



Natación en socorristas: energética de crol y crol con la cabeza fuera del agua

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

¹Grupo de Investigación en Deportes Acuáticos, Universidad Federal de Rio Grande do Sul, Porto Alegre (Brasil).

²Facultad de Educación Física, Universidad Estatal de Ceará, Fortaleza (Brasil).

Citación

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)

Resumen

Los socorristas utilizan, como parte del rescate acuático, el estilo crol y crol con la cabeza fuera del agua. Los estudios sobre gasto energético y variables fisiológicas complementarias obtenidas durante estrategias de rescate acuático son escasos. El objetivo de este estudio fue comparar la energética y el rendimiento del estilo crol y crol con la cabeza fuera del agua realizado por socorristas. En este estudio participaron voluntariamente 21 socorristas militares. Se realizaron dos tests a máxima intensidad: 100 metros en crol y en crol con la cabeza fuera del agua. En cada test se identificaron datos fisiológicos (medición directa de consumo de oxígeno, lactoacidemia y frecuencia cardíaca), la escala de esfuerzo percibido y la velocidad media de natación (análisis de vídeo bidimensional). Se calculó la contribución de cada fuente de energía y el coste energético. Se utilizaron estadísticos descriptivos e inferenciales para $\alpha < .05$. El rendimiento fue mejor en crol, los resultados fisiológicos fueron similares entre crol y crol con la cabeza fuera del agua y el coste energético fue mayor en crol con la cabeza fuera del agua ($1.90 \pm 0.33 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$), comparado con el crol ($1.51 \pm 0.33 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$). En conclusión, el estilo crol con la cabeza fuera del agua es menos eficiente que el crol.

Palabras clave: esfuerzo físico, labor de rescate, rendimiento físico funcional.

Editado por:

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

ISSN: 2014-0983

*Correspondencia:

Wellington G. Feitosa
wellington.feitosa@uece.br

Sección:

Preparación física

Idioma del original:

Inglés

Recibido:

14 de octubre de 2020

Aceptado:

30 de abril de 2021

Publicado:

1 de octubre de 2021

Portada:

Juegos Olímpicos de Tokio
2020 – Taekwondo: Peso mosca
femenino 49 kg. Combate por la
medalla de oro. Adriana Cerezo
Iglesias (España) contra Panipak
Wongphatthanakit (Tailandia).
Makuhari Messe Hall, Chiba
(Japón) 24.07.2021. REUTERS /
Murad Sezer

Introducción

El rescate acuático llevado a cabo por socorristas forma parte de las estrategias para reducir el número de muertes (Gámez de la Hoz y Padilla Fortes, 2017; Szpilman et al., 2016; Wallis et al., 2015). La posibilidad de un rescate exitoso aumenta en medios de natación regulados, como piscinas y aguas abiertas con socorristas entrenados (Chan et al., 2018; Idris et al., 2017; Jeong et al., 2016). La natación es la forma más común de rescate para llegar hasta la víctima y sacarla del agua. Los socorristas realizan la brazada de crol (CR) con la cabeza en el agua como la forma más rápida y eficiente de movimiento humano en el agua (Barbosa et al., 2006). Sin embargo, la primera opción del rescatador es el crol con la cabeza fuera del agua (CFA), que consiste en nadar con la cabeza por encima del agua y mirando adelante para poder ver constantemente a alguien con posible riesgo de ahogarse.

El CR y el CFA como formas de movimiento en el medio acuático parecen requerir costes energéticos y gastos energéticos metabólicos totales diferentes, según la velocidad de natación y el arrastre por la posición del cuerpo (Barbosa et al., 2006; Figueiredo et al., 2013; Gonjo et al., 2018; Zamparo et al., 1996). Los parámetros fisiológicos y biomecánicos pueden aportar información útil para el entrenamiento de los socorristas, pero estos estudios son muy limitados en la literatura.

En natación, cuanto más horizontal está el cuerpo respecto a la superficie del agua, menor es el arrastre y mejor el rendimiento (Zamparo et al., 2009). La principal diferencia técnica entre CR y CFA es la posición de la cabeza fuera del agua. La elevación de la cabeza provoca que las caderas y las piernas se hundan, incrementando el área de contacto del cuerpo con el agua por un aumento del ángulo formado entre la cadera y el hombro respecto a la superficie del agua, aumentando el arrastre en consecuencia (Toussaint y Hollander, 1994; Zamparo et al., 2009). El arrastre y la velocidad de natación influyen en el coste energético en el medio acuático (Pendergast et al., 2006; Toussaint y Hollander, 1994). El coste energético se puede expresar como el cociente entre gasto energético metabólico total (suma de energías de las tres vías energéticas aeróbica, anaeróbica aláctica y láctica) y velocidad media de natación a una distancia determinada (Figueiredo et al., 2012). Con la misma velocidad de natación, el CR tiene el menor coste energético comparado con otros estilos de natación (Pendergast et al., 2015).

Los estudios que buscan analizar y respaldar la actividad de entrenamiento de los socorristas son de suma importancia, aunque limitados. De esta forma, si los estudios se centraran en la energética y el coste energético del CFA, el entrenamiento podría ser más específico. El principal resultado debería ser una reducción de las tasas de muerte por ahogamiento y un estado clínico mejor de las víctimas

salvadas, reduciendo las posibles secuelas fisiológicas y psicológicas (Schweibel et al., 2007; Wallis et al., 2015). Los estudios sobre el rendimiento de los socorristas pueden informar del trabajo a la sociedad, ayudando a mejorar el estado físico de los socorristas (a mejor preparación, mayores las probabilidades de éxito en su trabajo). Al analizar con detalle las técnicas de natación utilizadas por los socorristas, esperamos obtener un cuerpo de conocimientos que servirá para mejorar el entrenamiento y los procesos de orientación en el momento del rescate. Por tanto, el objetivo de este estudio fue comparar la energética y el rendimiento de CR y CFA realizados por socorristas. Planteamos la hipótesis de que: a) el rendimiento (velocidad de natación y duración del test) será mejor en CR que en CFA, b) el consumo de oxígeno, la frecuencia cardíaca, la concentración sanguínea de lactato y la escala de esfuerzo percibido serán mayores en CFA que en CR, y c) el gasto energético metabólico total y el coste energético serán mayores en CFA que en CR.

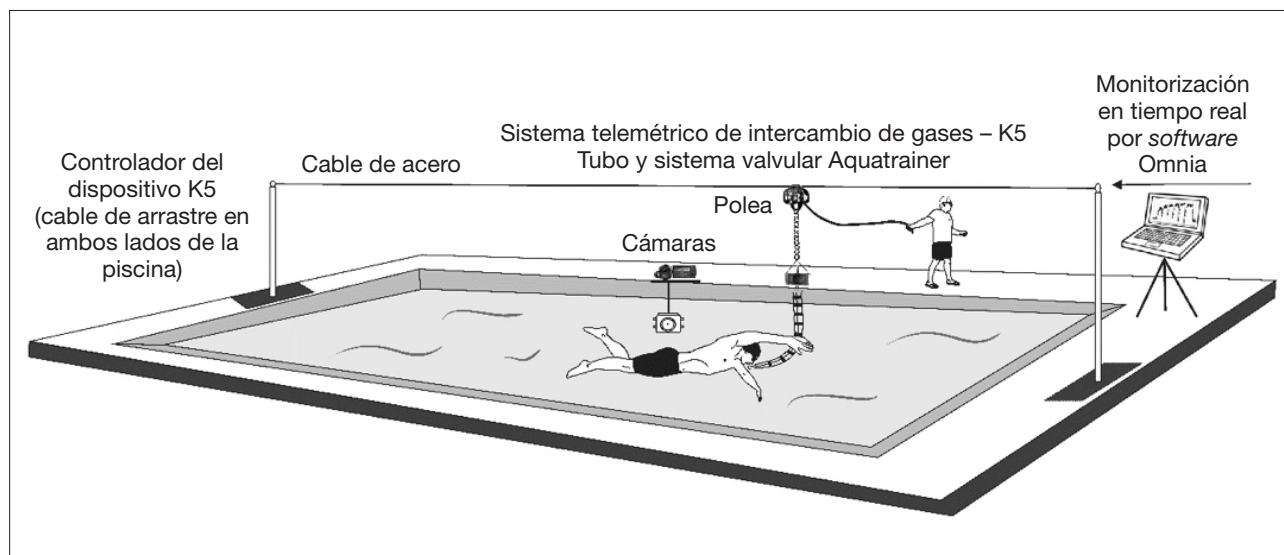
Metodología

Participantes

En este estudio participaron 21 socorristas militares entrenados, todos varones, con al menos tres años de experiencia en rescates (edad: 32.4 ± 3.1 años; masa corporal 79.2 ± 8.0 kg; estatura: 177.0 ± 7.2 cm; envergadura de los brazos: 183.3 ± 8.1 cm). Este estudio fue aprobado (n.º 2.316.201) por el Comité de Ética de Investigación de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul, de conformidad con las guías de la Declaración de Helsinki. Todos los participantes dieron el consentimiento informado para participar en la investigación. Se pidió a los participantes que se abstuvieran de realizar un esfuerzo físico o entrenamiento 24 horas antes de cada test.

Diseño/procedimiento experimental

Cada participante realizó dos sesiones de tests en una piscina cubierta de 25 metros (1.90 m de profundidad, temperatura del agua ≈ 28 °C). Los participantes se calentaron con 400 metros de CR, pero con vueltas abiertas, seguido de 100 metros de CR con un tubo respirador corriente. El calentamiento se utilizó para hacer que los participantes se sintieran aún más cómodos con el tubo AquaTrainer® (Cosmed, Italia) y la piscina durante los tests. Los tests fueron: i) 100 metros de CR y ii) 100 metros de CFA, realizados con 24 horas de diferencia y a máxima intensidad, con inicio en el agua y vueltas abiertas. Todos los socorristas se familiarizaron previamente con el uso del tubo AquaTrainer® durante seis sesiones. En la Figura 1 se presenta la configuración para la recogida de datos.

**Figura 1**

Configuración para la recogida de datos de rendimiento y fisiológicos en los protocolos de 100 metros de crol y 100 metros de crol con la cabeza fuera del agua.

Recogida de datos

Antes del test de natación, se midieron la masa corporal (báscula digital SECA® 813, resolución de 0.1 kg, Alemania), la estatura (estadiómetro SANNY, Personal Caprice, resolución de 0.1 cm, Brasil) y la envergadura de los brazos (estadiómetro SANNY, Personal Caprice, resolución de 0.1 cm, Brasil). Los socorristas se colocaron marcadores circulares (pegamento negro dermatológicamente testado) sobre los maléolos externos (bilaterales), el trocánter mayor del fémur y el acromion.

Dos investigadores cronometraron el rendimiento en cada test (cronómetros CR20, Kikos, Brasil). La velocidad media de natación ($m \cdot s^{-1}$) se midió por videogrametría con ayuda del sistema de análisis de rendimiento Ariel (APAS®, Ariel Dynamics Inc., Estados Unidos) en dos secciones: 25-50 y 75-100 m (dos ciclos de brazadas en cada sección). La velocidad media de natación se obtuvo por el cociente entre el desplazamiento de la cadera y el tiempo durante un ciclo completo de brazada. Un ciclo de brazada consistió en la entrada y reentrada de la misma mano en el agua (Barbosa et al., 2008).

Las imágenes para identificar la velocidad de natación se registraron con la ayuda de dos cámaras fijas (Sony Hdr cx260, 60 Hz, Estados Unidos), una colocada 0.3 m bajo la línea de superficie del agua protegida con una carcasa impermeable (Sony SPK-HCH, Estados Unidos) y otra 0.3 m fuera del agua (Figura 1). Las cámaras estaban en la mitad de la piscina y a una distancia de 7.5 m del plano sagital de desplazamiento del participante. Se utilizó un dispositivo con

diodos emisores de luz situado por encima y por debajo del nivel del agua para sincronizar las imágenes obtenidas por las cámaras, según los estudios de De Jesus et al. (2015). Las imágenes fueron registradas por las cámaras en un espacio calibrado previamente (dimensiones de la estructura de calibración $X = 4.5$ m [eje horizontal], $Y = 1$ m [eje mediolateral] y $Z = 1.5$ m [eje vertical]). El error cuadrático medio para los ejes X, Y y Z fue de 1.92, 0.29 y 1.34 mm, respectivamente (10 puntos reales y 10 de control para las cámaras sumergida y externa).

El consumo de oxígeno (VO_2) en ambos tests se midió directamente con cada respiración mediante un analizador de gases telemétrico portátil (K5, Cosmed, Italia) conectado a un tubo respirador y a un sistema valvular (AquaTrainer®, Cosmed, Italia), suspendido ≈ 2 m sobre la superficie del agua con un cable de acero. El analizador de gases telemétrico portátil se calibró antes de cada sesión de test con gases de referencia (O_2 16 % y CO_2 5 %) y el transductor de volumen de turbina se calibró con una jeringa de 3 l. Para el tratamiento de los datos, las respiraciones errantes (tragar, toser o interrupciones de la señal) se eliminaron del análisis de VO_2 y se incluyeron solo los datos con media ± 4 DE (Ozyener et al., 2001). Los datos se suavizaron posteriormente con una ventana en movimiento de cinco respiraciones (De Jesus et al., 2014). El consumo máximo de oxígeno ($VO_{2m\acute{a}x}$) se consideró como el valor máximo de la curva de los dos tests (Laffite et al., 2004). El VO_2 y la concentración de lactato en reposo (VO_{2rep} y La_{rep} , respectivamente) se midieron

antes de cada test, después de 10 minutos de descanso. Después del descanso, el VO_{2rep} fue la media de VO_2 , en que la tasa de intercambio respiratorio se estabilizó en aproximadamente 0.8.

Se extrajo sangre de la punta del dedo para determinar la concentración de lactato, que se midió en reposo y después del esfuerzo (1, 3, 5 y 7 minutos después del test) para identificar el valor máximo de lactato ($La_{máx}$). El lactato sanguíneo se identificó mediante un lactómetro portátil (Accutrend, Roche, Alemania). La frecuencia cardíaca (FC) y la escala de esfuerzo percibido (RPE, por sus siglas en inglés) se identificaron en reposo e inmediatamente después de cada test. Para comprobar la FC, se colocó un transmisor en la región del xifoides de los participantes durante los tests (Garmin, 920XT, Estados Unidos). Se presentó la escala de Borg de 15 puntos (6-20) a los participantes que indicaron la RPE según su visualización (Borg, 1998).

Contribución y coste energético

Las proporciones de metabolismo aeróbico y anaeróbico durante cada test (Ecuación 1) se calcularon con la ecuación de gasto energético total (Capelli et al., 1998; Di Prampero, 1986; Figueiredo et al., 2011):

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

donde E_{tot} es el consumo energético total durante el test; VO_2 se calculó a partir de la integral-tiempo del valor neto entre $VO_{2máx}$ y VO_{2rep} como la contribución aeróbica (Aer, kJ); βLa_b es la diferencia entre $La_{máx}$ y La_{rep} multiplicado por 2.7 ml de $O_2 \cdot mM^{-1} \cdot kg^{-1}$ y después por la masa corporal (kg) total como la contribución anaeróbica láctica (AnaerLa, kJ); y PCr (fosfocreatina) es la contribución anaeróbica aláctica (AnaerAla, kJ), mientras que esta fuente de energía corresponde en constante tiempo a 23.4 s (Binzoni et al., 1992). La AnaerAla se calculó por la concentración de fosfocreatina disminuida por 18.55 $mM \cdot kg^{-1}$ (peso neto en activación muscular máxima, suponiendo el 50% de masa muscular activada) (Capelli et al., 1998; Zamparo et al., 2011). Aer y AnaerLa se expresaron en kJ, suponiendo un equivalente energético de 20.9 $kJ \cdot LO_2^{-1}$ y como un % del gasto energético metabólico total. Por último, el coste energético (Ecuación 2) se calculó por el cociente entre el gasto energético metabólico total y la velocidad media de natación (Di Prampero, 1986):

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

donde C es el coste energético; E_{tot} es el consumo energético total durante el test; y v es la velocidad de natación.

Análisis estadísticos

Se utilizó el *software* G*Power 3.1 (Düsseldorf, Alemania) para determinar el tamaño mínimo de la muestra necesario (potencia estadística de .80, $\alpha = .05$ para el análisis, intervalo de confianza del 95%, error de muestreo del 5% y una supuesta magnitud del efecto de 0.50). En todos los datos se comprobó la normalidad de la distribución con el test de Shapiro-Wilk. Los datos se describieron como media \pm desviación estándar (DE) e intervalo de confianza [IC] del 95% de la media. Se realizaron comparaciones con la prueba de la t dependiente de las muestras, seguido del cálculo de la magnitud del efecto (Rosenthal, 1996): (donde d : 0 < magnitud del efecto insignificante < 0.19; efecto pequeña $0.20 \leq d \leq 0.49$; magnitud del efecto mediana $0.50 \leq d \leq 0.79$; magnitud del efecto grande $0.80 \leq d \leq 1.29$; y magnitud del efecto muy grande $d \geq 1.30$). El nivel de significación se estableció en el 5%.

Resultados

Los resultados se expresaron como media, DE, IC y d de Cohen para la media de socorristas respecto a rendimiento y velocidad de natación, parámetros fisiológicos ($VO_{2máx}$, $La_{máx}$, FC y RPE), contribución energética metabólica total y coste energético (Tabla 1). La magnitud del efecto fue muy grande ($d > 1.30$) en el rendimiento (83.2 ± 8.2 s en CR y 100.5 ± 11.8 s en CFA) y grande ($0.80 \leq d \leq 1.29$) en la velocidad de natación (1.09 ± 0.13 $m \cdot s^{-1}$ en CR y 0.96 ± 0.17 $m \cdot s^{-1}$ en CFA) (Tabla 1). La magnitud del efecto fue mediana ($0.50 \leq d \leq 0.79$) en la Aer (80.2 ± 15.6 kJ en CR y 89.4 ± 18.0 kJ en CFA) y pequeña ($0.20 \leq d \leq 0.49$) en la AnaerLa (53.4 ± 15.5 kJ en CR y 60.0 ± 15.2 kJ en CFA) (Tabla 1). La magnitud del efecto fue grande ($0.80 \leq d \leq 1.29$) en el gasto energético metabólico total (166.4 ± 16.5 kJ en CR y 182.5 ± 23.1 kJ en CFA) y muy grande ($d > 1.30$) en el coste energético (1.51 ± 0.24 $kJ \cdot m^{-1}$ en CR y 1.90 ± 0.33 $kJ \cdot m^{-1}$ en CFA) (Tabla 1). En reposo, no se identificaron diferencias en VO_2 , LA, FC y RPE en CR y CFA, respectivamente: 6.6 ± 1.4 y 6.8 ± 2.3 $ml \cdot kg^{-1} \cdot min^{-1}$; 2.3 ± 0.8 y 2.0 ± 0.7 $mmol \cdot l^{-1}$; 73.5 ± 13.6 y 75.9 ± 14.0 lpm, y 7.3 ± 1.5 y 7.5 ± 1.9 puntos.

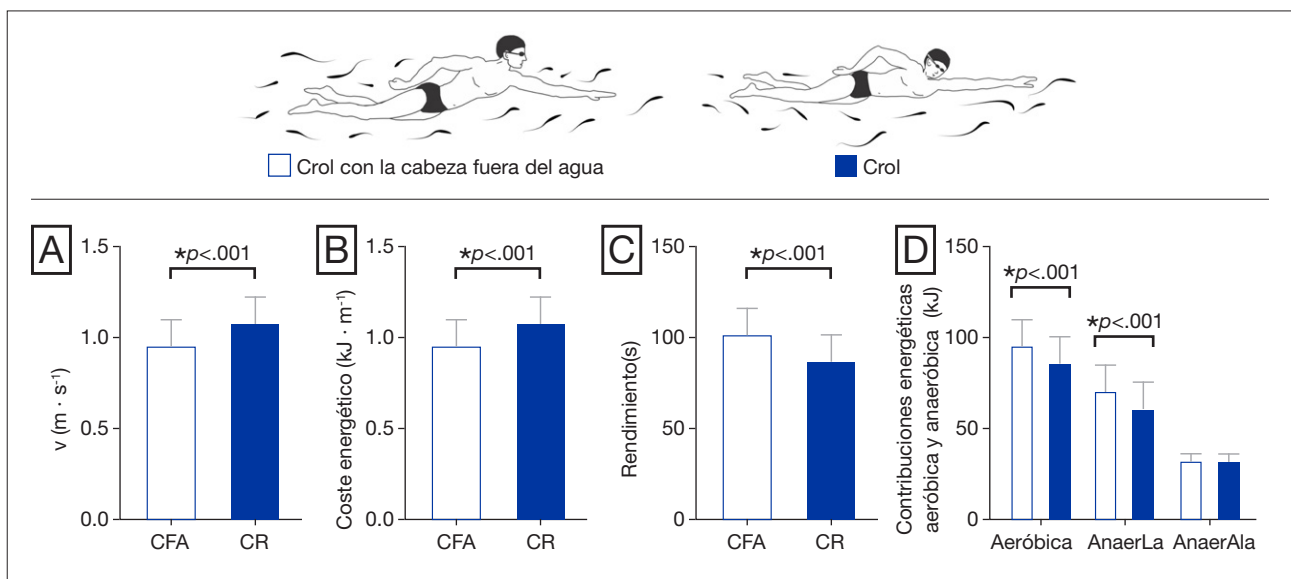
En la Figura 2 se presentan la media y la desviación estándar de velocidad de natación (imagen A), coste energético (imagen B), rendimiento (imagen C) y contribución energética aeróbica y anaeróbica (imagen D) de los socorristas durante los tests de 100 metros de crol con la cabeza fuera del agua y 100 metros de crol, $N = 21$. Los resultados del test de CR fueron mejores que los obtenidos en el test de CFA en las variables rendimiento (menor duración en segundos en el test de 100 metros) y velocidad de natación (Figura 2). Las contribuciones energéticas aeróbica y anaeróbica fueron mayores en CFA que en CR (Figura 2). El gasto energético metabólico total y el coste energético también fueron mayores en CFA que en CR (Tabla 1, Figura 1).

Tabla 1

Media, desviación estándar, intervalo de confianza y d de Cohen globales de rendimiento y velocidad de natación, parámetros fisiológicos, contribución energética metabólica total y coste energético para los socorristas, N = 21.

Variable	CR	CFA	p (d de Cohen)
Rendimiento (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 _{2máx} (ml·kg·min ⁻¹)	45.0 ± 8.0 [40.7, 49.3]	44.8 ± 8.8 [40.1, 49.5]	.70 (0.02)
LA _{máx} (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 (puntos)	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)
Coste energético (kJ·m ⁻¹)	1.51 ± 0.24 [1.40, 1.62]	1.90 ± 0.33 [1.74, 2.05]	< .001* (1.35)

Nota. v = velocidad de natación; VO_{2máx} = consumo máximo de oxígeno; LA_{máx} = valor máximo de lactato; FC = frecuencia cardíaca; RPE = escala de esfuerzo percibido; E_{tot} = gasto energético metabólico total; % Aer = % de contribución energética aeróbica; % AnaerLa = % de contribución energética anaeróbica láctica; % AnaerAla = % de contribución energética anaeróbica aláctica.

**Figura 2**

Media y desviación estándar de velocidad de natación (v) (imagen A), coste energético (imagen B), rendimiento (imagen C) y contribuciones energéticas aeróbica y anaeróbica (AnaerLa = anaeróbica láctica y AnaerAla = anaeróbica aláctica) (imagen D) de socorristas durante los tests de 100 metros de crol con la cabeza fuera del agua y 100 metros de crol. Resultados globales (N = 21): Test de la t: p < .001.

Discusión

En este estudio se evaluaron y compararon el rendimiento, el consumo de oxígeno y variables fisiológicas complementarias (lactato máximo, frecuencia cardíaca), la escala de esfuerzo percibido, la contribución energética metabólica total y el coste energético de CR y CFA realizado por socorristas. En general, el rendimiento fue mejor en CR que en CFA. El VO_2 y las variables fisiológicas complementarias ($\text{La}_{\text{máx}}$, FC) y la RPE no fueron diferentes entre CR y CFA. El gasto energético metabólico total y el coste energético fueron mayores en CFA que en CR.

Los socorristas se pueden beneficiar del CR comparado con el CFA por la mayor velocidad de natación y, por consiguiente, por un mejor rendimiento (duración más corta del test en segundos). Los rescates acuáticos exigen un contacto visual sostenido del socorrista con la víctima (Vignac et al., 2017) y, por tanto, eligen primero nadar en CFA. El rescate en piscinas o aguas abiertas que permiten una buena visibilidad parece propiciar estrategias con mayor uso de CR comparado con CFA a distancias mayores desde el punto de partida del socorrista hacia la víctima. El contacto corporal con la víctima que se está ahogando requiere diferentes procedimientos técnicos que van más allá del objetivo de este estudio; p. ej., técnicas de aproximación en los últimos metros cerca de la víctima y posibles acciones de desenganche. En cualquier caso, los socorristas pueden sustituir el uso del CR a una mayor velocidad de natación por el CFA a distancias que garantizan la seguridad del socorrista y de la víctima.

La inclinación del cuerpo de los nadadores, cuando levantan la cabeza, propicia un aumento del arrastre (Zamparo et al., 2009). Es por ello que el cuerpo produce un mayor arrastre durante el CFA comparado con el CR. En el presente estudio, el gasto energético metabólico total fue mayor para los socorristas durante el CFA que en el CR. La contribución energética de las vías aeróbica y anaeróbica fue mayor en CFA que en CR. Al compararse, las tres vías metabólicas energéticas en CR entre socorristas y nadadores masculinos bien entrenados no fueron similares. Al menos en nadadores masculinos bien entrenados, se observó que, para la distancia de 100 metros a máxima intensidad, el 43 % de la energía era de fuente aeróbica; el 33.1 %, anaeróbica láctica y el 23.5 %, anaeróbica aláctica, valores que son menores para la vía aeróbica y mayores para la vía anaeróbica aláctica (Ribeiro et al., 2015).

Los valores de coste energético fueron mayores en CFA que en CR. El coste energético en CR y CFA fue, respectivamente, de $1.51 \pm 0.24 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ y $1.90 \pm 0.33 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ ($p < .001$), con valores más altos en CFA. El test más largo (menor velocidad de natación) y la natación con peor alineamiento horizontal explican los valores más altos de coste energético en CFA. En nadadores de alto

rendimiento en tests de 100 metros de crol, se obtuvieron valores de coste energético de $1.16 \pm 0.10 \text{ kJ}\cdot\text{m}^{-1}$ (Ribeiro et al., 2015), inferiores a los hallados en el presente estudio, incluso con valores similares de $\text{VO}_{2\text{máx}}$. Debe señalarse que el coste energético es una variable de evaluación global de la natación, debido a que incorpora datos fisiológicos (energía total) y biomecánicos (velocidad de natación) (Barbosa et al., 2006). Por tanto, un nadador con un coste energético menor utiliza menos energía que uno con un coste energético mayor para recorrer la misma distancia. Este resultado es de suma importancia cuando se busca un rescate más rápido y más eficiente en el contexto de la natación en socorristas.

Además, nuestros resultados de RPE (14.6 ± 3.3 puntos en CR y 15.6 ± 4.0 puntos en CFA) y de LA ($17.7 \pm 1.4 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ en CR y $17.8 \pm 1.7 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ en CFA) obtenidos después del test de 100 m en piscina fueron diferentes de los observados en tests a rescatadores ($N = 23$, hombres $n = 21$ y mujeres $n = 2$) realizados en mar en calma, con olas inferiores a 0.5 m después de un rescate acuático sin equipo de rescate flotante (LA $11.01 \pm 2.06 \text{ ml}\cdot\text{l}^{-1}$ y RPE 8 ± 0.77 en la escala de Borg de 10 puntos) (Barcala-Furelos et al., 2016). También se encontró un estudio ($N = 40$, 28 hombres y 12 mujeres) en el que se describió una RPE de 7.4 ± 1.4 en la escala de Borg de 10 puntos en rescate sin equipo de rescate flotante (pero con aletas de 12 y 38 cm) antes del rescate con una distancia de 100 m en el mar (Aranda-García y Herrera-Pedroviejo, 2020). Es posible que estas diferencias se deban a las limitaciones de diferentes factores (Newell, 1986): medios (densidad y movimiento del agua en piscina y en el mar); organismo (distintas muestras con uno de los grupos con mujeres) y tarea (sin rescate y con rescate de un individuo). Merece la pena mencionar que el soporte con cualquier equipo (p. ej., aletas, tubo o tabla de rescate) durante los rescates es mejor que no tener ninguno (Aranda-García y Herrera-Pedroviejo, 2020; Barcala-Furelos et al., 2016; Serrano Ramón y Ferriz Valero, 2018).

Los resultados obtenidos de las variables estudiadas se pueden usar para apoyar los equipos de ejecución y planificación de entrenamiento salvavidas y garantizar un mejor rendimiento en el agua y visualización de la víctima, reduciendo el coste energético al realizar la actividad. Aunque no se pueden establecer las distancias a nadar en el momento del rescate y que en los rescates acuáticos no se suelen aplicar esfuerzos máximos, sino submáximos (Aranda-García y Herrera-Pedroviejo, 2020; Barcala-Furelos et al., 2016), los resultados sugieren que los socorristas deben tener una buena capacidad aeróbica para realizar el rescate. En cuanto al coste energético, los socorristas mostraron valores más altos en CFA que en CR, y ello puede provocar fatiga temprana si se realiza en

distancias largas para llegar hasta la víctima que se está ahogando. En cuanto al coste energético, también se puede observar que los socorristas mostraron valores más altos en CFA que en CR, y ello puede provocar fatiga temprana si se realiza en distancias largas para llegar hasta la víctima que se está ahogando.

También es sabido que algunos socorristas no tienen una buena técnica respiratoria mientras nadan y siempre eligen nadar con la cabeza fuera del agua, que les impide ser más rápidos y más eficientes. Por tanto, sería apropiado entrenar a los socorristas para que mejoren su técnica de natación en CR y CFA. En relación con el CFA, se ha observado que los jugadores de waterpolo que lo practican con mucha frecuencia durante el entrenamiento y en los partidos desarrollan una gran especialidad que les permite mantener valores de velocidad de natación, longitud de brazada y de frecuencia de brazada en CFA similares a CR (Zamparo et al., 2009). Por tanto, creemos que si el entrenamiento de socorristas da más importancia al CFA, los socorristas también podrán mantener valores mejores en las variables analizadas, que se traducen en un menor coste energético durante la realización de sus actividades.

Limitaciones

Las principales limitaciones de este estudio fueron: a) la inviabilidad metodológica que no permite realizar los tests en las mismas condiciones y medios en los que los socorristas realizan las actividades de rescate acuático; b) durante los tests de natación no se utilizaron aletas. Algunos socorristas las utilizan durante los rescates acuáticos (Barcala-Furelos et al., 2016). Es posible que futuros estudios aporten más información sobre el uso de aletas en tests de natación, rescates acuáticos y sus costes energéticos correspondientes; c) el uso de un tubo para obtener los gases respiratorios que permitía a los socorristas respirar con la cara más cerca de la línea del agua que si estuvieran realizando la técnica de aproximación sin el tubo, y que podría haber influido en los resultados en CFA. Los datos del presente estudio pueden ayudar a planificar el entrenamiento, sea técnico o fisiológico, con objeto de mejorar la planificación de las actividades físicas del socorrista, y también la técnica de natación relacionada con la aproximación al ahogamiento. Sabemos que siempre será difícil controlar todas las variables existentes en estudios de esta naturaleza, especialmente porque es una actividad que no permite prever el esfuerzo que se necesitará para realizar cada rescate. Un mayor número de estudios relacionados con este tema permitirá conocer aún mejor las capacidades que se deberían mejorar en el entrenamiento de socorristas.

Conclusión

Los socorristas alcanzaron una mayor velocidad de natación y, por consiguiente, un mejor rendimiento en CR que en CFA en un test de 100 metros a máxima intensidad. $VO_{2\text{máx}}$, $LA_{\text{máx}}$, FC y RPE fueron similares en CR y CFA en el test de 100 metros a máxima intensidad. En general, los socorristas pudieron alternar las brazadas de CR con una o dos brazadas de CFA, dejando el CFA para cuando estuvieran más cerca de la víctima y establecer la aproximación más apropiada. Esta técnica de aproximación tiene un mayor coste energético comparado con el CR. Asimismo, se sugiere mejorar la técnica del CFA para que se aproxime a las características fisiológicas y biomecánicas del CR.

Declaraciones de interés

Ninguna. Sin financiación. El estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación de la Universidad Federal de Rio Grande do Sul (n.º 2.316.201) y se realizó de acuerdo con la Declaración de Helsinki.

Referencias

- Aranda-García, S., & Herrera-Pedroviño, 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., Colaço, 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., Abelairas-Gomez, C., Bores-Cerezal, A., Lopez-García, S., & Rodríguez-Núñez, 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 ^{31}P -NMR at the onset of constant-load exercise in humans. *J Appl Physiol* (1985), 73(4), 1644-1649. <https://doi.org/10.1152/jappl.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 Educación 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>

Conflicto de intereses: las autorías no han declarado ningún conflicto de intereses.



© Copyright Generalitat de Catalunya (INEFC). Este artículo está disponible en la url <https://www.revista-apunts.com/es/>. Este trabajo está bajo la licencia Creative Commons Attribution-NonCommercial-NoDerivatives 4.0 International License. Las imágenes u otro material de terceros en este artículo se incluyen en la licencia Creative Commons del artículo, a menos que se indique lo contrario en la línea de crédito. Si el material no está incluido en la licencia Creative Commons, los usuarios deberán obtener el permiso del titular de la licencia para reproducir el material. Para ver una copia de esta licencia, visite https://creativecommons.org/licenses/by-nc-nd/4.0/deed.es_ES