

Article

# Series de Frecuencia Cardíaca o “Series de Repeticiones Australianas”

Jorge Ortega Diez

## RESUMEN

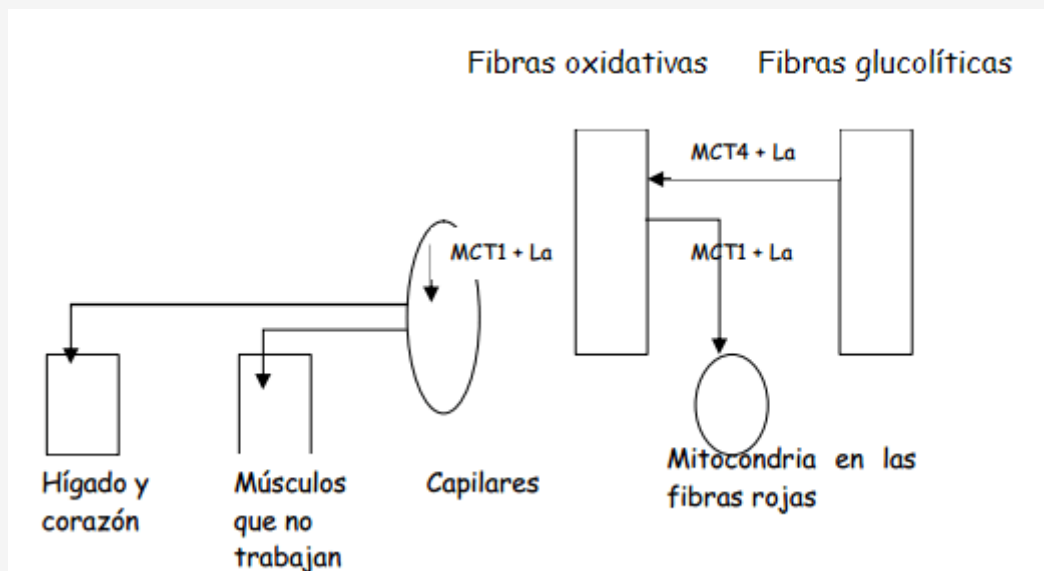
El objetivo del presente escrito es definir el concepto, objeto y metodología de un sistema de entrenamiento muy popular entre nadadores y cuyo origen proviene de la escuela de natación australiana. Las series de frecuencia cardíaca (HRS, siglas en inglés de *heart rate sets*), es un término acuñado por el fisiólogo australiano Bob Treffene para referirse a un entrenamiento intervalado de alta intensidad basado en la frecuencia cardíaca y que fue diseñado específicamente para nadadores, formando parte fundamental de la preparación de los grandes nadadores medallistas Olímpicos y Mundiales australianos en un primer momento, y británicos a partir del año 2000 como Kieren Perkins, David Davies, Duncan Armstrong, Rebecca Adlington e Ian Thorpe entre otros. Sus trabajos se centran en la estandarización de un conjunto de series de repeticiones basadas en la frecuencia cardíaca, realizadas a velocidad superior al segundo umbral y diseñadas para mejorar los mecanismos fisiológicos comprometidos en la eliminación de la tasa máxima del lactato de los músculos y la sangre, e implicando tanto a las fibras de contracción rápida como la de contracción lenta. El objetivo concreto que persigue Treffene con sus series de frecuencia cardíaca, es sobrecargar los MCT4 para mejorar la salida del lactato de las fibras rápidas para su posterior metabolización; pero antes de explicar la metodología para la construcción de estas series es conveniente conocer qué son estas proteínas de transporte monocarboxilado.

**Palabras Clave:** natación, treffene, series de frecuencia cardíaca

## INTRODUCCIÓN: EL MODELO DE LOS TRANSPORTADORES DE LACTATO

En 1998 Brooks, habla de la existencia de una lanzadora de lactato intracelular y extracelular en el músculo, afirmando que el lactato penetra en la mitocondria mediante los transportadores monocarboxilato (MCTs), de las que existen varias isoformas. De las 14 existentes, son MCT1 y MCT4 las que se ha demostrado como importantes transportadores metabólicos, pero con diferentes funciones:

MCT1 se relaciona con las fibras oxidativas. Su función es la de introducir el lactato dentro de la célula. MCT4 se encuentra en las fibras musculares glucolíticas, participando en la salida del lactato del músculo. Es decir, MCT1 es el responsable de la entrada del lactato en la célula y el MCT4 es el responsable de la salida (Figura 1).



**Figura 1.** Representación esquemática de la dinámica de los transportadores de lactato MCT1 y MCT4 (Treffene, 2004). MCT4 transporta el lactato a las fibras oxidativas, el cual es transportado a su vez por las MCT1 a la mitocondria o a los capilares, hígado, corazón y algunos músculos que no trabajan también recogen este lactato.

Diversos estudios han demostrado que el transporte de lactato y su transportador aumentan con el entrenamiento (Martín A.M., 2007), sin embargo hay que tener en cuenta la intensidad y duración del ejercicio. Yoshida et al (2004), señalan que cuando la intensidad es baja, la cantidad del ejercicio es importante para aumentar el MCT1, sin embargo el MCT4 aumenta con el ejercicio de alta intensidad. Green et al (2002), proponen que la menor acumulación de lactato no es el resultado de la producción de lactato, sino de su eliminación; este aumento de la eliminación depende entre otros factores, de los niveles de MCTs. Podemos así decir que el entrenamiento de alta intensidad aumentará el número de transportadores MCT4, lo que conllevará una mayor eliminación del lactato de las fibras blancas.

Cuanto más eficiente sea este mecanismo de transporte, menos lactato se acumulará en las células musculares y más preparado estará el nadador para hacer frente a la acumulación de lactato. Para mejorar la efectividad y el número de estos MCT, Treffene no es partidario de la típica sobrecarga al límite (overload y breakdown). Él no sobrecarga el sistema sino que lo trabaja gradualmente y recupera ligeramente para seguir trabajando.

## PROCESOS ENERGÉTICOS EN RELACIÓN CON LA FRECUENCIA CARDIACA Y LA VELOCIDAD CRÍTICA

La utilización del glucógeno muscular va a depender por un lado de la intensidad aplicada y por otro del tiempo de entrenamiento realizado. Treffene parte de unas premisas que se resumen en la tabla 2 relacionando estos parámetros:

- A una velocidad de nado muy lenta, sólo las fibras de contracción lenta serán utilizadas, utilizando el metabolismo lipolítico. La frecuencia cardiaca se sitúa entre las 80 y 60 pulsaciones por debajo de las máximas (pbm).
- El pulso del primer umbral durante el nado se sitúa sobre las 50 pbm. trabajando a esa frecuencia cardiaca, el glucógeno permanece intacto tras 75 minutos de trabajo.
- A velocidades cercanas pero inferiores a la velocidad crítica de nado (90% v<sub>crit.</sub>), el pulso se sitúa en torno a 40-30 pbm., se produce una mayor participación de las fibras de contracción rápida y se incrementa la producción de lactato, que se mantiene estable. A velocidades ligeramente mayores (frecuencia cardiaca en torno a 20-10 pbm, trabajamos la eliminación de lactato en las fibras de contracción rápida II A.
- A velocidades mayores de la velocidad crítica, las fibras IIb se suman a las anteriores para conseguir más fuerza. La eliminación y transporte de lactato en máxima

Metabolismo	Grasas	Glucógeno	Glucólisis Anaeróbica			ATP-CP
% Tor	<75% velocistas <85% Fondistas	75-90%	90%	95-100%	100-120%	
Tipo de fibras utilizadas	ST rojas	ST rojas	ST rojas y FT	ST rojas y FT	*Blancas y rojas	*Blancas y rojas
Pulsaciones bajo máximo	50-80 pbm	45-50 pbm	30-40 pbm	10 a 20 pbm	90 a 100% del ritmo de 100 m	100 a 110% del ritmo de 100
Cantidad de energía	muchas horas	1,5 a 2 horas	60 a 80 min	40 a 60 min	12 min a ritmo 100, 16 min a ritmo de 200	8 min
Tiempo de recuperación de la energía	<24 horas	<36 horas	12 horas FT; 36 horas ST		3 Días?? para FT blancas	glucógeno o 3 días? PC 10 a 20 sg
Tiempo típico de cada unidad en el set	más de una hora continua	más de una hora	30 sg a 15 min	30 sg a 4 min	10 - 40 sg	corto, para conseguir la máxima sobrecarga en la PC
Tipos de sets	Cualquiera despacio (técnica, drills suaves)	Cualquiera despacio (técnica, drills suaves)	10 x 400 o 6 x 800 o suaves subidas y bajadas	30 x 100 c/1:40 o 20 x 50 a ritmo de 200	4-8 de 20, 30, 40 c/1 con 200 a 400 m a 50 pbm o 30 x 50 c/1:30-2	10-20 x 12,5 o también 30 x 50
Uso principal	Técnica	Técnica, aceleración de la adaptación y de la reparación de las fibras	Técnica, estrés ligero de la eliminación de lactato (FT rojas)	Eliminación de lactato en las FT rojas: velocidad de competición para fondistas	Transporte de lactato y eliminación en las fibras FT *Blancas y rojas: ritmo competición de 100 a 400 m	Aumento de la CP-ATP, fuerza de las fibras y transporte de lactato en las FT blancas.

**Tabla 2.** Resumen de procesos energéticos relacionados con la frecuencia cardiaca y la velocidad crítica de nado (Treffene, 2004)

## METODOLOGÍA DE LAS SERIES DE FRECUENCIA CARDIACA

- La serie debe durar no menos de 15 minutos de natación real siendo 30 minutos el tiempo de nado global óptimo. El volumen en metros diferirá según el nivel del nadador, pudiendo realizar entre 1000 a 2500-3000 metros.
- Las distancias por repetición variarán según la especialidad del nadador, recomendándose las que figuran en la tabla 3, pues permiten al deportista nadar más cerca de la velocidad competitiva.

Especialidad de los nadadores	Distancia de la repetición recomendada
Velocistas	50 m - 100 m
Mediofondistas	50 m - 200 m
Fondistas	100 m - 400 m

**Tabla 3.** Distancias recomendadas para las HRS en función de la especialidad del nadador

- Los descansos son inferiores al tiempo necesario para cubrir la distancia, pero deben ser suficientes para realizarlos a ritmo cercano a la velocidad competición. Podemos señalar entre 30 segundos para distancias cortas hasta 1.30 en las largas (Tabla 4).

Distancia de la repetición	Descanso
50 m	20-30"
75 m	30"
100 m	45"
150	60" - 75"
200	1:15 - 1:30
400	1:30

**Tabla 4.** Descansos recomendadas para las HRS en función de la distancia de la repetición

- El ritmo de nado debe superar el ritmo del máximo estado estable de lactato (para sobrecargar los transportadores de lactato) y situarse en torno al ritmo de competición, pero sin permitir que el ritmo cardiaco alcance el máximo hasta el final y teniendo los niveles de lactato bajo control. Treffene et al. (1980), establecieron que la tasa máxima de eliminación de lactato de los músculos y la sangre se establece a velocidades entre un 6% y 14% mayores respecto a su "umbral anaeróbico".
- El parámetro fundamental de control de velocidad de estas series es la frecuencia cardiaca. Se manejan frecuencias cardiacas submáximas, para fomentar altas tasas de eliminación de lactato, pero siempre manteniendo la intensidad de cada serie:
  - Se mantiene - 30 latidos por minuto por debajo de la máxima durante el primer tercio de la serie
  - Se mantiene 20 latido por minuto por debajo de la máxima, durante el resto de la serie.
  - El último tercio se debe nadar dentro de las 10 pulsaciones de la FCmax.
  - Se busca alcanza la FCmax. durante los últimos 200 m. de cada serie.
- Es importante utilizar la FCmax. individual de cada nadador. Para ello tras un calentamiento, realizaremos entre 4 y 6 repeticiones de 50 metros con descanso entre 20 y 30". Posteriormente se realizan 100 - 150 metros a máxima velocidad, registrándose la máxima frecuencia cardiaca. Otra opción es realizar 3 x50 metros con descanso de 10" y apuntar la FCmax. Esta debe ser corregida si durante las últimas series de frecuencia cardiaca se supera.

Trefene sólo utiliza este sistema dos veces por semana (2-3 para fondistas y mediofondistas y 1 para velocistas) pues es necesario respetar los ciclos de recuperación y reposición del glucógeno para producir lactato. La restitución de glucógeno en el músculo difiere según el tipo de fibras:

- 36 horas en las fibras tipo I
- 12 horas en las fibras tipo II A
- 3 días en las fibras tipo II B

Las series suelen agotar el glucógeno de las fibras de contracción rápida, por lo que en velocistas sólo las realiza 1 vez por semana y evitar así interferencias en el trabajo de velocidad semanal.

En la tabla 5 se expone un ejemplo de entrenamiento basado en series de frecuencia cardiaca llevadas a cabo con un bracista.

El mejor registro del nadador en los 100 m braza es 1:09  
 Frecuencia cardiaca máxima = 211  
 Serie: 15 x 100 con tiempo de salida de 2 min, piscina corta

NÚMERO	TIEMPO (S)	FRECUENCIA CARDÍACA (LPM)	NÚMERO	TIEMPO (S)	FRECUENCIA CARDÍACA (LPM)
1	1:20,9		9	1:18,2	195
2	1:20,6	181	10	1:17,7	195
3	1:19,5	185	11	1:17,7	197
4	1:19,2	186	12	1:17,3	198
5	1:19,0	187	13	1:17,2	199
6	1:18,4	190	14	1:17,2	200
7	1:17,9	191	15	1:15,5	205
8	1:17,6	192			

**Tabla 5.** Resultados de una serie de frecuencia cardiaca de un bracista con F.C.max. 211 y mejor tiempo en 100 de 1.09. Se realizan 15x100 c/2mn (Maglischo, 2009; adaptado de Treffene, 1995)

## Variantes

Una variante muy utilizada tanto por Treffene como por otros entrenadores australianos, supone la de dividir las repeticiones en series seguido de un trabajo de recuperación y aumentando la velocidad progresivamente dentro de cada serie, siempre controlando la intensidad por la frecuencia cardiaca. Este trabajo es menos intenso y permite utilizarlo con mayor frecuencia.

- Ejemplo para velocista:

4x (2x100/45'' a 30 pbm + 2x75 /30'' a 20 pbm + 4x50 /30'' a 10 pbm+ 1x200 a 40 pbm)

- Ejemplo para fondista:

2x (1x300/1.30 + 1x200 c/4.00'' a 20 pbm + 2x100 c/2'00'' a 10 pbm+ 1x200 a 50 pbm)

## Series de frecuencia cardiaca de piernas

Treffene señala la importancia de realizar este trabajo también exclusivamente con el batido, al menos una vez en semana, bien al final de las series principales o al día siguiente a estas, con un tiempo mínimo de entrenamiento de 10 mn.

## CONCLUSIONES

Nos encontramos ante un tipo de entrenamiento intervalado de alta intensidad adaptado a la natación y a su utilización a través de la frecuencia cardiaca. Los aspectos más criticables a esta metodología de entrenamiento se encuentran en el uso de esta frecuencia cardiaca como medio de control. Está claro que la mejora de los transportadores es de gran importancia, pero no existe un método para medir la acumulación y la eficiencia de estos sistemas; el Dr. Treffene se basa en la frecuencia cardiaca y todas sus limitaciones que ella supone, sin embargo la experiencia y grandes resultados de este renombrado fisiólogo y entrenador con nadadores es irrefutable. Kieren Perkins por ejemplo, realizaba este entrenamiento de 30 x 100 monitorizando su FC cada 100 metros durante 9 meses. La evolución de tiempos y de F.C. a lo largo de los entrenamientos reflejaba las adaptaciones de su entrenamiento.

Perkins (medallista olímpico en Barcelona '92, Atlanta '96 y Sidney '00) llegó a romper los récords mundiales en los 400 metros, 800, y 1500 metros en los Juegos de la Commonwealth, consiguiendo el record de 800 metros en el paso de los 1500 m. Años después, fue Ian Thorpe, también influido por Treffene, quien le arrebató los records en las citadas distancias.

## REFERENCIAS

---

1. Green H, Halestrap A., Mockett C., O'Toole D., Gran S., Ouyang J. (2002). Increases in muscle MCT are associated with reductions in muscle lactate after a single exercise session in humans. *Am J. Physiol Endocrinol Metab.* 282:154-160
2. Ling, D. (2010). May 13 Dr. R.J. Treffene Article From TAS Blog. Get In And Swim. Retrieved from <http://getinandswim.blogspot.com.es/2010/05/dr-rj-treffene-article-from-tas-blog.html>
3. Maglischo, E.W. (2009). Natación. *Técnica, Entrenamiento y Competición*. Badalona. Ed. Paidotribo.
4. Martín A.M., González C., & Llop F. (2007). Presente y futuro del ácido láctico. *Archivos de Medicina Del Deporte*, XXIV120, 270-284.
5. Treffene, R.J. (1995). Glycogen Replacement Rate & its Use in Program Design. *Australian Swim Coach XI*
6. Treffene, R.J. (1995). Heart Rate Sets. *What are they?*. *Australian Swim Coach XIII 4*: 5-6
7. Treffene, R.J. (2004). Un modelo fisiológico aplicado en los programas semanales de nadadores élite fondistas australianos. *NSW Nº 3*: 7-11
8. Treffene, R.J., Dickson C., Craven C., Osborne K., Woodhead, Hobbs k. (1980). Lactic acid accumulation during constant speed swimming at controlled relative intensities. *Journal of Sports Medicine* 20:244-254
9. Treffene. (2004). Uso del modelo fisiológico de los transportadores de lactato para diseñar mejora las series de velocidad de competición. In *27o Congreso de natación Asociación Portuguesa de Técnicos de Natación*. Lisboa.
10. Yoshida Y., Hatta H., Kato M., Enoki T., Kato H., Boene A. (2004). Relationship between skeletal muscle MCT1 and accumulated exercise during voluntary wheel running. *J Appl Physiol* 97:527-34