reconstruction accuracy assessment of surface and underwater 3D motion analysis: a new approach. *Comput Math Methods Med*, 2015, 269264. <https://doi.org/10.1155/2015/269264>
- De Jesus, K., Guidetti, L., de Jesus, K., Vilas-Boas, J. P., Baldari, C., & Fernandes, R. J. (2014). Which are the best VO₂ sampling intervals to characterize low to severe swimming intensities? *Int J Sports Med*, 35(12), 1030-1036. <https://doi.org/10.1055/s-0034-1368784>
- Di Prampero, P. E. (1986). The energy cost of human locomotion on land and in water. *Int J Sports Med*, 7(2), 55-72. <https://doi.org/10.1055/s-2008-1025736>
- Figueiredo, P., Barbosa, T. M., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2012). Energy cost and body centre of mass' 3D intracycle velocity variation in swimming. *Eur J Appl Physiol*, 112(9), 3319-3326. <https://doi.org/10.1007/s00421-011-2284-6>
- Figueiredo, P., Toussaint, H. M., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2013). Relation between efficiency and energy cost with coordination in aquatic locomotion. *Eur J Appl Physiol*, 113(3), 651-659. <https://doi.org/10.1007/s00421-012-2468-8>
- Figueiredo, P., Zamparo, P., Sousa, A., Vilas-Boas, J. P., & Fernandes, R. J. (2011). An energy balance of the 200 m front crawl race. *Eur J Appl Physiol*, 111(5), 767-777. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1696-z>

- Gámez de la Hoz, J. J., & Padilla Fortes, A. (2017). Ahogamientos asociados con piscinas implicados en casos judiciales de España, 2000-2015. *Rev Andal Med Deporte*, 10(3), 106-111. Spanish. <https://doi.org/https://dx.doi.org/10.1016/j.ramd.2016.07.005>
- Gonjo, T., McCabe, C., Sousa, A., Ribeiro, J., Fernandes, R. J., Vilas-Boas, J. P., & Sanders, R. (2018). Differences in kinematics and energy cost between front crawl and backstroke below the anaerobic threshold. *Eur J Appl Physiol*, 118(6), 1107-1118. <https://doi.org/10.1007/s00421-018-3841-z>
- Idris, A. H., Bierens, J. J. L. M., Perkins, G. D., Wenzel, V., Nadkarni, V., Morley, P., Warner, D. S., Topjian, A., Venema, A. M., Branche, C. M., Szpilman, D., Morizot-Leite, L., Nitta, M., Løfgren, B., Webber, J., Gräsner, J.-T., Beerman, S. B., Youn, C. S., Jost, U., Quan, L., Dezfulian, C., Handley, A. J., & Hazinski, M. F. (2017). 2015 revised Utstein-style recommended guidelines for uniform reporting of data from drowning-related resuscitation: An ILCOR advisory statement. *Resuscitation*, 118, 147-158. <https://doi.org/10.1016/j.resuscitation.2017.05.028>
- Jeong, J., Hong, K. J., Shin, S. D., Ro, Y. S., Song, K. J., Lee, E. J., Lee, Y. J., & Ahn, K. O. (2016). Relationship between drowning location and outcome after drowning-associated out-of-hospital cardiac arrest: nationwide study. *Am J Emerg Med*, 34(9), 1799-1803. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.06.008>
- Laffite, L. P., Vilas-Boas, J. P., Demarle, A., Silva, J., Fernandes, R., & Billat, V. L. (2004). Changes in physiological and stroke parameters during a maximal 400-m free swimming test in elite swimmers. *Can J Appl Physiol*, 29 Suppl, S17-31. <https://doi.org/10.1139/h2004-055>
- Newell, K. M. (1986). Constraints on the development of coordination. En M. G. W. H. T. A. Whiting (Ed.), *Motor development in children: aspect of coordination and control* (pp. 341-360). Martinus Nijhoff.
- Ozyener, F., Rossiter, H. B., Ward, S. A., & Whipp, B. J. (2001). Influence of exercise intensity on the on- and off-transient kinetics of pulmonary oxygen uptake in humans. *J Physiol*, 533 (Pt 3), 891-902. <https://doi.org/10.1111/j.1469-7793.2001.t01-1-00891.x>
- Pendergast, C., Capelli, A. B., Craig Jr., P. E., di Prampero, A. E., Minetti, J., Mollendorf, A., Termin II, P., & Zamparo, P. (2006). Biophysics in swimming. *Rev Port Cien Desp*, 6(2), 185-197.
- Pendergast, D. R., Moon, R. E., Krasney, J. J., Held, H. E., & Zamparo, P. (2015). Human physiology in an aquatic environment. *Compr Physiol*, 5(4), 1705-1750. <https://doi.org/10.1002/cphy.c140018>
- Ribeiro, J., Figueiredo, P., Sousa, A., Monteiro, J., Pelarigo, J., Vilas-Boas, J. P., Toussaint, H. M., & Fernandes, R. F. (2015). VO(2) kinetics and metabolic contributions during full and upper body extreme swimming intensity. *Eur J Appl Physiol*, 115(5), 1117-1124. <https://doi.org/10.1007/s00421-014-3093-5>
- Rosenthal, J. A. (1996). Qualitative Descriptors of Strength of Association and Effect Size. *Journal of Social Service Research*, 21(4), 37-59. https://doi.org/10.1300/J079v21n04_02
- Schwebel, D. C., Lindsay, S., & Simpson, J. (2007). Brief report: a brief intervention to improve lifeguard surveillance at a public swimming pool. *J Pediatr Psychol*, 32(7), 862-868. <https://doi.org/10.1093/jpepsy/jsm019>
- Serrano Ramón, J. M., & Ferriz Valero, A. (2018). Use of Floating Material in Swimming. *Apunts Educació Física y Deportes* (132), 48-59. [https://doi.org/https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.\(2018/2\).132.04](https://doi.org/https://doi.org/10.5672/apunts.2014-0983.es.(2018/2).132.04)
- Szpilman, D., Tipton, M., Sempsrott, J., Webber, J., Bierens, J., Dawes, P., Seabra, R., Barcala-Furelos, R., & Queiroga, A. C. (2016). Drowning timeline: a new systematic model of the drowning process. *Am J Emerg Med*, 34(11), 2224-2226. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2016.07.063>
- Toussaint, H. M., & Hollander, A. P. (1994). Energetics of competitive swimming. Implications for training programmes. *Sports Med*, 18(6), 384-405. <https://doi.org/10.2165/00007256-199418060-00004>
- Vignac, E., Lebihain, P., & Soule, B. (2017). Constant supervision of bathing in French public swimming pools: an unrealistic regulatory requirement? *Int J Inj Contr Saf Promot*, 24(3), 371-381. <https://doi.org/10.1080/17457300.2016.1200630>
- Wallis, B. A., Watt, K., Franklin, R. C., Taylor, M., Nixon, J. W., & Kimble, R. M. (2015). Interventions associated with drowning prevention in children and adolescents: systematic literature review. *Inj Prev*, 21(3), 195-204. <https://doi.org/10.1136/injuryprev-2014-041216>
- Zamparo, P., Capelli, C., & Pendergast, D. R. (2011). Energetics of swimming: a historical perspective. *Eur J Appl Physiol*, 111(3), 367-378. <https://doi.org/10.1007/s00421-010-1433-7>
- Zamparo, P., Capelli, C., Termin, B., Pendergast, D. R., & di Prampero, P. E. (1996). Effect of the underwater torque on the energy cost, drag and efficiency of front crawl swimming. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol*, 73(3-4), 195-201. <https://doi.org/10.1007/BF02425476>
- Zamparo, P., Gatta, G., Pendergast, D. R., & Capelli, C. (2009). Active and passive drag: the role of trunk incline. *Eur J Appl Physiol*, 106(2), 195-205. <https://doi.org/10.1007/s00421-009-1007-8>

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/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 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-nc-nd/4.0/deed.ca>