

Monograph

Recuperación de la Frecuencia Cardíaca a Ultra Corto Plazo en Atletas de Diferentes Deportes

Sergej Ostojić¹, Julio Calleja-González², Djordje G Jakovljevic³, V Vucetik⁴ y Facundo Ahumada, MSc⁵

¹*Exercise Physiology Laboratory Biomedical Sciences Department Faculty of Sport and Tourism, Novi Sad, Metropolitan University, Serbia.*

²*Laboratory of Analysis of Sport Performance, Physical Activity Department Faculty of Sport Sciences, University of the Basque Country, España.*

³*Research Centre for Health Studies, Faculty for Society and Health Buckinghamshire New University, Buckinghamshire, Reino Unido.*

⁴*Department of Kinesiology Faculty of Kinesiology, University of Zagreb, Zagreb, Croacia.*

⁵*G-SE.*

RESUMEN

Objetivo: El objetivo principal de este estudio fue evaluar la recuperación de la frecuencia cardíaca (HRR) en un período de tiempo muy corto, en atletas que realizan diferentes tipos de actividades deportivas: 1) continuas (por ejemplo corredores de fondo y ciclismo) y 2) deportes intermitentes (por ejemplo basquetbol, fútbol y handball). **Métodos:** Para realizar este estudio se reclutaron cuarenta y seis atletas varones. Dependiendo del deporte que los mismos practicaban, los atletas fueron asignados a un grupo de deportes continuo (CNT, n = 20) o a un grupo de deportes intermitentes (INT, n = 19). Los dos grupos tenían edad y aptitud física similares. Los atletas realizaron un test cardiopulmonar de máxima intensidad en cinta rodante utilizando un protocolo incremental. Inmediatamente al finalizar el ejercicio, los sujetos se colocaron en posición supina y se les midió de forma continua la frecuencia cardíaca durante el primer minuto de recuperación. Los datos de los grupos CNT e INT fueron analizados en intervalos de 10 segundos y fueron comparados. **Resultados:** Solo se observaron diferencias significativas en la HRR entre los grupos CNT y INT a los 10 y 20 segundos del período de recuperación ($p < 0,05$). El grupo INT presentó una frecuencia cardíaca significativamente más baja que el grupo CNT ($p < 0,05$). Estos resultados sugieren que los atletas que participan en deportes intermitentes presentan una disminución más rápida en la frecuencia cardíaca durante los primeros veinte segundos después del ejercicio máximo que los deportistas entrenados para deportes continuos. **Conclusión:** Estos resultados parecen indicar que la actividad deportiva y el entrenamiento, junto con la modulación autonómica podrían haber tenido un rol en las respuestas cardiovasculares ultra rápidas frente al ejercicio máximo.

Palabras Clave: entrenamiento, recuperación, parasimpático, resistencia, intermitente

INTRODUCCION

La recuperación de la frecuencia cardíaca es la velocidad en la cual la frecuencia cardíaca (HR) disminuye (o el tiempo

transcurrido para que la HR se recupere) después de la realización de ejercicio moderado a intenso, y es altamente dependiente de la relación entre la actividad nerviosa parasimpática y la actividad simpática (1). La HR aumenta durante el ejercicio en respuesta a una combinación de activación simpática e inhibición parasimpática y durante la recuperación posterior al ejercicio se produce lo contrario (2). Se sabe que la recuperación de la HR varía con el entrenamiento de resistencia y en situaciones de enfermedad (3). Varios autores observaron que la recuperación de HR se aceleraba en atletas de resistencia pero se volvía más lenta en pacientes con insuficiencia cardíaca (4,6). Sin embargo, no hay datos que indiquen si la recuperación de la HR es una medida sensible de control autónomo y si la recuperación de HR puede ser utilizada como un marcador que represente la capacidad del cuerpo de responder al entrenamiento. El tipo de entrenamiento y el rendimiento son factores adicionales que pueden influenciar la respuesta de la HR de recuperación, dado que las adaptaciones fisiológicas de individuos entrenados pueden alterar muchos aspectos del metabolismo del ejercicio.

Short y Sedlock (7) demostraron que a lo largo del período de recuperación, el grupo de atletas entrenados con mayor capacidad aeróbica tenía una HR consistentemente menor que la de los sujetos desentrenados, pero no hay ninguna explicación clara sobre este fenómeno. Según nuestros conocimientos ningún estudio ha analizado la recuperación de la HR después de ejercicio de máxima intensidad, en atletas que participan en diferentes tipos de actividades deportivas (por ejemplo intermitente y continuo) con aptitud aeróbica similar. Además, no se dispone de datos que confirmen la evolución en el tiempo de la recuperación de HR durante los primeros 20-30 segundos de recuperación (recuperación a muy corto plazo), que podría ser de particular interés para programar el entrenamiento en deportes y ejercicios. Por consiguiente, el principal objetivo del presente estudio fue investigar si los diferentes tipos de actividades deportivas (intermitente vs deportes continuos) ejercen influencia sobre las respuestas de HR durante intervalos de 10-segundos de los primeros minutos de recuperación posteriores a la realización de ejercicio máximo en atletas de sexo masculino.

MÉTODOS

Participantes

Se reclutaron cuarenta y cuatro atletas varones, jóvenes y saludables de diferentes deportes. Todos los sujetos participaban activamente en programas de entrenamiento deportivo constantes a lo largo de los cuatro años previos. Los criterios de exclusión fueron: (1) antecedentes de enfermedades cardíacas, (2) trastornos músculo-esqueléticos, (3) enfermedad metabólica conocida, (4) consumo de alguna sustancia para mejorar el rendimiento en los últimos 14 días, (5) ser fumador o (6) respuestas negativas frente al test de estrés. Todos los participantes dieron su consentimiento informado y participaron voluntariamente en el estudio. Los sujetos tenían una edad media de $21,9 \pm 1,8$ años, masa corporal media de $81,0 \pm 6,4$ kg y talla media de $184,4 \pm 5,9$ centímetros (Tabla 1). Los participantes fueron divididos en dos grupos sobre la base del tipo predominante de requerimientos previos de entrenamiento y rendimiento, tal como se describe posteriormente.

	Grupo CNT	Grupo INT
N	20	19
Edad (años)	22,0±1,7	21,7±1,8
Talla (cm)	184,9±6,1	183,9±5,7
Masa Corporal (kg)	81,2±6,8	80,7±5,9
Porcentaje de Grasa Corporal (%)	8,7±2,0	8,9±1,8
Consumo de Oxígeno Máximo (ml/kg/min)	60,5±4,1	61,2±5,0

Tabla 1. Características físicas y fisiológicas de los atletas que participan en deportes continuos (CNT) y deportes intermitentes (INT).

Los atletas fueron asignados al grupo continuo (CNT) (atletas que participan en deportes continuos como carrera de fondo y ciclismo) o al grupo intermitente (INT) (atletas que realizan deportes intermitentes como básquetbol, fútbol y handball). Todos los participantes fueron informados verbalmente y por escrito sobre la naturaleza y demandas del estudio, así como

también de los riesgos conocidos para la salud. Los atletas completaron una encuesta de antecedentes de salud y se les informó que podían abandonar el estudio en el momento en que ellos quisieran. En el reclutamiento inicial, todos menos cinco cumplieron el criterio de inclusión para poder participar en el estudio. Finalmente el grupo de CNT estuvo integrado por 20 atletas y grupo INT por 19 atletas.

Procedimientos Experimentales

Todos los procedimientos cumplieron con lo establecido en la Declaración de Helsinki y el estudio fue aprobado por el Comité de Ética de Facultad. Las mediciones fisiológicas fueron realizadas durante la última semana del período de entrenamiento preparatorio para las competencias. En las 24 horas previas al estudio, los sujetos no realizaron ningún ejercicio prolongado ni consumieron bebidas alcohólicas y/o bebidas con cafeína. Los participantes arribaron al laboratorio de fisiología del ejercicio a las 10 de la mañana después de un descanso de entre 10 y 12 h. Antes de la sesión experimental se realizó la medición de la masa de corporal, talla y porcentaje de grasa corporal, a partir del espesor de pliegues cutáneos en cada sujeto. Luego los sujetos fueron equipados con los dispositivos necesarios para efectuar las mediciones de consumo de oxígeno máximo ($VO_{2máx}$), electrocardiograma (ECG) y frecuencia cardíaca por telemetría (HR). El test de ejercicio se realizó en una cinta rodante siguiendo un protocolo incremental individualizado hasta un nivel de tolerancia máxima de los síntomas (*Trackmaster TMX425C, Newton, EE.UU.*). Los datos de intercambio de gases se recolectaron durante el test de ejercicio mediante un sistema metabólico respiración por respiración (*Vacu-Med CPX, Ventura, EE.UU.*) con $VO_{2máx}$ definido como el mayor VO_2 alcanzado durante el test con datos suavizados antes de calcular el $VO_{2máx}$. El ECG fue realizado de manera continua mediante un sistema de análisis de estrés con 12 derivaciones (*Custo-Med EC1000, Ottobrunn, Alemania*) y también se registraron los valores de la frecuencia cardíaca con un monitor de HR (*S410 Polar, Kempele, Finlandia*).

Inmediatamente al finalizar el test de ejercicio de intensidad máxima, los sujetos se colocaron en posición supina con una máscara facial y se les monitoreó la frecuencia cardíaca de manera continua durante 1 minuto. En cada sujeto se registró el tiempo entre la finalización del ejercicio y la ubicación en la posición supina y éste alcanzó un valor promedio de $5,0 \pm 1,9$ segundos para los sujetos del grupo INT y de $5,4 \pm 2,0$ segundos para el grupo CNT. El registro del ECG fue revisado para identificar correctamente todos los latidos. La HR durante el primer minuto de recuperación se midió en intervalos de 10 segundos con un monitor de HR y mediante ECG. En el estudio se utilizó la media de las 2 lecturas con un coeficiente de variación inferior a 10%. También se cuantificó la disminución en HR durante la fase de recuperación en forma de disminución de la HR por ciento (% HR) de la HR máxima durante el ejercicio (100%) durante los primeros minutos de recuperación. El comité de punto final del laboratorio evaluó todas las respuestas de HR de recuperación a ciegas y los puntos finales fueron determinados por la decisión unánime. Los atletas estaban familiarizados con los procedimientos de evaluación como parte de su proceso de entrenamiento regular. Para asegurar que el ambiente de evaluación estaba controlado de manera apropiada, el laboratorio se mantuvo lo más calmo posible durante todos los procedimientos de medición. La sala de evaluación fue mantenida a $20 \pm 3^{\circ}C$ y $32 \pm 5\%$ de humedad relativa.

Análisis Estadísticos

Los datos se expresaron en forma de Media \pm DS. La significancia estadística se evaluó mediante el Test t de Student para muestras independientes. Los valores de P menor a 0,05 fueron considerados estadísticamente significativos. Los datos fueron analizados con el software SPSS versión 14,0 (*SPSS Inc., EE.UU.*).

RESULTADOS

La Tabla 2 muestra las mediciones de HR durante la recuperación. Al final del ejercicio (comienzo de la recuperación), la HR era similar en ambos grupos. A los 10 y 20 segundos del período de recuperación, el grupo INT tenía una HR significativamente menor en comparación con la de sus colegas del grupo CNT ($P < 0,05$). No se observaron diferencias entre los grupos en otros intervalos de tiempo de recuperación en las respuestas de HR. Resultados similares se observaron cuando se compararon entre los grupos las caídas en %HR (Figura 1).

	Grupo CNT	Grupo INT
FC pico (lat/min)	195±6	197±6
FCR 10 seg (lat/min)	191±7	188±6 *
FCR 20 seg (lat/min)	188±8	183±9 *
FCR 30 seg (lat/min)	180±7	178±9
FCR 40 seg (lat/min)	173±8	172±8
FCR 50 seg (lat/min)	166±8	165±7
FCR 60 seg (lat/min)	155±11	157±9

Tabla 2. Respuestas de la frecuencia cardíaca durante el estudio. HRR= Recuperación de la Frecuencia Cardíaca. * Se observaron diferencias significativas entre los grupos con $p < 0,05$.

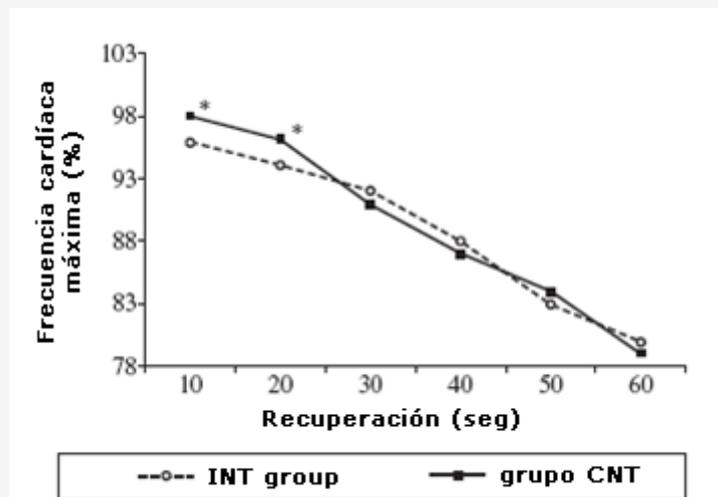


Figura 1. Disminución de la frecuencia cardíaca durante la recuperación cuantificada en forma de porcentaje de disminución de la frecuencia cardíaca con respecto a la frecuencia cardíaca máxima (HR máx.). Abreviaturas: INT= Atletas que realizan deportes intermitentes; CNT=Atletas que realizan deportes continuos; *Se observan diferencias significativas entre CNT e INT a un nivel de $p < 0,05$.

DISCUSION

El presente estudio fue el primero en analizar la influencia de diferentes disciplinas deportivas en la recuperación de la frecuencia cardíaca ultra rápida en atletas de sexo masculino. Los resultados obtenidos en este estudio sugieren que los atletas que participan en deportes intermitentes de resistencia tenían una recuperación más rápida de la HR a los 10 y 20 segundos después del ejercicio máximo en comparación con los atletas que participan en deportes continuos con similar aptitud física. Estos resultados indican que la recuperación de la frecuencia cardíaca (HRR) ultra rápida puede ser influenciada por el tipo de actividad deportiva en los atletas bien entrenados.

La recuperación rápida de HR luego de ejercicio moderado a intenso puede ser un mecanismo importante para prevenir el trabajo cardíaco excesivo, con implicaciones importantes para el entrenamiento. Diferentes investigadores demostraron que atletas entrenados en resistencia tienen una HRR más rápida que los sujetos sedentarios (6, 8). Se cree que la recuperación en la HR después de realizar ejercicio máximo está mediada por factores intrínsecos, nerviosos y humorales (9). Estudios recientes han observado una interacción coordinada de reactivación parasimpática e inhibición simpática, donde la reactivación parasimpática se produce más rápidamente y por lo tanto, desempeña un papel más importante en la

desaceleración temprana de la frecuencia cardíaca (2, 10, 11). Parecería que la recuperación inactiva del ejercicio dinámico está asociada con la interrupción del estímulo del ejercicio principal de la corteza cerebral que es responsable de la caída inicial de la frecuencia cardíaca (1). Pierpont y Voth (12) aportaron constantes de tiempo para la reactivación parasimpática de 44 segundos y para la inhibición simpática de 65 segundos, destacando otros mecanismos de control de la recuperación de la HR. Se cree que los otros factores que contribuyen con la recuperación de HR después del ejercicio son los cambios más lentos en los estímulos de mecanorreceptores y barorreceptores que acompañan la depuración (*clearance*) de metabolitos y la demora en la eliminación del calor corporal y catecolaminas (13). No obstante, se considera que la activación parasimpática es el mecanismo subyacente de la desaceleración cardíaca exponencial después del ejercicio (9). Se observó que la recuperación de la HR después del ejercicio de alta intensidad fue más rápida en los individuos que tenían una mayor capacidad aeróbica (8) aunque los mecanismos fisiológicos precisos no han sido establecidos.

La recuperación post-ejercicio ultra rápida de la HR no ha sido informada previamente en atletas. Sin embargo, según el análisis de la tasa de trabajo, el tiempo promedio para recuperarse después de series de carrera de alta intensidad era menor a 15 segundos en el ejercicio intermitente (14). Por lo tanto la mayor respuesta cardiovascular ultra rápida demostrada a través de la recuperación de un valor de HR más baja, en un momento dado durante el período de recuperación, refleja una adaptación positiva al ejercicio de resistencia intermitente y posiblemente una capacidad superior en eventos de rendimiento (15). Podría afirmarse que atletas con menor recuperación de HR durante los primeros 20 segundos post-ejercicio se adaptan mejor al ejercicio máximo debido a diferentes posibles mecanismos (i.e la restauración del tono parasimpático, los cambios en el volumen plasmático, la acumulación de factores metabólicos). En el presente estudio nosotros observamos que la recuperación de la HR a los 10 y 20 segundos post-ejercicio se acelera en atletas que participan en actividades de resistencia intermitentes en comparación con atletas que participan en deportes continuos con similar $VO_{2m\acute{a}x}$. Diferentes autores demostraron que los atletas entrenados en resistencia tienen respuestas de HR más rápidas después de la interrupción del ejercicio en comparación con los sujetos sedentarios (3, 6, 8). Esto podría deberse a un mayor tono parasimpático en los atletas entrenados junto con la inhibición del estímulo simpático que contribuye con la desaceleración de la frecuencia cardíaca después de la interrupción del ejercicio. Yamamoto et al. (5) observaron una asociación entre un aumento del tono parasimpático y la recuperación más rápida de la HR después del entrenamiento de resistencia. Sin embargo, en la bibliografía no encontramos ningún estudio de comparación entre la recuperación de la HR de atletas con $VO_{2m\acute{a}x}$ similar de diferentes deportes y/o nivel de entrenamiento. En el presente estudio ambos grupos tenían un $VO_{2m\acute{a}x}$ similar. En contraste con la recuperación de la HR a largo plazo, (16) parecería que la recuperación de la HR ultra rápida depende del tipo de ejercicio, tal como sugieren los resultados del presente estudio. Según esto, parecería que el tipo de actividad/entrenamiento de resistencia (continuo vs. intermitente) per se, podría inducir cambios en la recuperación de la HR. Además podría afirmarse que la HR de atletas entrenados que realizan deportes intermitentes disminuye rápidamente en los primeros 20 segundos de haber finalizado el ejercicio (recuperación de HR ultra rápida). Entre los posibles mecanismos subyacentes para una rápida disminución en la HR en el grupo INT podríamos incluir a: 1) cambios rápidos en el rendimiento máximo del ventrículo izquierdo (LV) con mayor fracción de eyección y contractilidad del miocardio (17) inducidos por el ejercicio intermitente además de las alteraciones en el volumen plasmático con un mayor llenado del LV (18); 2) cambios en el metabolismo del lactato y/o del óxido nítrico del miocardio (19) y 3) cambios en la expresión de genes, que deben ser investigados con mayor detalle (20). Aunque el presente estudio es el único que valoró la recuperación ultra rápida de la HR y analizó las relaciones entre la recuperación de la HR y el tipo de actividad deportiva, el mismo tiene dos limitaciones importantes. En primer lugar, el número pequeño de sujetos podría conducir a una sobreestimación de las diferencias entre los grupos INT y CNT. En segundo lugar, aunque el modo de recuperación pasiva utilizada en este estudio se utiliza frecuentemente (13, 21), el mismo no refleja la situación deportiva real en la cual durante la recuperación se trota o se camina. Las investigaciones posteriores deben evaluar: 1) el efecto de diferentes protocolos de recuperación en la HRR ultra rápida; 2) la correlación entre la recuperación a corto plazo de HR y los cambios agudos en el volumen y la intensidad o la frecuencia del entrenamiento.

Conclusiones

Los resultados del presente estudio sugieren que los atletas que realizan deportes de resistencia intermitentes presentan una recuperación de HR más rápida durante los primeros 10 y 20 segundos posteriores al ejercicio de intensidad máxima que los atletas que realizan actividades de resistencia continuas. La medición de la recuperación de HR ultra rápida después del ejercicio máximo permitiría a los entrenadores supervisar fácilmente la respuesta de los atletas al ejercicio y posiblemente perfeccionar la prescripción del entrenamiento físico. Los resultados del presente estudio apoyarían teorías de interacción coordinada de control mecánico, humoral y autonómico durante la recuperación del ejercicio a corto plazo y no apoyan el uso de la recuperación de la HR del ejercicio como un índice único de la función vagal.

Agradecimientos

Todos los autores contribuyeron de manera similar para la realización de éste trabajo. Los autores declaran que no poseen ningún conflicto de interés

REFERENCIAS

1. Borresen J, Lambert MI (2008). Autonomic control of heart rate during and after exercise: measurements and implications for monitoring training status. *Sports Med* 38:633-246
2. Kannankeril PJ, GoldbergerJJ (2002). Parasympathetic effects on cardiac electrophysiology during exercise and recovery. *Am J Physiol Heart Circ Physiol* 282:H2091-2098
3. BorresenJ, Lambert MI (2007). Changes in heart rate recovery in response to acute changes in training load. *Eur J Appl Physiol* 101:503-511
4. Imai K, Sato H, Hori M, Kusuoka H, Ozaki H, Yokoyama H, et al (1994). Vagally mediated heart rate recovery after exercise is accelerated in athletes but blunted in patients "with chronic heart failure. *J Am Coll Cardiol* 24:1529-1535
5. Yamamoto K, Miyachi M, Saitoh T, Yoshioka A, Onodera S (2001). Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Med Sci Sports Exerc* 33:1496-1502
6. Perini R, Tironi A, Cautero M, Di Nino A, Tarn E, Capelli C (2006). Seasonal training and heart rate and blood pressure variabilities in young swimmers. *Eur J Appl Physiol* 97:395-403
7. Short KR, Sedlock DA (1997). Excess postexercise oxygen consumption and recovery rate in trained and untrained subjects. *J Appl Physiol* 83:153-9
8. Darr KC, Bassett DR, Morgan BJ, Thomas DP (1998). Effects of age and training status on heart rate recovery after peak exercise. *Am J Physiol* 254:H340-343
9. SugawaraJ, Murakami H, Maeda S, Kuno S, Matsuda M (2001). Change in post-exercise vagal reactivation "with exercise training and detraining in young men. *Eur J Appl Physiol* 85:259-263
10. Pierpont GL, Stolpman DR, Gornick CC (2000). Heart rate recovery post-exercise as an index of parasympathetic activity. *J Auton Nerv Syst.* 80:169-174
11. Kannankeril PJ, Le FK, Kadish AH, GoldbergerJJ (2004). Parasympathetic effects on heart rate recovery after exercise. *J Investig Med*; 52:394-401
12. Pierpont GL, Voth EJ (2004). Assessing autonomic function by analysis of heart rate recovery from exercise in healthy subjects. *AmJ Cardiol*; 94:64-68
13. Javorka M, Zila I, Balharek T, Javorka K (2002). Heart rate recovery after exercise: relations to heart rate variability and complexity. *Braz J Med Biol Res*; 35:991-1000
14. Carling C, BloomfieldJ, Nelsen L, Reilly T (2008). The role of motion analysis in elite soccer: contemporary performance measurement techniques and "work rate data. *Sports Med* 38:839-862
15. Bosquet L, Gamelin FX, Berthoin S (2008). Reliability of postexercise heart rate recovery. *Int J Sports Med*; 29:238-243
16. Mourout L, Bouhaddi M, Tordi N, Rouillon JD, Regnard J (2004). Short- and long-term effects of a single bout of exercise on heart rate variability: comparison between constant and interval training exercises. *Eur J Appl Physiol.* 92:508-517
17. Rowland T (2008). Echocardiography and circulatory response to progressive endurance exercise. *Sports Med*; 38:541-551
18. Goodman JM, Liu PP, Green HJ (2005). Left ventricular adaptations following short-term endurance training. *J Appl Physiol*; 98:454-460
19. Duncker DJ, Bache RJ (2008). Regulation of coronary blood flow during exercise. *Physiol Rev*; 88:1009-1086
20. Viola AU, James LM, Archer SN, and Dijk DJ (2008). PER3 polymorphism and cardiac autonomic control: effects of sleep debt and circadian phase. *Am J Physiol Heart Circ Physiol*; 295:H2156-2163
21. Shetler K, Marcus R, Froelicher VF, Vora S, Kalisetti D, Prakash M, et al (2001). Heart rate recovery: validation and methodologic issues.. *J Am Coll Cardiol.* Dec;38(7):1980-

Cita Original

Ostojic S. M., J. Calleja-Gonzalez, D.G. Jakovljevic, V. Vucetic and F. Ahumada. Ultra short-term heart rate recovery in athletes of different sports. *Med Sport* 2010; 63:145-52.