

Article

Respuestas Cardiovasculares y Perceptuales en natación de ultra resistencia en aguas abiertas: Estudio de un Caso

Daniel A. Judelson, James R. Bagley, Jennifer M. Schumacher y Lenny D. Wiersma

Exercise Physiology Laboratory, Center for Sport Performance, California State University, Fullerton, CA.

RESUMEN

La natación de ultra resistencia en aguas abiertas plantea desafíos fisiológicos únicos. Este estudio de caso tiene como objetivo describir las respuestas cardiovasculares y perceptuales durante un evento exitoso de natación individual. Los investigadores realizaron el seguimiento del cruce del Canal de Catalina (32,2 km) de una nadadora monitoreando la temperatura del agua (Tagua) y la temperatura del aire (Taire), la distancia pendiente (DR), la velocidad media y la frecuencia cardíaca (HRnado) en intervalos regulares. Cada 24 minutos, la nadadora reportaba el dolor percibido (en una escala de 0-10), índice de esfuerzo percibido (RPE [escala de 6-20]), sensación térmica percibida (escala 0-8) y sed (escala 1-9). Los datos se presentan en forma de Media \pm SD en los casos en que correspondiera. La participante finalizó en 9 horas, 2 minutos y 48 segundos; la temperatura promedio del agua fue 19.1 \pm 0.4°C, y la temperatura promedio del aire fue 18.6 \pm 0.9°C. La frecuencia cardíaca (HRnado) fue de 148 a 155 lat/min, y la sensación térmica varió de 3 a 4. El dolor durante el nado varió inconsistentemente de 0 a 5. El RPE se mantuvo entre 12 y 14 durante las primeras 8 horas, pero aumentó dramáticamente cerca del final del cruce (alcanzando un valor de 18). La sensación de sed aumentó de manera sostenida a lo largo del nado, alcanzando nuevamente valores máximos cerca del final. Se observaron correlaciones fisiológicamente y estadísticamente significativas entre la sed y DR ($r = -0,905$), RPE y HRnado ($r = 0,741$), RPE y DR ($r = -0,694$), y dolor y DR ($r = -0,671$). Los resultados principales fueron que, a pesar de las fluctuaciones en los indicadores de percepción de estrés, la nadadora mantuvo una intensidad de ejercicio consistente tal como lo indicó la HRnado y durante el nado de ultra resistencia, el dolor, RPE y la sed se correlacionaron de manera positiva con la distancia nadada. Esperamos que estos resultados ayuden en la preparación y rendimiento de futuros atletas aportando información sobre lo que los nadadores pueden esperar durante un esfuerzo de ultra resistencia y permitan aumentar los conocimientos sobre las respuestas fisiológicas y perceptuales durante la natación de aguas abiertas.

Palabras Clave: Aguas abiertas, femenino, índice de esfuerzo percibido, frecuencia cardíaca durante el ejercicio

INTRODUCCION

La natación de ultra resistencia en aguas abiertas representa un factor de estrés fisiológico y perceptual único que incluye agotamiento, hipotermia, corrientes oceánicas fuertes, y clima impredecible (1-5). Los eventos de nado de larga distancia (en o a través de aguas abiertas entre bancos de tierra o islas) requieren una preparación y aclimatación extensa debido a que su duración puede exceder las 24 horas en el agua con temperaturas tan bajas como 11°C (52°F) (2, 5-8). A pesar de

estos desafíos, los rendimientos en las competencias siguen mejorando (9) y cada año nuevos atletas aficionados y profesionales intentan participar en natación de ultra resistencia (10). Por ejemplo, el número de nadadores del Canal de la Mancha (probablemente el cruce de nado más conocido del mundo) ha aumentado exponencialmente en los últimos años, con más de 1800 nados exitosos desde 1875 a 2013 (11). Recientemente las atletas femeninas han cobrado atención en los deportes de ultra resistencia porque sus tiempos de rendimientos máximos se han acercado a los de los varones (12) especialmente en eventos de nado de larga duración en aguas frías en los que las mujeres pueden tener ventajas fisiológicas favorables con respecto a los varones (ej, menor tamaño corporal y mayor porcentaje de grasa corporal lo que produce una menor resistencia y mayor flotación). El reciente cruce de Cuba-US de Diana Nyad (180 km) sin una jaula contra tiburones ha captado una mayor atención del público hacia el deporte.

A pesar de la creciente popularidad del deporte, los nadadores de aguas abiertas de larga distancia todavía representan una pequeña población (7). Además el estudio de situaciones durante las competencias se vuelve difícil porque las reglas estrictas prohíben el contacto directo con nadadores durante los eventos (13). Esta combinación hace que la natación de ultra resistencia sea un deporte poco investigado, lo que hace que existan muchos interrogantes fisiológicos y psicológicos sin contestar. La mayoría de las investigaciones sobre natación en aguas abiertas se han centrado en las características del atleta (2, 14, 15), en el entrenamiento (3, 16), los tiempos de rendimiento (9, 10, 12) y las respuestas de la temperatura corporal al agua fría (1, 4, 5, 17), pero existe poca información fisiológica o psicológica que haya sido obtenida a partir de eventos reales.

De los pocos estudios de casos realizados con nadadores de cruces (2, 3, 8, 16, 18), ninguno informó sobre la respuesta de la frecuencia cardíaca, el dolor percibido, esfuerzo percibido, sensación térmica ni sensación de sed durante un evento. Por consiguiente, el propósito de este estudio de caso fue describir las respuestas cardiovasculares y perceptuales de una nadadora de ultra resistencia durante un cruce individual exitoso del Canal de Catalina (32,2 km [20 millas]) en el Sur de California. Este renombrado cruce figura como un evento en la Triple Corona de Natación de Aguas Abiertas (www.openwaterswimming.com/community/triple-crown-open-water-swimming) que incluye los cruces del Canal de la Mancha y del Canal Catalina y la vuelta a la Isla de Manhattan de Nueva York. La salud, seguridad y el rendimiento de nadadores de ultra resistencia dependen de una preparación extensa; las investigaciones que describan las consecuencias fisiológicas y psicológicas durante este exigente evento ayudarán a diseñar la planificación y el entrenamiento de los futuros atletas.

Presentación del caso

Participante y aprobación ética

El cruce del canal fue realizado por una nadadora de competición (24 años, talla 158 centímetros, peso 58,2 kg, índice de masa corporal 23,2 kg/m, porcentaje de grasa corporal 25,0%). La participante informó haber realizado entrenamiento y aclimatación específicos durante un período de 1 año para este evento (Tabla 1), haber nadado 6 a 9 veces por semana (11 a 20 horas por semana), en condiciones de agua fría (temperatura tan baja como 11°C [52°F]), mares agitados, natación nocturna, o suspensión de sueño por la noche. Este estudio cumplió con los requisitos de la Declaración de Helsinki, y el trabajo informado fue aceptado por el Comité de Revisión Institucional en la Universidad Estatal de California, Fullerton. La participante leyó y firmó el consentimiento informado y los formularios de antecedentes médicos antes de la recolección de los datos.

Otoño e Invierno			
Ubicación	Piscina (Equipo de natación Master)	Piscina (con compañero de entrenamiento)	Océano (compañeros de entrenamiento)
Frecuencia	3-1 x por semana	2x por semana	2-3 x por semana
Duración	70-90 minutos	60 minutos	50-90 minutos
Intensidad	Entrenamiento intervalado de alta intensidad	Entrenamiento intervalado de alta intensidad	Continuo (70%-80% HR _{max})
Primavera			
Ubicación	Piscina (Equipo de natación Master)	Piscina (compañero de entrenamiento)	Océano (compañeros de entrenamiento)
Frecuencia	3-4 x por semana	2x por semana	2-3 x por semana
Duración	70-90 minutos	60 minutos	50-120 minutos
Intensidad	Entrenamiento intervalado de alta intensidad	Entrenamiento intervalado de alta intensidad	Continuo (70%-80% HR _{max})
Verano			
Ubicación	Piscina (Equipo de natación Master)	Piscina (compañeros de entrenamiento)	Océano (compañeros de entrenamiento)
Frecuencia	2-3 x por semana	1 x por semana	2-3 x por semana ^a
Duración	70-90 minutos	60 minutos	2-8 horas ^a
Intensidad	Entrenamiento intervalado de alta intensidad	Entrenamiento intervalado de alta intensidad	Continuo (70%-80% HR _{max})

Tabla 1. Descripción general del entrenamiento anual de preparación realizado por la participante antes del cruce del Canal de Catalina.

La participante tenía 15 años de experiencia de entrenamiento de natación durante todo el año (por grupos de edades, “high school”, nadadora master) con una pausa de 1,5 años aproximadamente 4 años antes del cruce del Canal de Catalina.

a Durante 10 semanas antes del evento, la participante realizó travesías de nado de fin de semana (sábado y domingo) en el océano con una duración progresiva de 2 a 8 horas.

Mediciones antropométricas

Los investigadores midieron la talla con un estadiómetro (*modelo 210; SECA Corp., Hamburgo, Alemania*), el peso corporal con una balanza electrónica (*ES 200L; OHAUS, Pinebrook, NJ*) y el índice de masa corporal (BMI) calculado como peso (kg) dividido por la talla (m) (19). Un investigador especializado realizó una valoración de pliegues cutáneos en 3 lugares (tríceps, supra iliaco, muslo) (20) para estimar el porcentaje de grasa corporal, pellizcando un pliegue de tejido con un calibre de pliegues cutáneos (con un nivel de apreciación de un milímetro) calibrado (*Harpندن; British Indicators, West Sussex, UK*) y obtuvo el promedio de 3 mediciones en cada sitio (con una diferencia no mayor a 2 mm entre ellas).

Travesía de nado

La participante nadó 32,2 km (20 millas) desde Doctors Cove (Isla Catalina) hasta Palos Verdes (parte continental de California), llevando solamente un traje de baño, gorra y gafas de natación. Ella siguió las reglas de la Federación de Natación del Canal de Catalina que prohíbe: 1) el uso de material aislante o de flotación (ej, trajes de neopreno); y 2) la ayuda antinatural al nadador (ej, nado con drafting, sujetarse a un kayak) (13). Comenzó a las 23:53 horas (11:53 PM) a causa de la presencia de corrientes favorables, siguiendo un bote de escolta con alimentos y remeros investigadores en kayak a cada lado (ninguna embarcación se acercó demasiado para no interferir con las reglas establecidas por la Federación de Natación del Canal de Catalina). En intervalos de 24 minutos, los investigadores tomaron la temperatura del agua (Tagua) y la temperatura del aire (Taire), la distancia restante (DR), y la velocidad (por cambio en la posición náutica/tiempo transcurrido). La participante realizó descansos (manteniéndose a flote) cada 24 minutos, durante 1 minuto o menos, bebiendo agua *ad libitum* y consumiendo aproximadamente 175 mL de una solución de carbohidratos y electrolitos; y además durante períodos de descanso alternados consumió geles de carbohidratos y electrolitos, pan o licuado de banana.

Parámetros cardiovasculares e intensidad de nado.

Los investigadores midieron la frecuencia cardíaca en reposo (HR_{reposo}) antes de comenzar el cruce y registraron la frecuencia cardíaca durante el nado (HR_{nado}) en intervalos de 5 segundos a lo largo del evento por monitoreo telemétrico (E600; *Electro Polar, Woodbury, NY*). Los investigadores desarrollaron una ecuación de estimación para la frecuencia cardíaca máxima estimada para la edad (APMHR) durante el nado (APMHR_{nado} = [206 - 0.88 (edad)] - 13) restando 13 lat/min (porque la natación produce una menor HR_{max} en comparación con las carreras) (21-23) de una ecuación de frecuencia cardíaca máxima (HR_{max}) utilizada específicamente para mujeres saludables (24). Se utilizó la fórmula de Karvonen (HR_{reserva} = APMHR_{nado} - HR_{reposo}) para calcular la frecuencia cardíaca de reserva de la nadadora (25). Finalmente, los investigadores determinaron la intensidad de nado de la participante (ie, tasa de trabajo) durante el cruce del canal como un porcentaje de HR_{reserva}: intensidad de nado (% HR_{reserva}) = [(HR_{nado} - HR_{reposo}) / (HR_{reserva})] x 100. (26).

Medidas Perceptuales

Durante cada período de descanso los investigadores documentaron las respuestas de percepción de la participante utilizando las 4 escalas que se observan en la Tabla 2. Para evaluar el dolor percibido, los investigadores, utilizaron la escala de valuación numérica (27). La escala de Borg, normalmente utilizada en fisiología del ejercicio, se utilizó para evaluar el índice de esfuerzo percibido (RPE) (28). La sensación térmica percibida se utilizó para establecer cuan caliente o fría se percibía la participante (29). Finalmente, para medir la sensación de sed se utilizó una escala de sensación de sed adaptada (30). Los investigadores familiarizaron a la participante con las escalas de percepción durante varias sesiones de entrenamiento antes del evento para asegurar que se sintiera cómoda con las mediciones.

Dolor percibido	RPE	Sensación de sed	Sensación térmica
0 Sin dolor	6	1 Nada de sed	0,0 Increíblemente frío
1	7 Muy, muy liviano	2	0,5
2	8	3 Algo sedienta	1,0 Muy frío
3	9 Muy liviano	4	1,5
4	10	5 Moderadamente sedienta	2,0 Frío
5 Dolor moderado	11 Algo liviano	6	2,5
6	12	7 Muy sedienta	3,0 Fresco
7	13 Algo duro	8	3,5
8	14	9 Muy, muy sedienta	4,0 Cómodo
9	15 Duro		4,5
10 Dolor tan fuerte como pudiera ser	16		5,0 Templado
	17 Muy duro		5,5
	18		6,0 Caliente
	19 Muy, muy duro		6,5
	20		7,0 Muy caliente
			7,5
			8,0 Increíblemente caliente

Tabla 2. Escalas de Percepción

Análisis estadístico

Los investigadores calcularon la correlación producto momento de Pearson (r) para determinar la dependencia lineal entre cada variable. La significancia para los valores de r se fijó en P<0,05. En los casos en que correspondiera los datos se presentan en forma de Media±SD. Los investigadores realizaron los análisis estadísticos con el software *PASW Statistics 18 (SPSS Inc., Chicago, IL)*.

RESULTADOS

La participante realizó el cruce del Canal de Catalina en 9 horas, 2 minutos, 48 segundos, a una velocidad media de 1.0 ± 0.1 m s⁻¹, empezando a 23:53 horas (11:53 PM) y llegando al continente a las 08:56 horas (8:56 AM) de la mañana siguiente. La Tagua promedio fue $19,1 \pm 0,4^\circ\text{C}$ ($66,4 \pm 0,7^\circ\text{F}$), con un valor mínimo de $18,0^\circ\text{C}$ ($64,4^\circ\text{F}$) y un máximo de $19,6^\circ\text{C}$ ($67,3^\circ\text{F}$); la Taire media fue $18,6 \pm 0,9^\circ\text{C}$ ($65,5 \pm 1,6^\circ\text{F}$), y ascendió a $20,2^\circ\text{C}$ ($68,4^\circ\text{F}$) cerca del final del cruce.

Respuesta Cardiovascular e intensidad de nado

La frecuencia cardíaca en reposo (HR_{reposo}), la APMHR_{nado} y la HR_{reserva} de la participante fueron 48, 172 y 124 lat/min, respectivamente. Su HR_{nado} se mantuvo constante durante el evento, tomando valores de 148 a 155 lat/min, con una media de 152 ± 2 lat/min (Figura 1). La intensidad de nado de la participante se mantuvo entre 81% y 86% de la HR_{reserva} a lo largo del cruce.

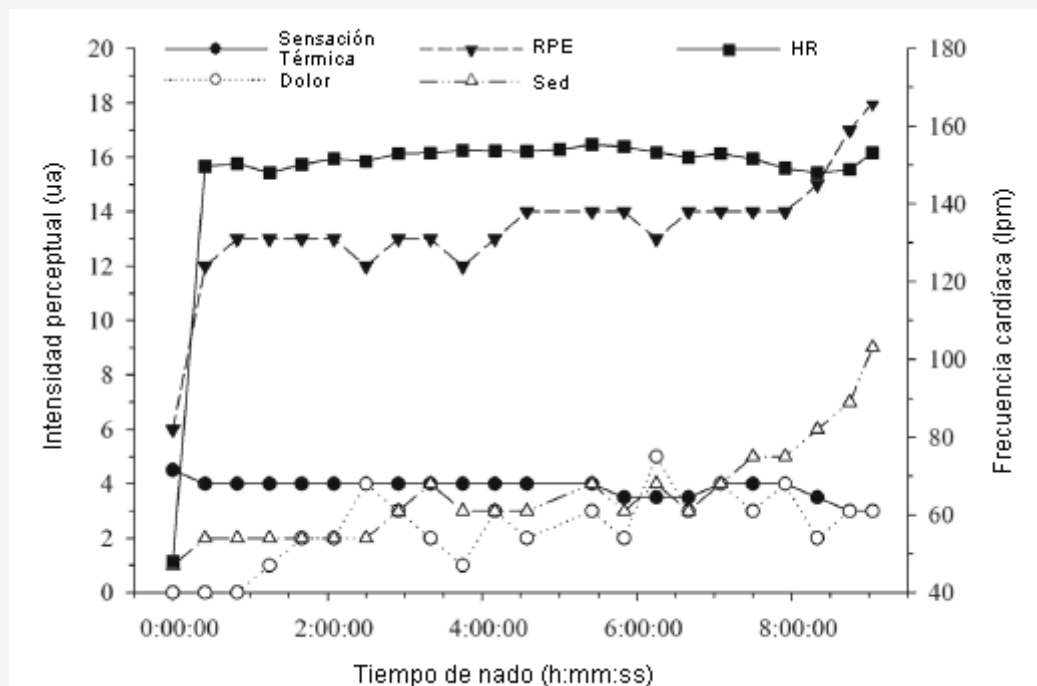


Figura 1. Respuestas perceptuales y de frecuencia cardíaca (HR) durante el cruce del Canal de Catalina. Las intensidades perceptuales, en unidades arbitrarias (ua), se basan en las escalas descritas en la Tabla 2, y la HR se presenta en forma de lat/min (lpm). Los círculos sólidos indican la sensación térmica; los círculos abiertos, el dolor; los triángulos sólidos, el índice de esfuerzo percibido (RPE); los triángulos abiertos, la sed; y los cuadrados sólidos la frecuencia cardíaca (HR).

Respuestas perceptuales

La Figura 1 también presenta los valores de dolor percibido, RPE, sensación térmica y respuestas de sed a lo largo del tiempo. La sensación térmica varió de 3,0 a 4,5 (de fresco a cómodo). El dolor varió irregularmente de 0 a 5 (ningún dolor hasta dolor moderado) durante el nado. El RPE permaneció entre 12 y 14 (de ligeramente menor a ligeramente mayor que "algo duro") durante las primeras 8 horas, pero aumentó dramáticamente en los 40 minutos finales, alcanzando un valor de 18 ("muy duro" a "muy, muy duro") en el final. La sensación de sed aumentó de manera sostenida a lo largo del nado, alcanzando valores máximos nuevamente cerca de la finalización del cruce. La Tabla 3 presenta los coeficientes de correlación (valores r), que describen las relaciones entre todas las variables determinadas. A partir de allí se pudo establecer que existían correlaciones fisiológicamente y estadísticamente significativas entre DR y sed (Figura 2A), RPE (Figura 2B) y dolor (Figura 2C).

	RPE	Sensación térmica	Sed	HR	T aire	Tagua	DR	Velocidad
Dolor	0,447 ^a	-0,363	0,447 ^a	0,405	0,521 ^a	-0,470 ^a	-0,671 ^a	-0,044
RPE		-0,802 ^a	0,794 ^a	0,741 ^a	0,616 ^a	-0,259	-0,694 ^a	-0,564 ^a
Sensación térmica			-0,768 ^a	-0,402	-0,586 ^a	-0,598 ^a	0,658 ^a	0,621 ^a
Sed				0,299	0,925 ^a	-0,299	-0,905 ^a	-0,544 ^a
HR					0,244	-0,008	-0,348	0,057
Taire						-0,422	-0,943 ^a	0,233
Tagua							0,612 ^a	-0,333
DR								-0,335

Tabla 3. Matriz de Correlación de variables dependientes

Los valores son las correlaciones (r) producto momento de Pearson.

^a Indica que existe una relación significativa entre las variables (P<0,05).

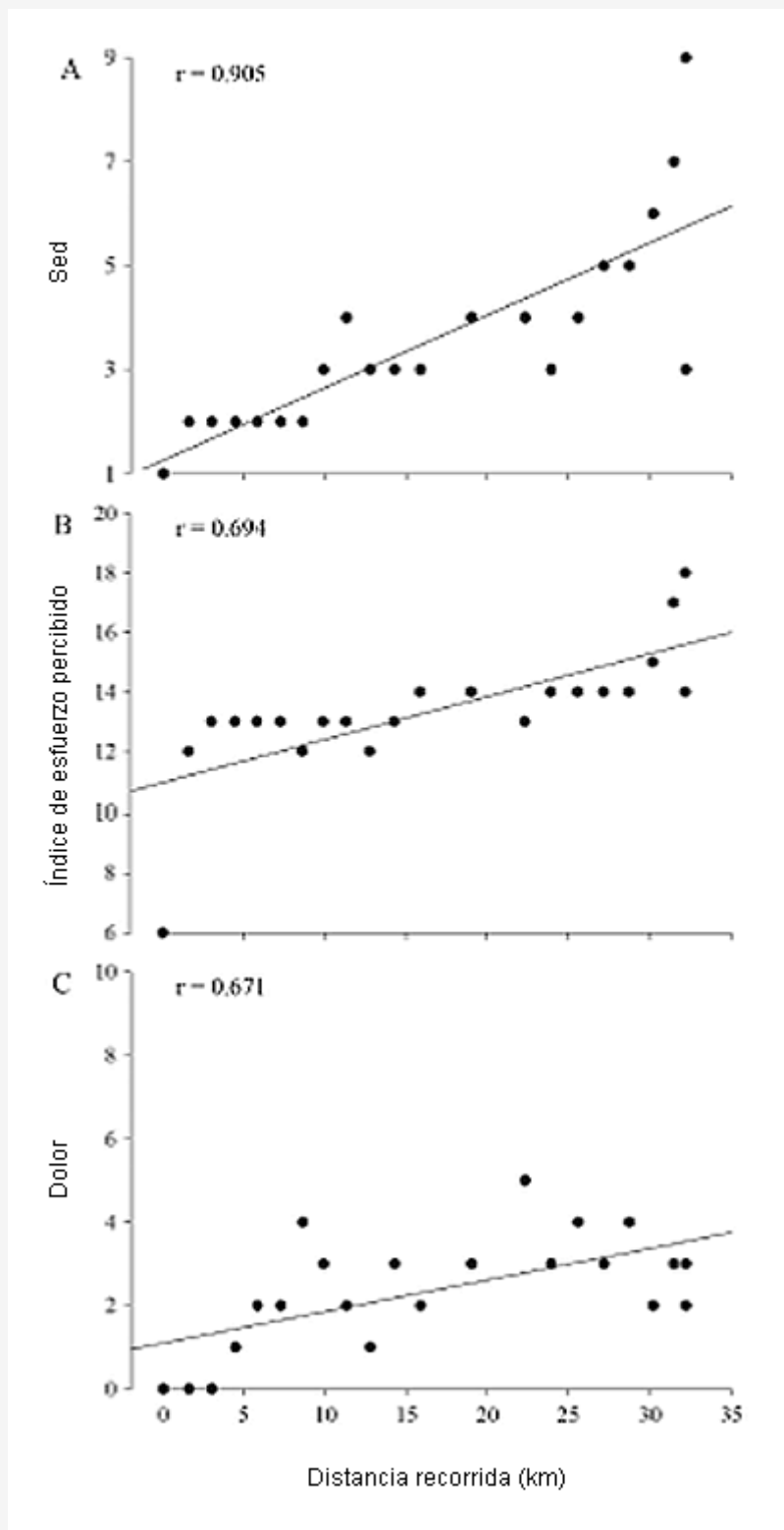


Figura 2. Correlaciones fisiológicamente y estadísticamente significativas. Para una mejor claridad visual, estas figuras reflejan la distancia recorrida (en oposición a la distancia restante) en función de (A) la sed, (B) índice de esfuerzo percibido (RPE) y (C) dolor.

DISCUSION

La participante nadó el Canal de Catalina (32,2 km [20 millas]) en 9 horas, 2 minutos y 48 segundos, lo que la transforma en uno de los 200 nadadores individuales exitosos en el momento de este evento (www.swimcatalina.com). Hasta la fecha, su tiempo se encuentra dentro del 10% de los mejores nadadores individuales del cruce del Canal de Catalina (entre las 20 nadadoras mujeres más rápidas). Los principales resultados de este estudio de caso fueron 1) a pesar de las fluctuaciones en la percepción de factores estresantes, la nadadora mantuvo una intensidad de ejercicio uniforme durante el nado tal como lo indica la frecuencia cardíaca (HRnado); y 2) durante el nado de ultra resistencia, el dolor percibido, el RPE y la sed se correlacionaron positivamente con la distancia nadada.

Respuesta cardiovascular, intensidad y velocidad de nado.

El monitoreo de la frecuencia cardíaca aporta valiosa información sobre la intensidad del ejercicio durante el entrenamiento y sobre el rendimiento, estrechamente relacionada al consumo de oxígeno en intensidades entre 50 y 90% VO₂max. La HRsnado y la intensidad del ejercicio de nuestra participante (81% a 86% HRreserva) se mantuvieron constantes durante el evento de 9 horas, lo que puso en evidencia su excepcional acondicionamiento físico. La HRnado se correlacionó fuertemente con el RPE ($r=0,741$) a lo largo del cruce. Nuestros resultados coinciden con resultados previos que encontraron correlaciones significativas entre estas variables durante el ejercicio en agua fría (32). Aunque la ecuación de predicción de la HRmax utilizada en este estudio era específica para mujeres (24) podría haber subestimado la HRmax (intensidad relativa creciente) en comparación con otras ecuaciones (33)

La velocidad de nado de la participante promedió $1,0\pm 0,1$ m s⁻¹ que fue similar a la velocidad de nadadoras en un estudio previo de travesías de nado (8). La capacidad para mantener velocidades de nado relativamente altas durante una distancia larga puede estar relacionada con la mayor eficiencia mecánica de los nadadores de ultra resistencia y a las mayores velocidades de brazada (brazada/min) (8). Ilógicamente, la velocidad media de nado no se correlacionó con la mayoría de las variables y sólo se observó una relación lógica significativa (sensación térmica $r=0,621$) y dos relaciones significativas inesperadas (RPE, $r=-0,564$ y sed, $r=-0,544$). Lamentablemente, el cálculo de la velocidad de nado (ie, cambio en la posición náutica/tiempo transcurrido) no contempla las corrientes oceánicas (velocidad y dirección). Estos factores son independientes de la intensidad del ejercicio y pueden influenciar fuertemente la velocidad de nado resultante.

Dolor, RPE y sensación térmica

El dolor percibido y RPE se correlacionaron moderadamente ($r= 0,447$), lo que indica una posible interrelación. Las asociaciones significativas esperadas entre DR, dolor y RPE (Figura 2B y 2C) podrían haberse producido por la duración del nado o por el esfuerzo consciente de la nadadora para aumentar la velocidad cerca del final.

La hipotermia (temperatura del core [T_{core}] $\leq 35^{\circ}\text{C}$) disminuye las habilidades físicas y mentales y aumenta el riesgo de sufrir accidentes. Se ha reportado "muerte probable" por hipotermia después de 3 a 9 horas de inmersión en agua a 15°C (34), sin embargo puede ocurrir en aguas con temperaturas de $21,1^{\circ}\text{C}$ ($70,0^{\circ}\text{F}$) o inferiores. El tiempo para presentar hipotermia difiere ampliamente en función de la temperatura del agua, edad, sexo, nivel de aptitud física, aclimatación, composición corporal, intensidad del ejercicio, etc. Las investigaciones previas han demostrado la capacidad de las mujeres para aclimatarse al agua fría a lo largo del tiempo (35) posiblemente debido a las mayores reservas de grasa subcutánea (1-3) o a la mayor capacidad de disminuir la circulación periférica (36). Nuestra participante soportó en agua con una temperatura de $19,1\pm 0,4^{\circ}\text{C}$ ($66,4\pm 0,7^{\circ}\text{F}$) durante más de 9 horas, lo que sugiere que se aclimató durante su entrenamiento anual. Aunque durante el evento no medimos la temperatura del core (T_{core}), hay investigaciones que sugieren que la sensación térmica se correlaciona con la T_{core} durante el ejercicio en agua fría (32). La sensación térmica percibida de nuestra participante se mantuvo constante (fresco a cómodo) durante todo el cruce. Nadar en agua fría aumenta la tasa de pérdida de calor por convección, mientras que la contracción simultánea de los músculos produce calor (37). Esto hace que la natación de ultra resistencia sea un modelo único para estudiar la etiología de la hipotermia en el agua fría, y los futuros estudios deben realizar estudios con nadadores de largas distancias oceánicas para establecer las estrategias de entrenamiento específicas para la aclimatación al frío.

CONCLUSION

Estas observaciones indican que con el entrenamiento, la aclimatación y la alimentación intermitente adecuados, un nadador de ultra resistencia puede mantener de manera segura elevadas intensidades de ejercicio de manera prolongada y

soportar desafíos perceptuales considerables. La distancia restante es la que mejor se relaciona con los marcadores de estrés perceptual durante la natación de aguas abiertas de larga duración. Nosotros esperamos que estos resultados ayuden con la preparación y el rendimiento de futuros nadadores de cruces, aporten información sobre lo que los nadadores pueden esperar razonablemente durante un intento de cruce de canal, y aumenten la comprensión sobre las respuestas fisiológicas y perceptuales durante la natación de ultra resistencia.

REFERENCIAS

1. Brannigan D. , Rogers I. R. , Jacobs I. , Montgomery A. , Williams A. , Khangure N. (2009). Hypothermia is a significant medical risk of mass participation long-distance open water swimming. *Wilderness Environ. Med.* 20: 14-18.
2. Pugh L. G. , Edholm O. G. (1955). The physiology of channel swimmers. *Lancet.* 269:761-768.
3. Acevedo E. O. , Meyers M. C. , Hayman M. , Haskin J. (1997). Applying physiological principles and assessment techniques to swimming the English Channel. *A case study. J. Sports Med. Phys. Fitness.* 37:78-85.
4. Noakes T. D. , Dugas J. P. , Dugas L. R. , et al. (2009). Body temperature during three long-distance polar swims in water of 0-3 °C. *J. Therm. Biol.* 34:23-31.
5. Keatinge W. , R. , Khartchenko M. , Lando N. , Lioutov V. (2001). Hypothermia during sports swimming in water below 11 degrees C. *Br. J. Sports Med.* 35:352-353.
6. Gerrard D. F. (1999). Open water swimming. *Particular medical problems. Clin. Sports Med.* 18:337-347.
7. Bisley K. (1999). Physiology of cold water immersion in marathon swimmers-a literature review. *New Zeal J. Sports Med.* 27:36-40.
8. Dwyer J. (1983). Marathon swimmers: physiologic characteristics. *J. Sports Med. Phys. Fitness.* 23:263-272.
9. Eichenberger E. , Knechtle B. , Knechtle P. , Rust C. A. , Rosemann T. , Lepers R. (2012). Best performances by men and women open-water swimmers during the "English Channel Swim" from 1900 to 2010. *J. Sports Set.* ;30:1295-1301.
10. Fischer G. , Knechtle B. , Rust C. A. , Rosemann T. (2013). Male swimmers cross the English Channel faster than female swimmers. *Scand. J. Med. Sci Sports.* 23:e48-e55.
11. Knechtle B. , Rosemann T. , Rust C. A. (2014). Participation and performance trends by nationality in the "English Channel Swim" from 1875 to 2013. *BMC Sports Sci. Med. Rehabil.* 6:34.
12. Rust C. A. , Lepers R. , Rosemann T. , Knechtle B. (2014). Will women soon outperform men in open-water ultra-distance swimming in the "Maratona del Golfo Capri-Napoli"? Springer plus. ;3:86.
13. Federation C. C. S. (2011). Catalina Channel Swimming Federation official rules. 1-3. Available at: <http://swimcatalina.com>. Accessed on January 26, 2015.
14. Van Heest J. L. , Mahoney C. E. , Heir L. (2004). Characteristics of elite open-water swimmers. *J. Strength Cond. Res.* ;18: 302-305.
15. Knechtle B. , Baumann B. , Knechtle P. , Rosemann T. (2010). Speed during training and anthropometric measures in relation to race performance by male and female open-water ultra-endurance swimmers. *Percept. Mot. Skills.* 111:463-474.
16. Kanaar A. C. , Hecht M. W. (1992). Marathon swim training in a 74-yr-old man: personal experiences. *Med. Sci. Sports Exerc.* 24:490-494.
17. Pugh L. G. , Edholm O. G. , Fox R. H. , et al. (1960). A physiological study of channel swimming. *Clin. Sci.* 19:257-273.
18. Frisch R. E. , Hall G. M. , Aoki T. T. , et al. (1984). Metabolic, endocrine, and reproductive changes of a woman channel swimmer. *Metabolism.* 33:1106-1111.
19. Keys A. , Fidanza F. , Karvonen M. J. , Kimura N. , Taylor H. L. (1972). Indices of relative weight and obesity. *J. Chronic. Dis.* 25:329-343.
20. Jackson A. S. , Pollock M. L. (1985). Practical assessment of body composition. *Phys. Sportsmed.* 13:76-90.
21. Holmer I. Oxygen uptake during swimming in man. (1972). *J. Appl. Physiol.* 33:502-509.
22. McArdle W. D. , Glaser R. M. , Magel J. R. (1971). Metabolic and cardiorespiratory response during free swimming and treadmill walking. *J. Appl. Physiol.* 30:733-738.
23. Holmer I. , Astrand P. O. (1972). Swimming training and maximal oxygen uptake. *J. Appl. Physiol.* 33:510-513.
24. Gulati M. , Shaw L. J. , Thisted R. A. , Black H. R. , Bairey Merz C. N. , Arnsdorf M. F. (2010). Heart rate response to exercise stress testing in asymptomatic women: the St. James Women Take Heart project. *Circulation.* 122:130-137.
25. Karvonen M. J. , Kentala E. , Mustala O. (1957). The effects of training on heart rate: a longitudinal study. *Ann. Med. Exp. Biol. Fenn.* 35:307-315.
26. Astrand P. O. , Rodahl K. (1986). Textbook of work physiology: Physiological bases of exercise. 3rd ed. Singapore: McGraw-Hill.
27. Breivik E. K. , Bjornsson G. A. , Skovlund E. (2000). A comparison of pain rating scales by sampling from clinical trial data. *Clin. J. Pain.* 16:22-28.
28. Borg G. (1970). Perceived exertion as an indicator of somatic stress. *Scand. J. Rehabil. Med.* 2:92-98.
29. Young A. J. , Sawka M. N. , Epstein Y. , Decristofano B. , Pandolf K. B. (1987). Cooling different body surfaces during upper and lower body exercise. *J. Appl. Physiol.* ;63:1218-1223.
30. Engell D. B. , Mailer O. , Sawka M. N. , Francesconi R. N. , Drolet L. , Young A. J. (1987). Thirst and fluid intake following graded hypohydration levels in humans. *Physiol. Behav.* ;40:229-236.
31. Boulay M. R. , Simoneau J. A. , Lortie G. , Bouchard C. (1997). Monitoring high-intensity endurance exercise with heart rate and thresholds. *Med. Sci. Sports Exerc.* 29:125-132.
32. Toner M. M. , Drolet L. L. , Pandolf K. B. (1986). Perceptual and physiological responses during exercise in cool and cold water.

Percept. Mot. Skills. 62:211-220.

33. Tanaka H. , Monahan K. D. , Seals D. R. (2001). Age-predicted maximal heart rate revisited. *J. Am. Coll. Cardiol. 37: 153-156.*
34. Oakley E. H. N. , Pethybridge R. J. (1997). The Prediction of Survival During Cold Immersion: Results from the UK National Immersion Incident Survey. *INM Report No. 97011. Alverstoke. UK: Institute of Naval Medicine.*
35. Park Y. S. , Rennie D. W. , Lee I. S. , et al. (1983). Time course of deacclimatization to cold water immersion in Korean women divers. *J. Appl. Physiol. 54:1708-1716.*
36. Nielsen B. , Davies C. T. (1976). Temperature regulation during exercise in water and air. *Acta Physiol. Scand. 98: 500-508.*
37. Hill A. V. , Hartree W. (1920). The four phases of heat-production of muscle. *J. Physiol. 54:84-128.*

Cita Original

Daniel Judelson, James Bagley, Jennifer Schumacher, Lenny Wiersma. Cardiovascular and Perceptual Responses to an Ultraendurance Channel Swim:A Case Study. *Wilderness and Environmental Medicine. 2015. En Prensa.*