

Monograph

Efectos del Sexo sobre la Frecuencia de Brazada, la Velocidad Crítica y la Velocidad de Nado durante una Prueba de 30 minutos en Nadadores Jóvenes

Tiago R Figueira, Benedito S Denadai, Camila C Greco y Jailton G Pelarigo

Human Performance Laboratory, Rio Claro, UNESP, Brazil.

RESUMEN

Nuestro objetivo fue analizar el efecto del sexo sobre la relación entre la frecuencia de brazada correspondiente a la velocidad crítica (SRCS) y la velocidad máxima en una prueba de 30 min (SRS30) en nadadores jóvenes. Se estudiaron a veintidós varones (GM1) (Edad = 15.4 ± 2.1 años, Masa corporal = 63.7 ± 12.9 kg, Talla = 1.73 ± 0.09 m) y catorce mujeres (GF) nadadoras (Edad = 15.1 ± 1.6 años, Masa corporal = 58.3 ± 8.8 kg, Talla = 1.65 ± 0.06 m). Además se seleccionó un subconjunto de varones (GM2) cuya velocidad promedio en la prueba de 30 min era similar a la del grupo GF (S30). La velocidad crítica (CS) fue determinada a partir de la pendiente de la recta de regresión lineal entre las distancias (200 y 400 m) y los respectivos tiempos de los participantes. Tanto en los hombres (GM1: 1.25 y 1.16 m·s⁻¹; GM2: 1.21 y 1.12 m·s⁻¹) como en las mujeres (GF: 1.15 y 1.11 m·s⁻¹) la CS fue significativamente mayor que la S30 en los varones y en las mujeres. No se hallaron diferencias significativas entre SRCS y SRS30 tanto en varones (GM1: 34.16 y 32.32 y GM2: 34.67 y 32.46 ciclo·s⁻¹, respectivamente) como en mujeres (GF: 34.18 y 33.67 ciclo·s⁻¹, respectivamente). Se halló una correlación significativa entre CS y S30 (GM: $r = 0.89$, GF: $r = 0.94$ y GM2: $r = 0.90$) y entre SRCS y SRS30 (GM1: $r = 0.89$, GF: $r = 0.80$ y GM2: $r = 0.88$). Por consiguiente, la relación entre SRCS y SRS30 no es influenciada por el sexo, en nadadores con niveles de capacidad aeróbica similares y diferentes.

Palabras Clave: natación, hombres, mujeres, capacidad aeróbica

INTRODUCCION

El rendimiento en la natación, al igual que en otros deportes cíclicos tales como el ciclismo y el pedestrismo, ha estado estrechamente vinculado a capacidades fisiológicas, técnicas y físicas. Pero, como la locomoción acuática demanda mayor energía por unidad de distancia que la locomoción en tierra (Capelli, 1999; di Prampero, 1986), el control del nivel técnico podría ser importante para incrementar la fuerza propulsiva y para reducir el arrastre activo (Hollander et al., 1986; Kolmogorov y Duplischeva, 1992). El nivel de la fuerza propulsiva y del arrastre activo pueden interferir en el gasto energético y en la eficiencia del impulso (Chatard et al., 1990; Wakayoshi et al., 1995). La velocidad de nado es igual al

producto entre la frecuencia de brazada (SR) y largo de brazada (SL). La SR corresponde al número de ciclos ejecutados por unidad de tiempo, y el SL es la distancia que recorre el cuerpo por cada ciclo de braceo (Pelayo et al., 1996; 1997). Estos índices técnicos han mostrado una correlación significativa con el rendimiento en pruebas de corta (Huot-Marchand et al., 2005; Wakayoshi et al., 1995) y larga duración (Dekerle et al., 2005a), y parece discriminar entre nadadores de diferente nivel de rendimiento (Dekerle et al., 2002). Mediante la comparación de nadadores varones y mujeres, algunos estudios han verificado que los varones tienen una SR similar, pero mayores valores de SL que las mujeres tanto en distancias cortas (100 y 200 m) (Arellano et al., 1994; Chengalur and Brown, 1992; Kennedy et al., 1990; Pai et al., 1984) como en distancias largas (1500 y 3000 m) (Seifert et al., 2004), lo cual puede explicarse por medio de datos antropométricos (Arellano et al., 1994; Chengalur and Brown, 1992; Kennedy et al., 1990; Pai et al., 1984; Seifert et al., 2004). Las diferencias en los valores de SL entre los géneros puede existir incluso cuando el nivel de rendimiento y el nivel técnico son similares (Zamparo, 2006). La velocidad crítica (CS) y la velocidad promedio en pruebas máximas de 30 min. (S30) están entre los métodos no invasivos más ampliamente utilizados para la evaluación del rendimiento aeróbico en natación (Dekerle et al., 2005b; Greco et al., 2003; Greco y Denadai, 2005; Olbrecht et al., 1985; Wakayoshi et al., 1992). Muchos estudios han verificado en nadadores de distintas edades (cronológica y biológica) y estado de entrenamiento, que la CS puede ser utilizada para predecir el rendimiento aeróbico y la capacidad aeróbica. En nadadores adultos entrenados (19 años), la CS determinada en distancias de 100 a 400 m ha presentado altos niveles de correlación con la velocidad de nado asociada a una concentración de lactato en sangre de 4mM ($r = 0.89$) (Wakayoshi et al., 1992) y con el estado estable máximo de lactato ($r = 0.91$ y 0.87) (Wakayoshi et al., 1993; Dekerle et al., 2005b, respectivamente). De la misma forma, este índice ha sido considerado un buen pronosticador del rendimiento de nado en los 400m ($r = 0.99$) (Wakayoshi et al., 1992) y de la S30 ($r = 0.77$) (Dekerle et al., 2002). En nadadores jóvenes y menos experimentados, los estudios también han hallado que la CS es un buen pronosticador del rendimiento aeróbico y la capacidad aeróbica. Hill y Smart (2001) verificaron, en un nadador de 17 años, que la CS fue igual a la velocidad correspondiente al máximo estado estable de lactato, con una alta correlación entre estas velocidades ($r = 0.81$). En nadadores jóvenes varones y mujeres, Greco y Denadai (2005) verificaron que la S30 fue similar y estuvo moderadamente correlacionada con la CS determinada en distancias de 100, 200, y 400m en todos los grupos en los cuales la edad se determinó a partir de la edad cronológica ($r = 0.87$ a 0.97) o a partir de la maduración sexual ($r = 0.93$ a 0.98). De este modo, si bien las velocidades de nadadores jóvenes pueden ser menores a la de nadadores adultos experimentados, la edad y el nivel de rendimiento parecen no influir en la relación entre la CS y la S30. No obstante, para los entrenadores, la CS parece ser un índice más interesante dada la posibilidad de utilizar distancias cortas (100 a 400m), lo cual puede evitar problemas relacionados con la falta de experiencia y motivación para nadar pruebas de larga distancia, y dado el hecho de que se requiere menos tiempo para su determinación.

Recientemente, Dekerle et al. (2002) demostró que el método para la determinación de la SR en base a la pendiente de la regresión lineal entre el número de ciclos de braceo y tiempo obtenido en diferentes distancias (frecuencia crítica de braceo - SRCS), similar al método propuesto para la determinación de CS, es válido para estimar la SR mantenida en un test S30 (SRS30). No obstante, para aproximarse a un test de 30 min, se propuso una corrección del 3.2% para la CS y del 3.9% para la SRCS. Greco et al. (2006) confirmaron los datos obtenidos por Dekerle et al. (2002) en nadadores varones jóvenes, verificando que la validez de la SRCS para estimar la SRS30 es independiente de la capacidad aeróbica (S30). Cuando se compara la CS con la respuesta de lactato en sangre, los estudios verifican valores de CS similares (Dekerle et al., 2002; Greco et al., 2003) ó mayores (Greco et al., 2003) que los obtenidos al umbral anaeróbico y mayores que al máximo estado estable de lactato (Dekerle et al., 2005b). Debido a que en general la CS se determina sobre distancias fijas, las posibles diferencias en la duración de estas cargas predictivas podría explicar, al menos en parte, las diferencias en estos resultados. Asimismo, tal como lo mencionaran Greco et al. (2003), la menor experiencia de los nadadores jóvenes en pruebas de larga distancia podría influir en la relación entre la CS y la S30. En nadadores varones, los mayores niveles de fuerza propulsiva puede contribuir significativamente a la menor duración observada, para las mismas distancias, en comparación con las mujeres. Sin embargo, dado que los nadadores de distinto sexo presentan valores similares de SR en distancias competitivas (Seifert et al., 2004), nuestra principal hipótesis es que la relación entre la SRS30 y la SRCS no está influenciada por el sexo, independientemente de la capacidad aeróbica. Sin embargo, es importante señalar que la mayoría de los estudios en la literatura han comparado índices técnicos en nadadores de distinta edad, sexo y destreza técnica, utilizando principalmente distancias de competición de piscinas (50 a 1500m). Pocos estudios han verificado el efecto del género y capacidad aeróbica sobre los índices técnicos durante eventos de natación de larga distancia. Por lo tanto, el objetivo principal del presente estudio fue verificar los efectos del sexo sobre la relación entre la SRCS y la SRS30 en nadadores con niveles de capacidad aeróbica iguales y diferentes.

MÉTODOS

Sujetos

Veintidós nadadores varones y 14 mujeres fueron voluntarios para participar de este estudio. Los sujetos tenían al menos 4 años de experiencia en natación y un volumen de entrenamiento semanal de 30 km a 45 km, y estaban compitiendo en encuentros de nivel regional y nacional. Los sujetos se encontraban familiarizados con pruebas de larga distancia (1500 y 2000m) llevadas a cabo durante sesiones de entrenamiento. Las características físicas de los sujetos se presentan en la Tabla 1. Los sujetos fueron instruidos para que no realizaran sesiones de entrenamiento intenso al menos 24hs antes las sesiones experimentales. Los sujetos fueron instruidos para que estuvieran completamente descansados cuando se reportaban al laboratorio o a las evaluaciones de campo y para que se abstuvieran de ingerir alimentos o bebidas que contuvieran cafeína, drogas, alcohol, fumar, o cualquier forma de ingesta de nicotina 24hs antes de la prueba. Todas las pruebas fueron llevadas a cabo 3hs después de la última comida. Antes de participar en el estudio, los nadadores y sus padres o tutores fueron informados acerca de todos los procedimientos de evaluación y proveyeron el consentimiento informado por escrito para participar en el estudio. El protocolo fue aprobado por el Comité de Ética de la Universidad. Todos los procedimientos estuvieron de acuerdo con la Declaración de Helsinki para la investigación con humanos.

Diseño Experimental

Las características antropométricas fueron medidas en la primera sesión experimental. La talla y la masa corporal fueron medidas mediante el uso de una balanza y un estadiómetro, respectivamente (Fillizolla, Brazil). La grasa corporal fue determinada a partir de la medición del grosor de los pliegues cutáneos (tríceps y subescapular), utilizando un calibre para pliegues cutáneos (Cescorf, Porto Alegre, Brazil), con una precisión de 0.01cm y una presión constante de 10 g·mm⁻², y utilizando el protocolo sugerido por Lohman (1982). Posteriormente se determinaron los rendimientos en pruebas de nado estilo crol frontal de 200m y 400m, y en una prueba de nado continuo de 30 minutos. Estas pruebas se llevaron a cabo en días diferentes y en orden aleatorio. Todas las pruebas fueron llevadas a cabo en una piscina de 25 m durante las sesiones de entrenamiento. Antes de cada test, los individuos realizaron una entrada en calor estandarizada, y luego de cada test los sujetos entrenaron normalmente. En la primera comparación (Estudio 1), todos los individuos fueron separados de acuerdo al sexo (varones, GM1 y mujeres, GF), sin tener en cuenta los valores de S30. Luego, para analizar el efecto aislado del sexo en individuos con similares valores de S30, se seleccionó una sub-muestra (GM2) del grupo GM1 cuya S30 fuera similar a la del grupo GF (Estudio 2). El S30 fue seleccionado como medida criterio (Morrow et al., 2005), a partir de que ha sido considerado válido para la evaluación indirecta de la capacidad aeróbica en nadadores (Olbrecht et al., 1985; Maglischo, 1993). Para cada uno de los nadadores, las pruebas se llevaron a cabo a la misma hora del día y al menos 2 hs después de la ingesta de alimentos.

Determinación de la Velocidad Crítica (CS)

Durante las sesiones de entrenamiento, los participantes fueron instruidos para nadar distancias de 200 a 400 m tan rápido como les fuera posible, ya que la CS determinada en estas distancias ha mostrado ser un índice válido para estimar el umbral anaeróbico, el máximo estado estable de lactato y la S30 (Dekerle et al., 2002; Dekerle et al., 2005a; Greco and Denadai, 2005). Los sujetos comenzaron la prueba desde dentro de la piscina y el tiempo requerido para nadar cada distancia fue registrado utilizando un cronómetro manual. Los participantes nadaron un evento por día en orden aleatorio. La CS fue determinada usando la pendiente de la regresión lineal entre distancias de nado (200 y 400m) y el tiempo requerido para nadarlas.

Determinación de la Máxima Velocidad en 30 min (S30)

La S30 fue determinada mediante un test máximo de 30 min, registrando la distancia en m, y calculando la velocidad a través del cociente entre la distancia y el tiempo. Al minuto 10 y al completar la prueba, se recolectaron 25 µl de sangre arterial en el lóbulo de la oreja utilizando un tubo capilar heparinizado, los cuales fueron inmediatamente transferidos a tubos de microcentrifugación que contenían 50 µl de NaF (1%) para la determinación de las concentraciones de lactato [La] (YSL 2300 STAT, Yellow Springs, OH, USA). El tiempo total requerido para la obtención de las muestras de sangre tuvo una duración máxima de 30 s, y fue excluido del tiempo total de nado.

	Edad (años)	Masa corporal (kg)	Talla (m)	Grasa corporal (%)
GM1 (n = 22)	15.4 (2.1)	63.7 (12.9)	1.73 (0.09)	13.6 (4.0)
GM2 (n = 15)	15.4 (2.4)	63.2 (14.0)	1.71 (0.97)	13.8 (4.3)
GF (n = 14)	15.1 (1.6)	58.3 (8.8)*	1.65 (0.06)*	23.0 (6.0)*

Tabla 1. Valores medios (\pm DE) de las características antropométricas de los sujetos. * $p < 0.05$ en comparación con GM1 y GM2.

	GM1 (n = 22)	GM2 (n = 15)	GF (n = 14)
S200 (m·s ⁻¹)	1.41 (0.11)	1.36 (0.09)	1.28 (0.10) †
S400 (m·s ⁻¹)	1.32 (0.10)*	1.28 (0.09) *	1.21 (0.10) *†
SR200 (ciclo·min ⁻¹)	41.17 (4.61)	40.81 (4.69)	40.07 (3.20)
SR400 (ciclo·min ⁻¹)	37.35 (4.70) *	37.64 (4.82) *	36.75 (3.21) *
SL200 (m)	2.09 (0.30)	2.03 (0.30)	1.92 (0.15) †
SL400 (m)	2.17 (0.35) *	2.08 (0.34) *	1.98 (0.15) †

Tabla 2. Valores medios (\pm DE) de la velocidad (S200 y S400), frecuencia de braceo (SR200 y SR400) y largo de brazada (SL200 y SL400) correspondiente al rendimiento máximo para 200 y 400 m en los grupos GM1, GM2 y GF. * $p < 0.05$ comparado con la prueba de nado máxima de 200 m en el mismo grupo. † $p < 0.05$ comparado con GM1 y GM2.

La respuesta de lactato en sangre ha sido ampliamente utilizada para la evaluación de la capacidad aeróbica en nadadores (Dekerle et al., 2002; Olbrecht et al., 1985; Wakayoshi et al., 1993). En nadadores adultos, se ha hallado que la S30 es un indicador válido para la estimación del OBLA (Olbrecht et al., 1985) y ha sido utilizada para la prescripción del entrenamiento aeróbico (Maglischo, 1993; Olbrecht et al., 1985).

Determinación de la Frecuencia de Brazada Correspondiente a la CS (SRCS) y a la S30 (SRS30)

Durante las pruebas de 200 y 400m, se midió el tiempo requerido para completar 5 brazadas, luego de que los sujetos recorrieran los primeros 10 posteriores a la vuelta y en cada tramo de 50 metros de las pruebas de 200 y 400 m (4 mediciones para la prueba de 200 m y 8 mediciones para la prueba de 400 m). Después de esto, se determinó el número de ciclos de brazada para la duración de cada prueba de la siguiente manera:

$$\text{Número de ciclos de braceo} = (\text{tiempo de la prueba} \times 5) / \text{tiempo de 5 braceos}$$

Utilizando el tiempo y el número de brazadas para las distancias de 200 y 400m, se calculó la SRCS, utilizando la pendiente de la recta de regresión lineal entre la frecuencia de brazada y el tiempo, de la siguiente manera:

$$\text{Frecuencia de Brazada} = \text{número de ciclos de brazada} / \text{tiempo}$$

$$\text{Número de ciclos de brazada} = a + (b \cdot t)$$

Donde "b" es la SRCS, "a" es la capacidad anaeróbica y t corresponde al tiempo.

Durante la prueba de 30 minutos, se midió el tiempo necesario para completar 5 brazadas cada 400m y se calculó el valor promedio. La SRS30 fue determinada de la siguiente manera:

$$\text{SRS30 (ciclos} \cdot \text{min}^{-1}) = (5 \times 30) / \text{tiempo de 5 brazadas}$$

Estas medidas se llevaron a cabo en los 10m posteriores a la vuelta para evitar su influencia en la velocidad de natación. Como la velocidad de natación corresponde al producto entre la frecuencia y el largo de brazada, entonces el largo de brazada fue calculado dividiendo la velocidad por la frecuencia de brazada, de la siguiente manera:

$$\text{Velocidad de nado (m} \cdot \text{s}^{-1}) = \frac{\text{frecuencia de brazada} \times \text{longitud de brazada}}{y}$$

$$\text{Longitud de brazada (m)} = \text{velocidad de nado} / \text{frecuencia de brazada}$$

En concordancia con Dekerle et al. (2002), la determinación de SRCS presenta una buena confiabilidad.

Análisis Estadísticos

Los valores fueron expresados como medias \pm DE. La normalidad de los datos se determinó utilizando el test de Shapiro-Wilk. En ambos estudios, el efecto del método (CS y S30) y el sexo (GM1, GM2 y GF) sobre la relación entre las velocidades

y las frecuencias de brazada correspondientes a CS y S30, fue analizada mediante el análisis de varianza ANOVA de dos vías, aplicando la prueba *post hoc* de Scheffé donde fueran apropiadas. La comparación de las características físicas entre los grupos de varones y mujeres se llevó a cabo mediante la prueba *t* de Student para datos no apareados. La correlación entre la CS y la S30, y entre la SRCS y la SRS30 se determinó mediante el análisis de regresión lineal (coeficiente de correlación producto momento de Pearson). Se aceptó un nivel de significancia del 5% ($p \leq 0.05$).

RESULTADOS

Estudio 1

Rendimiento Máximo para las Pruebas de Natación de 200 y 400m

La Tabla 2 muestra los valores promedio de velocidad (S200 y S400), frecuencia de brazada (SR200 y SR400) y largo de brazada (SL200 y SL400) correspondientes al rendimiento máximo en las pruebas de 200 y 400m para los grupos GM1, GM2 y GF.

En ambos grupos, los valores de S200 y SR200 fueron mayores que los registrados para S400 [$F_{(1,34)} = 12.477$; $p < 0.01$] y SR400 [$F_{(1,34)} = 84.031$; $p < 0.01$], respectivamente. En el grupo GM1 el SL200 fue significativamente menor que el SL400 [$F_{(1,34)} = 3.973$; $p = 0.05$], pero estos valores fueron similares en el grupo GF. Los valores de S200 y S400 fueron mayores en el grupo GM1 que en el grupo GF [$F_{(1,34)} = 116.260$; $p < 0.01$]. Los valores de SR200 y SR400 fueron similares entre los sexos (GM1 y GF) [$F_{(1,34)} = 0.391$; $p = 0.535$]. Sin embargo, para ambas distancias, los valores del largo de brazada [$F_{(1,34)} = 14.040$; $p = 0.00$] fueron mayores en los hombres (GM1) que en las mujeres (GF). La diferencia del porcentaje promedio entre S200 y S400 fue 7% y 6%, para GM1 y GF respectivamente.

Velocidad Crítica y Rendimiento Máximo en la Prueba de 30min

La Tabla 3 muestra los valores medios \pm DE de la velocidad de nado y frecuencia de brazada correspondientes a la velocidad crítica (CS, SRCS) y la velocidad máxima en la prueba de 30 minutos (S30 y SRS30), la concentración de lactato en sangre al minuto 10 (LAC10) y al minuto 30 (LAC30) en los grupos GM1, GM2 y GF. Cuando se compararon los grupos con diferentes valores de S30, la CS fue mayor que la S30 en los grupos GM1 (6.4%) y GF (3.4%) [$F_{(1,34)} = 5.969$; $p < 0.05$]. La CS y la S30 fueron mayores en GM1 que en GF [$F_{(1,34)} = 70.142$; $p < 0.01$]. La SRCS y la SRS30 fueron similares en ambos grupos [$F_{(1,34)} = 3.811$; $p = 0.06$] y entre los sexos (GM1 y GF) [$F_{(1,34)} = 0.059$; $p = 0.81$]. En el grupo GF, la LAC10 fue mayor que la LAC30 [$F_{(1,33)} = 12.365$; $p < 0.01$] pero estos valores fueron similares en el grupo GM1. La LAC10 y LAC30 fueron mayores en GM1 que en GF [$F_{(1,33)} = 27.098$; $p < 0.01$]. Hubo una correlación significativa entre la CS y la S30 ($r = 0.89$, $p = 0.000$) y entre la SRCS y la SRS30 ($r = 0.89$, $p = 0.000$) en los grupos GM1 y GF ($r = 0.94$, $p = 0.000$, y $r = 0.80$, $p = 0.001$, respectivamente).

	GM1 (n = 22)	GM2 (n = 15)	GF (n = 14)
CS ($m \cdot s^{-1}$)	1.25 (.09) *	1.22 (.09) *	1.15 (.11) *†
S30 ($m \cdot s^{-1}$)	1.17 (.10)	1.12 (.08)	1.11 (.11) +
SRCS ($ciclo \cdot min^{-1}$)	34.01 (5.63)	34.86 (5.93)	33.80 (4.15)
SRS30 ($ciclo \cdot min^{-1}$)	32.57 (4.95)	32.82 (5.13)	33.55 (3.70)
LAC10 ($mmol \cdot L^{-1}$)	4.3 (1.6)	4.4 (1.7)	3.2 (1.1) †
LAC30 ($mmol \cdot L^{-1}$)	3.8 (1.5)	3.7 (1.6)	1.9 (.7) †‡

Tabla 3. Valores medios (\pm DE) de la velocidad y la frecuencia de braceo correspondiente a la velocidad crítica (CS, SRCS) y la máxima velocidad en 30 minutos (S30 and SRS30), concentración de lactato en sangre al minuto 10 (LAC10) y al minuto 30 (LAC30) en los grupos GM1, GM2 y GF. * $p < 0.05$ comparada con la prueba de nado máxima de 30 min en el mismo grupo. † $p < 0.05$ en comparación con GM1 y GM2. + $p < 0.05$ en comparación con GM1. ‡ $p < 0.05$ en comparación con el minuto 10 en el mismo grupo.

Estudio 2

Rendimiento Máximo en las Pruebas de Natación de 200 y 400 m

En todos los grupos, los valores de S200 y SR200 fueron mayores que los valores de S400 [$F_{(1,27)} = 4.690$; $p < 0.05$] y SR400 [$F_{(1,27)} = 59.896$; $p < 0.01$], respectivamente. La diferencia en el porcentaje promedio entre S200 y S400 fue similar en ambos grupos (GM2 - 6%, GF - 6%). Los valores de S200 y S400 fueron mayores en los hombres (GM2) que en las mujeres (GF) [$F_{(1,27)} = 84.304$; $p < 0.01$]. No hubo diferencias significativas entre los sexos (GM2 y GF) respecto de los valores de SR200 y SR400 [$F_{(1,27)} = 0.317$; $p = 0.58$]. La SL fue similar a SL400 en ambos grupos [$F_{(1,27)} = 1.454$; $p = 0.24$]. Sin embargo, en ambas distancias, la longitud de brazada fue mayor en los hombres (GM2) que en las mujeres (GF) [$F_{(1,27)} = 6.778$; $p < 0.05$].

Velocidad Crítica y Rendimiento Máximo en la Prueba de 30min

Cuando se compararon los grupos con similares niveles de capacidad aeróbica (S30), la CS fue mayor que la S30 en los grupos GM2 (8.1%) y GF (3.4%) [$F_{(1,27)} = 91.114$; $p < 0.01$]. La CS exhibida por el grupo GM2 fue mayor que la exhibida por el grupo GF [$F_{(1,27)} = 91.114$; $p < 0.01$]. En los grupos GM2 y GF la SRCS fue similar a la SRS30 [$F_{(1,27)} = 3.330$; $p = 0.08$]. Los valores de SRCS y SRS30 fueron similares entre los sexos [$F_{(1,27)} = 0.009$; $p = 0.92$]. Los valores de LAC10 fueron mayores que los de LAC30 en el grupo GF pero similares en el grupo GM2 [$F_{(1,27)} = 10.397$; $p < 0.01$]. Los valores de LAC10 y LAC30 fueron mayores en el grupo GM2 que en el grupo GF [$F_{(1,27)} = 29.130$; $p < 0.01$] (Tabla 3). Hubo una correlación significativa entre la CS y la S30 ($r = 0.90$, $p = 0.000$) y la SRCS y la SRS30 ($r = 0.88$, $p = 0.000$) en el grupo GM2.

DISCUSION

El objetivo central del presente estudio fue analizar los efectos del sexo sobre la relación entre la SRCS y la SRS30 en nadadores jóvenes. Igualmente a los resultados de otros estudios llevados a cabo en nadadores con un mayor nivel de rendimiento (Dekerle et al., 2002), verificamos los valores de la SRCS fueron similares a los de la SRS30 en todos los grupos, independientemente del sexo y del nivel de capacidad aeróbica. Es por esto, que el concepto de CS podría proveer simultáneamente información sobre la capacidad aeróbica (CS) y la habilidad biomecánica (SRCS) en esta modalidad, incluso en nadadores menos experimentados. Esta metodología puede ser muy interesante para entrenadores y atletas, dado que las pruebas son más cortas y fáciles de llevar a cabo. Cuando se compararon los rendimientos en las distancias de 200m con los rendimientos en la distancia de 400m, la diferencia porcentual observada entre S200 y S400 fue similar a aquella encontrada por Seifert et al. (2004) en nadadores de elite (hombres - 6% y mujeres - 5%), la cual sugiere que la diferencia relativa entre las velocidades máximas de 200 y 400m se mantiene independientemente del nivel de rendimiento. Los mayores valores de S200 y SR200, y los mayores valores de SL200 presentados por el grupo GM1 en comparación con el grupo GF, están en concordancia con lo observado por Seifert et al. (2004). Estos autores hallaron que el incremento en la velocidad (en distancias de 3000, 1500, 800, 400, 200, 100, 50 m y velocidad máxima) está asociado con valores mayores de SR y menores valores de SL. Tanto el grupo GM2 como el grupo GF también exhibieron valores mayores de velocidad y SR, pero similares valores de SL en los 200m en relación al rendimiento máximo de 400m. Esto puede explicarse en parte por el bajo número de sujetos y algún error incluido en el cálculo del SL, tal como lo propusieran Smith et al. (2002). Los valores de la velocidad y del SL fueron mayores en los hombres (GM1 y GM2) que en mujeres (GF) en ambas distancias (200 y 400m). En concordancia con otros estudios (Arellano et al., 1994; Pai et al., 1984; Pelayo et al., 1996; Seifert et al., 2004; Zamparo, 2006), el SL fue el principal factor que explicó las diferentes velocidades observadas entre hombres y mujeres. Algunos estudios sugieren que los datos antropométricos (i.e., longitud de los brazos, envergadura) pueden ayudar a obtener un mayor SL (Arellano et al., 1994; Chengalur and Brown, 1992; Zamparo, 2006) en hombres. En concordancia con Zamparo (2006), el SL está asociado con la habilidad de realizar brazadas más fuertes y eficientes. Además, se requieren altos niveles de potencia propulsiva (Simmons et al., 2000) para nadar eventos de corta y media duración (Pai et al., 1984; Pelayo et al., 1996). La CS sobreestimó la S30 en los grupos GM1 (6.4%), GM2 (8.1%) y GF (3.4%). La relación entre los valores de la CS determinada con distancias de 200 y 400m y la S30 es contradictoria entre los estudios. En nadadores varones jóvenes de diferentes niveles de rendimiento aeróbico (S30), Greco et al. (2006) observaron una diferencia de menos del 8% (CS - 1.17 y S30 - 1.07 $m \cdot s^{-1}$) y del 5% en grupos más experimentados (CS - 1.30 y S30 - 1.23 $m \cdot s^{-1}$), pero una correlación significativa entre la S30 y la CS ($r = 0.84$ y $r = 0.68$, respectivamente). En sujetos mayores, Dekerle et al. (2002) verificó un mayor valor de CS (1.35 $m \cdot s^{-1}$) que de S30 (1.31 $m \cdot s^{-1}$) (3%), con una correlación de 0.77. Sin embargo, en nadadores jóvenes de nivel regional, Greco y Denadai (2005) incluyeron la distancia de 100m en la determinación de la CS, y aun así obtuvo valores similares entre S30 y CS en grupos de 10-12 (0.90 y 0.89 $m \cdot s^{-1}$, respectivamente) o 13-15 años de edad (0.99 y 1.00 $m \cdot s^{-1}$, respectivamente). Estas diferentes relaciones entre la CS y la S30 podrían explicarse, al menos en parte, por la edad, el sexo y los niveles de rendimiento de los nadadores (Greco et al., 2006; Greco and Denadai, 2005), ya que estos factores determinarían diferentes duraciones para las mismas distancias

y cambios en la pendiente de la línea de regresión entre distancias y tiempos (Dekerle et al., 2002; Greco et al., 2003). Utilizando nadadores de diferentes edades y sexos, Greco and Denadai (2005) verificaron que los grupos más jóvenes (10-12 años) presentaron valores similares de CS y S30 y no hubo diferencias significativas entre los sexos. Los varones de 13-15 años presentaron mayores valores de estas variables en comparación con los más jóvenes. Sin embargo, en mujeres, el grupo más joven presentó valores más altos, posiblemente por un mayor nivel de experiencia en natación, y probablemente el grupo de 10-12 años contó con un mayor estado madurativo en comparación con los varones. Es posible verificar que, cuando los autores compararon los nadadores considerando el estado de maduración sexual, los varones presentaron mayores valores que las mujeres en todas las comparaciones. En este estudio, los valores de CS fueron similares a los de la S30 en todos los grupos. Así, aunque el sexo y la edad pueden afectar los valores de CS y S30, el nivel de experiencia es también importante en esta modalidad. En nuestro estudio, los varones exhibieron una mayor diferencia porcentual entre los valores de CS y S30, probablemente por su mayor fuerza y potencia de propulsión, como se mencionó previamente. De este modo, el uso de la CS para prescribir la intensidad correspondiente a pruebas de nado de 30min en nadadores entrenados debe realizarse con precaución. Sin embargo, similarmente a lo hallado en otros estudios (Dekerle et al., 2002; Toussaint et al., 1998), los niveles de correlación moderados a altos entre la CS y la S30 verificados en todos los grupos de este estudio, indican una buena validez de la CS para evaluar la capacidad aeróbica. Los valores de SRCS y SRS30 fueron similares a aquellos observados por Greco et al. (2006) pero menores que los observados por Dekerle et al. (2002) en nadadores altamente entrenados, los cuales pueden ser explicados por las diferencias en la CS y la S30 entre estos estudios. Sin embargo, la relación entre la SRCS y la SRS30 observada en el presente estudio está en concordancia con estos estudios. En el estudio llevado a cabo por Greco et al. (2006), la SRCS fue similar a la SRS30 en los grupos con mayor (33.07 ± 4.34 y 31.38 ± 4.15 ciclos·min⁻¹, respectivamente) y menor experiencia (35.57 ± 6.52 y 33.54 ± 5.89 ciclos·min⁻¹, respectivamente), con una correlación significativa entre ellos ($r = 0.84$ y $r = 0.88$, respectivamente). Del mismo modo, Dekerle et al. (2002) hallaron valores similares (37.79 y 36.41 ciclos·min⁻¹) y una relación más alta ($r = 0.86$) entre la SRCS y la SRS30 en nadadores altamente entrenados. Es por esto que, las modificaciones en el patrón de SR (SRCS \times SRS30) parecen producirse, al menos hasta cierto punto, en forma diferente a las variaciones en la velocidad de nado (CS \times S30), por lo menos al nivel de experiencia y capacidad aeróbica analizada en el presente estudio. La ausencia de diferencias entre la SLCS y la SLS30 en todas las comparaciones podría explicarse en parte por los factores mencionados previamente relacionados con el rendimiento máximo en pruebas de 200 y 400m. En deportes cíclicos, tales como el pedestismo y el ciclismo, la fatiga está asociada con una reducción en la frecuencia de los movimientos (Morrow et al., 2005).

Similarmente, estudios llevados a cabo en nadadores y ciclistas han demostrado un cambio significativo en el patrón de movimiento cuando la intensidad de ejercicio es mayor a la intensidad correspondiente al máximo estado estable de lactato (Dekerle et al., 2003; 2005a), o del umbral anaeróbico (Huot-Marchand et al., 2005; Keskinen and Komi, 1988a; 1988b; Wakayoshi et al., 1993), lo cual sugiere una relación entre la fatiga metabólica y la caída en las destrezas de natación (Dekerle et al., 2005a). Esto fue relacionado con la fatiga local provocada en parte por los altos niveles de lactato. El estado de fatiga podría también llevar a un progresivo incremento en el costo de energía del nado. Por lo tanto, dado que las destrezas biomecánicas podrían verse comprometidas en función de los mecanismos fisiológicos asociados con la fatiga, la medición de la SRCS o de la SRS30 y de la CS y de la S30 podría ser una herramienta importante para determinar los aspectos biomecánicos y fisiológicos asociados con la capacidad aeróbica (Dekerle et al., 2005a), independientemente del sexo y del nivel de capacidad aeróbica.

En el presente estudio, los nadadores varones presentaron mayores concentraciones de lactato en sangre durante la determinación de la S30 que las mujeres, incluso cuando se compararon los grupos con valores similares de S30. Estos valores fueron similares en los nadadores varones (grupos GM1 y GM2), aunque la capacidad de resistencia de los dos grupos fue diferente. Esto concuerda con los resultados observados en el estudio de Greco y Denadai (2005), en el cual se verificó que el nivel de lactato en sangre durante la determinación de la S30 fue menor en mujeres (10- 12 años - 2.57 y $13-15$ años - 4.59 mmol·L⁻¹) que en los varones (10- 12 años - 3.81 and $13- 15$ años - 4.59 mmol·L⁻¹) independiente de la edad cronológica. Es importante saber que estos nadadores tenían un menor nivel de rendimiento que nuestros sujetos. En ciclismo, Deschenes et al. (2006) también observaron valores menores de lactato en las mujeres que en los hombres durante un ejercicio submáximo de 30 minutos (60-65% del consumo máximo de oxígeno). Del mismo modo, Klusewicz (2005) halló valores menores de la respuesta de lactato en sangre en remeros hombres que en mujeres. Algunos factores que podrían explicar, al menos en parte, la menor respuesta de lactato en sangre observada en las nadadoras mujeres son la menor masa magra corporal y la menor concentración de testosterona, la cual podría ser mayor en hombres (Keskinen and Komi, 1993; Vercruyssen et al., 1997). Además, en el presente estudio, las mujeres presentaron una concentración de lactato en sangre significativamente menor, lo cual podría sugerir que las mujeres podrían tener un equilibrio metabólico diferente entre los carbohidratos y las grasas que se utilizan durante ejercicios prolongados. Es por esto que, la concentración de lactato en sangre durante la determinación de la S30 parece depender más del sexo que del nivel de la capacidad aeróbica.

CONCLUSION

En base a los presentes datos podemos concluir que la relación entre la SRCS y la SRS30 no está influenciada por el sexo, independientemente de los niveles de capacidad aeróbica

PUNTOS CLAVES

- El principal hallazgo de este estudio fue la relación existente entre la SRCS y la SRS30, la cual fue independiente del sexo, en nadadores con niveles de capacidades similares y diferentes.
- En nadadores con valores de S30 diferentes, la CS fue mayor que la S30 en los varones con que en las mujeres, y la CS y la S30 fueron mayores tanto en varones como en mujeres, pero la SRCS y la SRS30 resultó similar entre los sexos.
- En nadadores con valores de S30 similares, la CS fue mayor que la S30 tanto en varones como en mujeres. Sin embargo, los varones presentaron valores aún más elevados de CS que las mujeres. En los varones la SRCS fue mayor que la SRS30, pero estas variables resultaron similares en las mujeres. La SRCS y la SRS30 fueron similares entre los sexos.
- Las mujeres presentaron menores niveles submáximos de lactato en sangre con respecto a los varones.

Agradecimientos

Agradecemos a la Fundación de Amparo à Pesquisa del Estado de San Pablo - FAPESP y a la Fundación para el Desarrollo perteneciente a la UNESP - FUNDUNESP por su soporte financiero.

REFERENCIAS

1. Arellano, R., Brown, P., Cappaert, J. and Nelson, R (1994). Analysis of 50 m, 100 m and 200 m freestyle swimmers at the 1992 Olympic Games. *Journal of Applied Biomechanics* 10, 189-199
2. Capelli, C (1999). Physiological determinants of best performances in human locomotion. *European Journal of Applied Physiology* 80, 298-307
3. Chatard, J.C., Lavoie, J.M. and Lacour, J.R (1990). Analysis of determinants of swimming economy in front crawl. *European Journal of Applied Physiology* 61, 88-92
4. Chengalur, S.N. and Brown, P.L (1992). An analysis of male and female Olympic swimmers in the 200 meter events. *Canadian Journal of Sports Sciences* 17, 104-109
5. Dekerle, J., Sidney, M., Hespel, J.M. and Pelayo, P (2002). Validity and reliability of critical speed, critical stroke rate, and anaerobic capacity in relation to front crawl swimming performances. *International Journal of Sports Medicine* 23, 93-98
6. Dekerle, J., Baron, B., Dupont, L., Vanvelcenaher, J. and Pelayo, P (2003). Maximal lactate steady state, respiratory compensation threshold and critical power. *European Journal of Applied Physiology* 89, 281-288
7. Dekerle, J., Nesi, X., Lefevre, T., Depretz, S., Sidney, M., Marchand, F.H. and Pelayo, P (2005). Stroking parameters in front crawl swimming and maximal lactate steady state speed. *International Journal of Sports Medicine* 26, 53-58
8. Dekerle, J., Pelayo, P., Clipet, B., Depretz, S., Lefevre, T. and Sidney, M (2005). Critical swimming speed does not represent the speed at maximal lactate steady state. *International Journal of Sports Medicine* 26, 524-530
9. Deschenes, M.R., Hillard, M.N., Wilson, J.A., Dubina, M.I. and Eason, M.K (2006). Effects of gender on physiological responses during submaximal exercise and recovery. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 38, 1304-1310
10. Di Prampero, PE (1986). The energy cost of human locomotion on land and in water. *International Journal of Sports Medicine* 7, 55-72
11. Greco, C.C., Denadai, B.S., Pellegrinotti, I.L., Freitas, A.D.B. and Gomide, E (2003). Anaerobic threshold and critical speed determined with different distances in swimmers of 10 to 15 years: relationships with the performance and blood lactate response in endurance tests. *Brazilian Journal of Sports Medicine* 9, 2-8
12. Greco, C.C. and Denadai, B.S (2005). Relationship between critical speed and endurance capacity in young swimmers: Effect of gender and age. *Paediatric Exercise Science* 17, 353-363
13. Greco, C.C., Figueira, T.R., Pelarigo, J.G., Perandini, L.A.B. and Denadai, B.S (2006). Stroke rates corresponding to critical speed and the maximal speed of 30 min in swimmers of different training status. *Portuguese Journal of Sport Sciences* 6, 134-137
14. Hill, D.W. and Smart, C.L (2001). Maximal lactate steady-state velocity and critical velocity in young swimmers. In: Proceedings of the 6th Annual Congress of the European College of Sport Science, July 24-28. *Cologne: Sport und Buch Strauss*,

15. Hollander, A.P., De Groot, G., Van Ingen Schenau, G.J., Toussaint, H.M., De Best, H., Peeters, W., Meulemans, A. and Schreurs, A.W (1986). Measurement of active drag during crawl arm stroke swimming. *Journal of Sports Sciences* 4, 21-30
16. Huot-Marchand, F., Neso, X., Sidney, M., Alberty, M. and Pelayo, P (2005). Variations of stroking parameters associated with 200 m competitive performance improvement in top-standard front crawl swimmers. *Sports Biomechanics* 4, 89-99
17. Kennedy, P., Brown, P., Chengalur, S.N. and Nelson, R.C (1990). Analysis of male and female Olympic swimmers in the 100 m events. *International Journal of Sport Biomechanics* 6, 187-197
18. Keskinen, K.L. and Komi, P.V (1988). Interaction between aerobic/anaerobic loading and biomechanical performance in free style swimming. In: *Swimming V, International Series on Sports Sciences. Eds: Ungerechts, B.E., Wilkie, K., Reische, K. Champaign: Human Kinetics. 285-293*
19. Keskinen, K.L. and Komi, P.V (1988). The stroking characteristics in four different exercises in free style swimming. In: *Biomechanics XI-B, International Series on Biomechanics. Eds: De Groot, G., Hollander, A.P., Huijing, P.A., and Van Ingen Schenau, G.J. Amsterdam: Free University Press, 839-843*
20. Keskinen, K.L. and Komi, P.V (1993). Stroking characteristics of front crawl swimming during exercise. *Journal of Applied Biomechanics* 9, 219-226
21. Klusiewicz, A (2005). Relationship between the anaerobic threshold and the maximal lactate steady state in male and female rowers. *Biology of Sport* 22, 171-180
22. Kolmogorov, S.V. and Duplischeva, O.A (1992). Active drag, useful mechanical power output and hydrodynamic force coefficient in different swimming strokes at maximal velocity. *Journal of Biomechanics* 25, 311-318
23. Lohman, T.G (1982). Measurement of body composition in children. *The Journal of Physical Education, Recreation and Dance* 53, 67-70
24. Maglischo, E.W (1993). *Swimming even faster. Mayfield. Mountain View*
25. Morrow, J.Jr., Jackson, A., Dissch, J., and Mood, D (2005). *Measurement and evaluation in human performance. 3rd edition. Human Kinetics, Champaign*
26. Olbrecht, J., Madsen, O., Mader, A., Liesen, H. and Hollmann, W (1985). Relationship between swimming velocity and lactic concentration during continuous and intermittent training exercises. *International Journal of Sports Medicine* 6, 74-77
27. Pai, Y.C., Hay, J.G. and Wilson, B.D (1984). Stroking techniques of elite swimmers. *Journal of Sports Sciences* 2, 225-239
28. Pelayo, P., Sidney, M., Kherif, T., Chollet, D. and Tourny, C (1996). Stroking characteristics in freestyle swimming and relationships with anthropometric characteristics. *Journal of Applied Biomechanics* 12, 197-206
29. Pelayo, P., Wille, F., Sidney, M., Berthoin, S. and Lavoie, J.M (1997). Swimming performances and stroking parameters in non skilled grammar school pupils: relation with age, gender and some anthropometric characteristics. *Journal of Sports Medicine and Physical Fitness* 37, 187-193
30. Seifert, L., Boulesteix, L. and Chollet, D (2004). Effect of gender on the adaptation of arm coordination in front crawl. *International Journal of Sports Medicine* 25, 217-223
31. Simmons, S.E.C., Tanner, D.A. and Stager, J.M (2000). Different determinants of sprint swim performance in male and female competitive swimmers. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 32(Suppl.5), 1692-1692
32. Smith, D.J., Norris, S.R. and Hogg, J.M (2002). Performance evaluation of Swimmers. *Sports Medicine* 32, 539-554
33. Toussaint, H.M., Wakayoshi, K., Hollander, A.P. and Ogita, F (1998). Simulated front crawl swimming performance related to critical speed and critical power. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 30, 144-151
34. Vercruyssen, F., Brisswalter, J., Hausswirth, C., Bernard, T., Bernard, O. and Vallier, J.M (1997). Influence of cycling cadence on subsequent running performance in triathletes. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 34, 530-536
35. Wakayoshi, K., Yoshida, T., Kasai, T., Moritani, T., Mutoh, Y. and Miyashita, M (1992). Validity of critical velocity as swimming fatigue threshold in the competitive swimmer. *The Annals of physiological anthropology* 11, 301-307
36. Wakayoshi, K., Yoshida, T., Udo, M., Harada, T. and Moritani, T (1993). Does critical swimming velocity represent exercise intensity at maximal lactate steady-state?. *European Journal of Applied Physiology and Occupational Physiology* 66, 90-95
37. Wakayoshi, K., D'Acquisto, L.J., Cappaert, J.M. and Troup, J.P (1995). Relationship between oxygen uptake, stroke rate, and swimming velocity in competitive swimming. *International Journal of Sports Medicine* 16, 19-23
38. Zamparo, P (2006). Effects of age and gender on the propelling efficiency of the arm stroke. *European Journal of Applied Physiology* 97, 52-58

Cita Original

Camila C. Greco, Jailton G. Pelarigo, Tiago R. Figueira and Benedito S. Denadai. Effects of Gender on Stroke Rates, Critical Speed and Velocity of a 30-Min Swim in Young Swimmers. *Journal of Sports Science and Medicine* (2007) 6, 441- 447.