

ESTUDIO COMPARADO DE LA RECUPERACIÓN DE LA FRECUENCIA CARDÍACA EN DEPORTISTAS DE FONDO: TRIATLETAS, ATLETAS, CICLISTAS Y NADADORES

Calderón Montero, Francisco Javier

E_mail: fcalderon@inef.upm.es

Cruz Llanas, Eva

Montoya Miñano, José

Instituto Nacional de Educación Física de Madrid

RESUMEN

El objetivo del presente estudio ha sido el de comparar la respuesta de la FC durante 4 minutos (FC recuperación rápida y lenta) en 4 grupos de atletas de élite incluidos todos ellos en pruebas de fondo, proponiendo la hipótesis de que la curva de FC de recuperación en los cuatro grupos de sujetos no debe poseer diferencias significativas.

Se han estudiado 61 atletas varones federados de nivel nacional divididos en cuatro grupos según el deporte practicado. La frecuencia cardíaca se registró durante los 4 primeros minutos de la recuperación, determinándose el índice de recuperación para cada uno de los 4 minutos. Se efectuó una prueba t de Student con un nivel de significación de 0.05.

Los resultados obtenidos no verifican la hipótesis inicial, ya que existen diferencias significativas entre algunos de dichos grupos.

PALABRAS CLAVE

Frecuencia cardíaca de recuperación, Frecuencia cardíaca post-ejercicio, recuperación en deportes de fondo.

1 INTRODUCCIÓN

El valor de la FC durante el ejercicio en atletas es un parámetro que ha sido ampliamente estudiado por la literatura, sin embargo la bibliografía existente sobre la FC de recuperación no es tan extensa, dato sorprendente si tenemos en cuenta que éste parámetro es fundamental para valorar las cargas de entrenamiento y la condición o aptitud cardiovascular.

Por un lado, el reconocimiento del valor de la recuperación dentro de un entrenamiento, como un factor tan importante como la aplicación de las cargas y por otro la necesidad de métodos interválicos de entrenamiento, par conseguir volúmenes más elevados, nos empujan a buscar parámetros que nos permitan determinar de forma objetiva el estado de reposo o fatiga de los deportistas y un parámetro útil de sencilla medición es la FC de recuperación.

Clásicamente la Frecuencia Cardíaca de Recuperación (FCR), se ha caracterizado por una rápida declinación seguida de un descenso progresivamente más lento, de manera similar al consumo de oxígeno post-esfuerzo, adoptando un modelo exponencial o logarítmico.

En razón a lo expuesto el objetivo del presente estudio ha consistido en valorar el proceso de recuperación de la frecuencia cardíaca en deportistas de fondo de la élite española y comparar dicho proceso en los diferentes deportes analizados, atletismo, ciclismo, triatlón y natación.

La hipótesis inicial indica que el proceso de recuperación de FC debe ser muy similar en todos los grupos que de deportistas, ya que todos ellos están sometidos a muy altos volúmenes de entrenamiento.

La hipótesis inicial indica que el proceso de recuperación de FC debe ser similar en todos los grupos de deportistas, y que todos ellos están sometidos a muy altos volúmenes de entrenamiento que condicionarían unas adaptaciones similares de los mecanismos de control.

La aplicación de los resultados permitirá disponer de valores de referencia de FCR en los deportistas masculinos de fondo de la élite española, y por consiguiente poder efectuar estudios comparativos, tanto a nivel individual como colectivo.

2 MATERIAL Y MÉTODOS

2.1 Sujetos experimentales

Han participado en el estudio 61 atletas federados de nivel nacional, que son evaluados en el Centro Nacional de Investigación Deportiva (CENID). El grupo total se dividió en cuatro subgrupos en razón al deporte practicado según fueran: triatletas (n=17), atletas de fondo (n=15), ciclistas (n=19) y nadadores (n=10). Ver tabla 1 de características de los sujetos.

2.2 Diseño experimental

Todos los deportistas realizaron una prueba máxima en tapiz rodante (Laufer-ergotest L_6), cicloergómetro (Jaeger), siguiendo un protocolo semiplano. La composición del aire espirado se midió mediante un analizador paramagnético para el oxígeno ($F_{E}O_2$) y por rayos infrarrojos para el anhídrido carbónico (FCO_2). La medida de la ventilación (VE) se efectuó con un neumotacógrafo especialmente diseñado para guardar la linealidad a elevados volúmenes corrientes.

La frecuencia cardíaca (FC) se registró con un aparato de electrocardiografía, Marquete electronic, colocando todos los electrodos para la observación de las derivaciones de los planos frontal y horizontal. El registro de la FCR se efectuó cada minuto durante los primeros 4 minutos de la misma.

El tratamiento de las cuatro variables básicas ergoespirométricas (FEO_2 , $FECO_2$, VE Y FC) se procesa por un programa específico desarrollado por Jaeger a través de un ordenador IBM, que promedia los datos cada 30 segundos y suministra los parámetros habituales del intercambio respiratorio

2.3 Análisis estadístico

Se calculó el siguiente índice de recuperación:

$$IR = \frac{FC \text{ alcanzada máx} - FC_{1,2,3,4}}{FC \text{ máx teórica} / FC \text{ máx alcanzada}}$$

descrito por Lamiel –Luengo

Siendo $FC_{1,2,3,4}$ la frecuencia cardíaca en el tiempo correspondiente de la recuperación (minuto 1, 2, 3 ó 4). Se realizó la t de Student para valorar si existían o no diferencias significativas entre los diferentes grupos de sujetos situando el nivel de significación en 0.05.

2.4 Resultados

Las características de los sujetos estudiados por grupos quedan reflejados en la tabla 1.

	<i>ATIETAS</i>	<i>CICLISTAS</i>	<i>NADADORES</i>	<i>TRIATLETAS</i>
PESO Media	63.6	65.5	69.3	69.9
Desv.	4.6	6.1	11.4	5.9
Rango	54.9-72.4	54-78	48.7-86.5	60.9-82.9
TALLA media	175.4	174.8	178.3	176.4
Desv.	5.6	5.7	10.1	3
Rango	169-188	163-184.5	155.5-187.8	171.7-182
EDAD Media	28.6	20.2	17.6	22.8
Desv.	9.4	3.1	3.7	4.3
Rango	17-32	16-25	15-26	18-32
FC Basal Media	51	49	61	54
Desv.	6.6	10.1	12.6	9.8
Rango	40-64	41-78	48-84	39-76

Tabla 1. Características de los sujetos.

La tabla 2 muestra los valores medios y desviación estándar de FCR correspondientes a los 4 minutos.

	<i>FC final</i>	<i>FC basal</i>	<i>FC 1 min.</i>	<i>FC 2 min</i>	<i>FC 3 mín</i>	<i>FC 4 mín</i>
TOTAL	197 (10)	55 (10.1)	155 (16.2)	131 (15.7)	121 (15.2)	111 (16.5)
ATLETAS	192 (9)	51 (6.6)	151 (11)	129 (12.3)	119 (11.1)	108 (17.8)
CICLISTAS	199.5 (6.6)	49 (10.1)	157 (14)	134 (15.3)	125 (15.8)	120 (13.8)
NADADORES	205.5 (11.5)	61 (12.6)	170 (18.4)	143 (17.6)	130 (16.1)	124 (15)
TRIATLETAS	191.5 (8.7)	54 (9.8)	146 (13.5)	122 (12.7)	113 (13.3)	105 (12.8)

Tabla 2. Valores de FCR

La tabla 3 muestra los valores medios y desviaciones típicas de IR correspondiente a los 4 minutos propuestos en el apartado material y métodos.

	<i>IR1</i>	<i>IR2</i>	<i>IR3</i>	<i>IR4</i>
TOTAL	41,1	64,4	74,3	80,8
DESV	10.7	11.4	12.5	11.3
ATLETAS	40.4	61,4*	71.8*	80
DESV	10.3	11	12.1	10.5
CICLISTAS	41.8	64.5	73.8	78,3*
DESV	12,1	13,2	13.3	12.3
NADADORES	36,1*	63,2	76	82,1
DESV	12,9	11,9	11,1	11,0
TRIATLETAS	43,7+	67,4+	76,1+	84,3+
DESV	7,7	9,5	13,7	11,0

Tabla 3. Valores de IR.. (*,+ menor y mayor respectivamente)

La tabla 4 nos muestra los niveles de significación obtenidos al realizar la prueba t entre los diferentes grupos de deportistas.

	<i>FCR1</i>	<i>FRC2</i>	<i>FCR3</i>	<i>FCR4</i>
<i>Atletas/ciclistas</i>	0.16	0.31	0.19	0.04*
<i>Atletas/nadad.</i>	0.01	0.05	0.07	0.03*
<i>Atletas/triat.</i>	0.34	0.1	0.20	0.53
<i>Ciclistas/nad</i>	0.08	0.21	0.41	0.5
<i>Ciclistas/triat.</i>	0.03	0.01*	0.02*	0.00*
<i>Nada/triat</i>	0.00	0.00*	0.01*	0.00*

Tabla 4. Niveles de significación para la prueba t (*valores significativos)

3 DISCUSIÓN

Los cuatro grupos de deportistas realizaron una prueba máxima y en los cuatro grupos observamos como en el primer minuto de recuperación se observa un descenso mayor de pulsaciones (40 pulsaciones menos de media en el minuto 1 que en el minuto 0 de reposo) que en los tres minutos siguientes registrados, lo que nos confirma que la curva de FCR debe estudiarse en sus dos fases FCRR (frecuencia cardíaca de recuperación rápida, 30 sg.) y FCRL (frecuencia cardíaca de recuperación lenta, posterior a 30 sg.)

Si observamos los IR obtenidos (tabla 3) obtenemos ya datos importantes sobre las diferencias de recuperación en los distintos grupos, ya que los triatletas se sitúan en todos los puntos con IR mayores al resto de grupos, lo que supone que presentan mejores recuperaciones. Los ciclistas se mantienen en todo momento en niveles medios de IR, mientras que el IR1 Está muy bajo en los nadadores, por lo que se supone que presentan una capacidad menor de recuperación de FCRR y por último los atletas presentan lo contrario que los nadadores, los valores más bajos de IR 2, 3, 4, por lo que supuestamente su FCRL es menor, lo que indica que presentan peor capacidad de recuperación en los minutos posteriores al ejercicio.

Sin embargo si comparamos estos valores con los obtenidos en otros estudios (Calderon 97) vemos que los deportistas analizados presentan mayores IR que los atletas dinámicos españoles en su conjunto.

La prueba t (tabla 5) nos indica que no existen diferencias significativas entre ciclistas y nadadores; atletas y ciclistas; atletas y triatletas. Mientras que existen diferencias significativas entre nadadores y ciclistas; ciclistas y triatletas; atletas y nadadores.

Los resultados del presente estudio por lo tanto no demuestran la hipótesis inicial propuesta de que todos los grupos debían recuperar de igual manera, ya que:

- Los triatletas son los que mejor recuperan (mayor IR en todos los minutos), y presentan los valores medios más bajos de FC.
- Los atletas presentan el IR menor, en todos los valores menos en el primero.
- Los nadadores presentan el IR1 más bajo y los valores medios de FC más altos en todos los minutos registrados.
- Los ciclistas presentan un IR4 muy bajo.

La explicación a estos hallazgos es compleja, ya que el mecanismo exacto que resolvería las variaciones de FC durante el ejercicio y tras él es desconocido en la actualidad. Diferentes estudios se han ocupado de resolver estas interrogante.

Se ha demostrado que el ejercicio influye en la FCR por alteración de los mecanismos intrínsecos y neuronales, de forma que los sujetos entrenados presentan mejores curvas de recuperación (2.4.6)

Existen también estudios que apuntan que al contrario de lo que cabría pensar por sentido común, no existen diferencias significativas entre la FCR en deportistas de élite que practican deportes dinámicos y estáticos (1), o entre deportistas de fondo y otros deportistas (8).

El mecanismo de control de FCR, se encuentra regulado por una combinación de mecanismos intrínsecos, nerviosos y hormonales, cuya participación relativa no se conoce. El regreso inicial de la FCR a sus valores de reposo finalizado el ejercicio, pone de manifiesto la exquisita interacción neurovegetativa. El brusco descenso del ejercicio determina un cambio de la actividad del SNC sobre el sistema cardiocirculatorio a consecuencia de la integración de las señales centrales y periféricas. Probablemente la sensibilidad del barorreflejo determina en gran medida el descenso de la FC durante la fase rápida de la recuperación (2).

La actividad del SNV sobre la FCR ha sido estudiada obteniendo datos controvertidos al respecto, por un lado los estudios de Savin y Col. Demostraron que la inhibición simpática influye más en la FCRR, mientras que la activación parasimpática jugaba un papel fundamental en la FCRL. Resultados contrarios fueron obtenidos por Katsuji y Cols. Puesto que encontraron que T30 es dependiente de la reactivación vagal, y no está relacionado con la inhibición simpáticas, mientras que el T120 estaría en función de la carga de trabajo y de la actividad del sistema simpático.

Los mecanismos de control hormonales han sido también objetos de diferentes investigaciones de forma que estudios realizados con maratonianos muestran que tras el ejercicio existían niveles mayores de catecolaminas en estos sujetos que en sujetos sedentarios, sin embargo la respuesta del eje hipotálamo-pituitaria no era la misma que en los sujetos no entrenados, o bien por disminución de la sensibilidad adrenal a la estimulación de ACTH o por siminución del feedback negativo del cortisol sobre el eje hipotálamo-pituitaria (12). Otros estudios mestran que el nivel de catecolaminas está aumentados hasta 8 horas pot-esfuerzo, lo que influye en FCRL, por mecanismos de acción simpáticas (14).

Los componentes del ejercicio (intensidad y duración) también han sido estudiados por su relación con la FCR, de forma que se han obtenidos datos que apuntan a que tanto la FCR como la EPOC dependen más de la intensidad del ejercicio desarrollada que de la duración del mismo (13), sin embargo otros estudios demostraron que la FCRR es independiente tanto de la intensidad del ejercicio (2), como del bloqueo simpático. Y la FCRL dependería de la intensidad del ejercicio (6).

Concluyendo diremos que los conocimientos existentes sobre los mecanismos de regulación de la FCR no son suficientes para explicar los resultados obtenidos, aunque no podemos dejar de considerar el hecho de que éstos resultados están en función del análisis estadísticos utilizado, de forma que el empleo de otro sistema tal vez nos devolvería otros datos.

Los datos aquí analizados deben servir para efectuar comparaciones de la FCR media con la FCR de un individuo concreto y conocer por tanto su desviación respecto de la media.

4 BIBLIOGRAFÍA

- Calderón Montero, F.J.; Brita Paja, J.L.; González, C.; Machota, V. (1997). *Estudio de la recuperación de la frecuencia cardíaca en deportistas de élite. Revista Española de la Medicina de la Educación Física y el Deporte.*6(3):101-105
- Calderón Montero, F.J.; González Herrero, C. y Machota. (199) *Estudio de la recuperación en tres formas de esfuerzo intermitente: aeróbico, umbral y anaeróbico.. Apunts.* 55 :14-19.
- Calderón, F.J; Ramos, J.J.; del castillo; M.J.; Melendez, (1996)A.Comparative study of the heart rate during recovery. Fourth International Congress (PAAS IV). 27-31 Agosto.
- Darr, C. K.; Bassett, D. R., Morgan; B. J. Y Thomas (1988). Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *American Journal of Physiology* Vol 254:340-343.
- González Santander, M. Y Rubio Gimeno, S. (1990). *Valores Ergoespirométricos en deportistas españoles de élite. Revista de Investigación y Documentación sobre las Ciencias de la Educación Física y el Deporte.* N° 14:10-50.
- Imai, K; Sato, H; Hori, M; Kusuoka, H; ozaki, H; Yokoyama, H; takeda, H; Innoue, M; Kamada, T. (1994). *Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients with chronic heart failure. Journal of the American college of cardiology.* N° 24(6) : 1529-1535.
- Koike., A.; Hiroe, M; Marumo, F(1998). *Delayed kinetics of oxygen uptake during recovery after exercise in cardiac patients. Medicine and science in sports and exercise.* 30, 2 Feb :185-189.
- López, C.; Terreros, J.L.; Aragonés, M.T. (1988). *Análisis de la curva de recuperación rápida de la frecuencia cardíaca. Apunts.* Vol XXV :29-35.
- Savin, W. M.; Davidson; D. M.; Haskell W. L. (1982). *Autonomic contribution to heart rate recovery from exercise in humans.* Journal Appl. Physiology.53: 1572-1576.
- Villalobos, D. J..(1972).Estudio estadístico de la frecuencia cardíaca en los test clínicos de ergometría. *Ap. Medicina deportiva.* Vol IX. N°33 :19-38.
- Yamaji, K. Y Shepard R. J. (1986). Incidence of heart rate overshoot. *Journal of sports medicine.* N° 26 :157-161.
- Duclos, M.; Corcuff, J.B.; Rashedi, M; Fougere, V.; Manier, G. (1997). *Trained versus untrained men: different immediate post-exercise responses of pituitary adrenal axis: a preliminary study. European Journal of applied Physiology and occupational physiology.* 75(4): 343-350
- Short, K; Wiest, J.M.; Sedlock, D.A.. (1996). *The effect of upper body exercise intensity and duration on post-exercise oxygen consumption. International journal of sports medicine.* 17(8): 559-563.
- Ogaki, T.; Saito, A.; Kanaya, S.; Fujino, T. (1995). *Plasma sulpho-conjugated catecholamine dynamics up to 8 h after 60-min exercise at 50 percent and 70 percent oxygen uptakes. European Journal of applied physiology and occupational physiology.* 72 (1/2): 6-11.