

Análisis de los componentes espectrales de la variabilidad cardíaca en hombres jóvenes: efecto del sobrepeso y la inactividad física

Michel Andrés García Otálora⁴, María Mónica Valencia⁵, Ana María Berrío⁶, María Alexandra Rivera⁷, Johan Enrique Ortiz⁸, Darío Mendoza Romero⁹, Adriana Urbina¹⁰

Resumen

⁴ Médico en Servicio Social Obligatorio, Unidad de Fisiología, Universidad del Rosario, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Bogotá, Colombia. michel.garcia@urosario.edu.co

⁵ Estudiante de medicina Universidad del Rosario, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Bogotá, Colombia. valencia.maria@ur.edu.co

⁶ Estudiante de medicina Universidad del Rosario, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Bogotá, Colombia. berrio.ana@ur.edu.co

⁷ Estudiante de Medicina Universidad del Rosario, Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Bogotá, Colombia. riveralo.maria@ur.edu.co

⁸ Profesional en Ciencias del Deporte, Joven Investigador, Universidad UDCA, Colombia. johortiz@udca.edu.co

⁹ Docente Universidad INCCA y Servicio Nacional de Aprendizaje SENA, Colombia. mendoza.dario@ur.edu.co

¹⁰ Profesora Asistente de carrera, coordinadora unidad de Fisiología de la Escuela de Medicina y Ciencias de la Salud, Universidad del Rosario. adriana.urbina@urosario.edu.co

Objetivo

Analizar el comportamiento de la variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC) en reposo en tres grupos de hombres jóvenes con diferentes valores de índice de masa corporal y distintos niveles de condición física.

Materiales y métodos

Estudio analítico descriptivo de corte transversal. Se analizaron los componentes de dominio de tiempo, así como los de alta (AF) y baja frecuencia (BF) de la VFC en reposo a partir de registros cortos en hombres entre 18 y 25 años, distribuidos en tres grupos: a) 11 hombres físicamente inactivos y con peso normal, b) 10 hombres físicamente inactivos con sobrepeso u obesidad y c) 12 hombres con peso normal y entrenados aeróbicamente.

Resultados

Los sujetos entrenados aeróbicamente tuvieron una frecuencia cardíaca y cociente BF/AF menores, e intervalos RR y componentes de dominio de tiempo (rMSSD y pRR50) mayores que los sedentarios ($p < 0,05$). En estos últimos, el índice de masa corporal (IMC) se correlacionó inversamente con la VFC ($r = -0,5$; $p < 0,05$). En el grupo sedentario con sobrepeso, los componentes espectrales de AF y BF fueron significativamente menores que los observados en los entrenados ($p < 0,05$).

Conclusiones

Los resultados sugieren que el entrenamiento aeróbico regular y a largo plazo se asocia a una VFC incrementada. En sujetos sedentarios, el IMC se relaciona inversamente con la VFC. La inactividad física y el sobrepeso tienen efecto negativo y al parecer sinérgico sobre la VFC.

Palabras clave: sobrepeso, obesidad, variabilidad cardíaca, entrenamiento aeróbico.

Introducción

Tanto la inactividad física como el sobrepeso y la obesidad son factores que contribuyen al desarrollo de enfermedades crónicas no transmisibles, las cuales a su vez causan 35 millones de muertes cada año, lo que equivale al 60% de todas las muertes en el mundo (World Health Organization, 2008).

La inactividad física es un problema de salud pública en aumento en el ámbito mundial (Vanhees et al., 2005). Estudios epidemiológicos indican que este estilo de vida contribuye al desarrollo de enfermedades cardiovasculares y al incremento del riesgo prematuro de muerte (Hallal et al., 2005). Razón por la que se ha propuesto que un aumento de actividad física aeróbica propiciaría ciertos beneficios en la salud y disminuiría el riesgo de mortalidad. Dentro de estos beneficios de la actividad

física se encuentra la prevención de enfermedades como la diabetes, la hipertensión, la obesidad, el cáncer y enfermedades cardiovasculares.

La inactividad física afecta también a la población joven, como lo reflejan las cifras nacionales (ENSIN, 2005), con el agravante de que contribuirá en forma más temprana al desarrollo de enfermedades crónicas en la adultez (Seabra, Mendonça, Thomis, Anjos & Maia, 2008). Se ha informado que 72,3% de los colombianos presentan inactividad física en su tiempo libre (Ministerio de la Protección Social, 2009) y que la prevalencia de sobrepeso y obesidad es 46% (ENSIN, 2005).

La variabilidad de la frecuencia cardíaca (VFC), medida como las oscilaciones en la frecuencia cardíaca que ocurren entre un latido y otro, permite estudiar de forma no invasiva la modulación autonómica de la función cardiovascular. La VFC se usa como indicador del estado de salud (Capdevila et al., 2008) y su disminución predice eventos cardíacos adversos y mortalidad, tanto en personas sanas (Huikuri et al., 1998) como en aquellas con enfermedad cardiovascular (Kleiger, Miller, Bigger Jr. & Moss, 1987; La Rovere, Bigger, Marcus, Mortara & Schwartz, 1998).

Aunque diversos estudios han tratado de establecer el efecto de la actividad física y del entrenamiento deportivo sobre la VFC, los resultados han sido contradictorios (Aubert & Beckers, 2003). Recientemente se sugirió que la VFC puede estar más relacionada con el índice de masa corporal (IMC) que con estados de condición física, y parece existir relación inversa entre la modulación parasimpática de la FC y el IMC (Molfino et al., 2009). En personas con obesidad se observan menores valores de los componentes espectrales de la variabilidad cardíaca (Kim et al., 2005; Karason, Mølgaard, Wikstrand & Sjöström, 1999), y estos se incrementan cuando los sujetos con obesidad pierden peso (Karason et al., 1999).

El presente estudio tuvo como objetivo analizar el comportamiento de la VFC en reposo en tres grupos de hombres jóvenes con diferentes valores de índice de masa corporal y distintos niveles de condición física.

Materiales y métodos

Diseño

Estudio analítico descriptivo de corte transversal, con muestreo por conveniencia.

Sujetos

Los sujetos de estudio fueron hombres entre 18 y 25 años, distribuidos en tres grupos: a) 11 hombres físicamente inactivos y con peso normal, b) 10 hombres físicamente inactivos con sobrepeso u obesidad (índice de masa corporal

$\geq 25 \text{kg/m}^2$) y c) 12 hombres con peso normal y entrenados aeróbicamente (atletas de fondo y semi-fondo con una edad competitiva de 4 ± 2.97 años). No se realizaron cálculos del tamaño muestral porque los valores promedio y desviaciones estándar de los componentes espectrales de la VFC que se informan en la literatura para este grupo de edad son significativamente diferentes entre los estudios disponibles.

Criterios de exclusión

Para todos los sujetos fueron criterios de exclusión el consumo de medicamentos con efecto sobre el sistema nervioso autónomo en los últimos tres días, tabaquismo y antecedente de enfermedad cardiovascular. Para los sujetos entrenados, adicionalmente fueron excluidos aquellos que compitieran en pruebas de velocidad o combinadas, y quienes no estuvieran en proceso de entrenamiento al momento del estudio. Para el grupo control, se excluyeron quienes realizaran actividad física sistemática.

Consideraciones éticas

Se cumplieron las normas éticas para experimentación en humanos (Declaración de Helsinki, revisada en 1983). Los procedimientos realizados se clasifican como de riesgo mínimo, de acuerdo con las definiciones de la resolución 8430 de 1993. Todos los voluntarios otorgaron por escrito su consentimiento informado para participar en el estudio.

Procedimiento

Se utilizaron monitores inalámbricos de frecuencia cardíaca (Polar S810®, Polar Electro, Finlandia) y se tuvieron en cuenta las recomendaciones de la Sociedad Europea de Cardiología para el registro y análisis de variabilidad cardíaca. Se realizaron registros de frecuencia cardíaca en reposo, en posición decúbito dorsal, siempre en horas de la mañana (7:00 a 8:00 a.m.) y con una temperatura de la sala de 20-25°. Los sujetos habían tenido un período de sueño la noche anterior al procedimiento de al menos ocho horas, habían ingerido alimento dos horas antes y no habían realizado actividad física moderada o intensa el día anterior. Durante los primeros cinco minutos se ubicó una banda torácica Polar® T31 y se ajustó la configuración del monitor. Durante los 20 minutos siguientes los sujetos estuvieron

en condición de completo reposo. Finalmente, se registraron y grabaron cinco minutos de actividad cardíaca. El procedimiento descrito se realizó una sola vez para cada voluntario.

Análisis de datos

Los registros de frecuencia cardíaca fueron depurados por medio del programa Polar Precision Performance® versión 4.01.029. Los análisis en el dominio de tiempo y en el de frecuencia (transformación rápida de Fourier FFT) se realizaron en los 180 segundos centrales de cada registro, con ayuda del programa HRV Analysis Software versión 1.1 sp1, del Grupo de Análisis de Señales Biomédicas de la Universidad de Kuopio, Finlandia (Niskanen, Tarvainen, Ranta-Aho, & Karjalainen, 2004). Se obtuvieron los componentes de baja (BF) y alta frecuencia (AF) (0,04 – 0,15Hz y 0,15 – 0,40Hz, respectivamente). A partir de los datos de BF y AF expresados en milisegundos al cuadrado (ms²) se calculó el cociente BF/AF y el poder fractal total (BF+AF) (Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology, 1996).

Análisis estadístico

Para el análisis estadístico se utilizaron las variables de AF, BF y el índice entre ellas (BF/AF). Las características de distribución de los datos fueron evaluadas mediante la prueba de Shapiro-Wilk, y las comparaciones entre grupos se realizaron mediante análisis de varianza (ANOVA) o prueba de Kruskal-Wallis; cuando las diferencias fueron significativas, se empleó la prueba *post hoc* de Bonferroni. Se analizaron las asociaciones entre parejas de variables cuantitativas mediante gráficos de dispersión y coeficientes de correlación de Spearman. Se estableció un nivel de significancia $p < 0,05$. Cada conjunto de datos se presenta como promedio y desviación estándar. Se utilizó el paquete estadístico SPSS® versión 19 (SPSS Inc., Chicago, licencia de la Universidad del Rosario).

Resultados

La Tabla 1 resume las variables de caracterización de los sujetos incluidos en el estudio. La edad y talla fueron similares entre los tres grupos; sin embargo, el peso e índice de masa corporal (IMC) fueron significativamente mayores en el grupo con sobrepeso con respecto al grupo control y al grupo entrenado aeróbicamente.

Tabla 1. Variables de caracterización de los sujetos incluidos en el estudio

| Variable | Control | Sobrepeso | Aeróbico | Valor p |
|--------------------------|--------------|--------------|--------------|----------|
| N | 11 | 10 | 12 | |
| Edad (años) | 21,36 DS 3,5 | 26,0 DS 1,5 | 21,2 DS 2,2 | 0,3 |
| Peso (kg) | 70,5 DS 8,4 | 90,8 DS 8,2 | 59 DS 4,7 | <0,001 * |
| Talla(m) | 1,74 DS 0,04 | 1,80 DS 0,07 | 1,73 DS 0,05 | 0,064 |
| IMC (kg/m ²) | 23,2 DS 2,4 | 29 DS 2,5 | 20,0 DS 0,9 | 0,02 * |

IMC: índice de masa corporal; DS: desviación estándar.
 *Diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control y con sobrepeso, y entre el grupo aeróbico y el grupo con sobrepeso.

Tabla 2. Análisis en el dominio de tiempo de la variabilidad cardíaca en reposo en hombres jóvenes

| Variable | Control | | Sobrepeso | | Aeróbico | | Valor p | Rango normal |
|-------------------------|---------|--------|-----------|--------|----------|--------|---------|--------------|
| N | 11 | | 10 | | 12 | | | |
| FC (min ⁻¹) | 75 | DS 10 | 77 | DS 10 | 55 | DS 8 | <0,01 § | - |
| mR-R (ms) | 814 | DS 116 | 798 | DS 101 | 1106 | DS 174 | 0,01 § | 785-1160 |
| SDNN (ms) | 53 | DS 41 | 61 | DS 25 | 76 | DS 26 | 0,065 | 32-93 |
| rMSSD (ms) | 53 | DS 49 | 47 | DS 17 | 84 | DS 29 | 0,04 § | 19-75 |
| pRR50 | 23 | DS 29 | 24 | DS 12 | 55 | DS 14 | 0,02 § | - |

mR-R: intervalo R-R promedio; SDNN: Desviación estándar de los intervalos R-R normales; rMSSD: raíz cuadrada de las diferencias entre intervalos R-R sucesivos al cuadrado; pRR50: porcentaje de intervalos sucesivos mayores de 50 ms; DS: desviación estándar
 §Diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control y el aeróbico, y entre el grupo con sobrepeso y el aeróbico.
 Los rangos normales han sido tomados a partir del trabajo de Nunan y colaboradores (2010).

El análisis de la variabilidad cardíaca en el dominio de tiempo mostró que el grupo de entrenamiento aeróbico presentó una frecuencia cardíaca promedio significativamente menor ($p<0,01$) y un intervalo R-R ($p<0,05$) significativamente mayor con respecto a los grupos control y con sobrepeso. Además, la raíz cuadrada de las diferencias entre intervalos R-R sucesivos al cuadrado, conocida como rMSSD y el porcentaje de intervalos R-R sucesivos mayores de 50 ms (pRR50) también fueron significativamente mayores en ese grupo, en comparación con el grupo control y el grupo con sobrepeso ($p<0,05$).

Al analizar los componentes espectrales de la variabilidad cardíaca expresados en unidades normalizadas, se observan valores similares para los tres grupos. Aunque el grupo de sujetos entrenados aeróbicamente presentó los valores más bajos en el componente de baja frecuencia (BF) y los valores más altos en el de alta frecuencia (AF), estas diferencias no fueron estadísticamente significativas (Tabla 3).

Tabla 3. Componentes espectrales de la variabilidad cardíaca en hombres jóvenes en reposo

| Variable | Control | | Sobrepeso | | Aeróbico | | Valor p | Rango normal |
|--------------------------|---------|-----------|-----------|----------|----------|----------|----------|--------------|
| N | 11 | | 10 | | 12 | | | |
| BF(un) | 50,6 | DS 21,4 | 60,9 | DS 15,4 | 43,1 | DS 17,0 | 0,09 | 30-65 |
| AF(un) | 49,3 | DS 21,4 | 39 | DS 15,4 | 56,8 | DS 17,0 | 0,09 | 16-60 |
| BF(ms ²) | 461,2 | DS 588,3 | 156,1 | DS 138,7 | 558,0 | DS 449,7 | 0,015 * | 193-1009 |
| AF(ms ²) | 935,0 | DS 1680,4 | 87,0 | DS 75,8 | 727,1 | DS 582,4 | <0,001 * | 82-3630 |
| BF/AF (ms ²) | 1,5 | DS 1,3 | 2,0 | DS 1,3 | 0,3 | DS 0,5 | 0,02 § | 1,1-11,6 |

DS: Desviación estándar.
 *Diferencia estadísticamente significativa entre el grupo con sobrepeso y el grupo aeróbico.
 §Diferencia estadísticamente significativa entre el grupo control y el grupo aeróbico, y entre el grupo con sobrepeso y el grupo aeróbico.
 Los rangos normales han sido tomados a partir del trabajo de Nunan y colaboradores (2010).

Cuando se analizan los componentes espectrales de la variabilidad cardíaca expresados en ms² se observa que el cociente BF/AF fue significativamente menor en el grupo aeróbico en comparación con los grupos control y con sobrepeso. De otro lado, se observa que el grupo de sujetos entrenados aeróbicamente presenta valores significativamente superiores en los componentes de alta y baja frecuencia, cuando se le compara con el grupo con sobrepeso.

Mediante análisis de correlación bivariados realizados con todos los sujetos físicamente inactivos se encontró una relación inversa aunque moderada del IMC con el componente de AF (ms²) (r= -0,448) y con el poder fractal total (r= -0,556) (Tabla 4).

Tabla 4. Coeficientes de correlación de Spearman para las correlaciones del índice de masa corporal en hombres sanos no activos físicamente.

| | Correlación de Spearman | P |
|---|-------------------------|-------|
| AF (ms ²) | -0,448 | 0,042 |
| BF (ms ²) | 0,019 | 0,935 |
| Poder fractal total BF (ms ²) | -0,536 | 0,012 |

| | | |
|-------|-------|-------|
| BF/AF | 0,002 | 0,993 |
|-------|-------|-------|

Discusión

Este trabajo analizó el comportamiento de la VFC en reposo en tres grupos de hombres jóvenes con diferentes valores de índice de masa corporal y distintos niveles de condición física: un grupo control no activo físicamente y peso normal, un grupo no activo físicamente con sobrepeso/obesidad y un grupo de sujetos entrenados aeróbicamente. Como es de esperar por el diseño mismo del estudio, no hubo diferencias en la edad y la talla de los grupos, pero sí en el peso e IMC, siendo estas variables significativamente mayores en el grupo con sobrepeso.

Aunque la edad promedio del grupo con sobrepeso estuvo por encima de la de los otros dos grupos (26 vs. 21 años), la diferencia no es ni estadística ($p=0,3$) ni clínicamente significativa, puesto que ambas edades se encuentran dentro del rango de los adultos jóvenes y no se han descrito diferencias ni el IMC ni en la VFC atribuibles únicamente a la edad dentro de este grupo etáreo.

En el grupo de sujetos entrenados aeróbicamente, la frecuencia cardíaca promedio fue significativamente menor, y concordantemente, el intervalo R-R fue significativamente mayor con respecto a los grupos no activos físicamente. Este hallazgo es consistente con el fenómeno de bradicardia inducida por el ejercicio aeróbico (Aubert & Beckers, 2003; Martinelli et al., 2005; Yamamoto, Miyachi, Saitoh, Yoshioka & Onodera, 2001). Esta hace parte de un conjunto de adaptaciones que ocurren como consecuencia de la exposición al ejercicio de resistencia y que incluye también aumento de la masa y el volumen del ventrículo izquierdo e incremento del volumen sistólico, tanto en reposo como durante la actividad física (Pluim, Zwinderman, van der Laarse & van der Wall, 2000): un corazón que aún en reposo bombea más, se contrae con menor frecuencia. Así pues, la bradicardia en reposo hace parte de todo un espectro de adaptaciones “centrales” del músculo cardíaco al ejercicio de resistencia. En nuestros sujetos de estudio se observó también que aquellos entrenados aeróbicamente tienen una mayor variabilidad cardíaca, como lo demuestran valores significativamente superiores de rMSSD y pRR50, cuando se les compara con los individuos sedentarios. Es decir, que al menos en nuestro estudio la bradicardia inducida por el entrenamiento aeróbico puede explicarse también por cambios en el control autonómico de la frecuencia cardíaca.

Cuando las variables de dominio de tiempo se comparan con los rangos normales actualmente aceptados (Nunan, Sanderecock & Brodie, 2010) se encuentra que todos los valores observados en los tres grupos están dentro de lo esperado a partir de registros de variabilidad cardíaca de corta duración, excepto el valor de rMSSD en el grupo aeróbico, el cual estuvo por encima del rango de referencia, hecho que corrobora que los sujetos entrenados poseen una mayor VFC que aquellos sedentarios (Aubert, Beckers & Ramaekers, 2001). De manera similar, el análisis de los componentes espectrales de la VFC (dominio de frecuencia) mostró que también existen diferencias significativas en el cociente BF/AF entre los entrenados aeróbicamente (0,3; DS 0,5) y los grupos de hombres sedentarios (1,5; DS 1,3 en los controles con peso normal y 2,0; DS 1,3 en los sujetos con sobrepeso). De hecho, el BF/AF en los individuos entrenados se ubica incluso por debajo del rango de referencia (Nunan et al., 2010), lo que sugiere que el ejercicio aeróbico crónico y de alta intensidad que ejecutan los atletas de competencia resulta en cambios en la relación recíproca entre los tonos simpático y vagal. Estos resultados contrastan con los de Leicht y colaboradores (2003a, 2003b), quienes no encontraron efecto del entrenamiento aeróbico sobre el cociente BF/AF; sin embargo, sus resultados pueden explicarse, por un lado, por la duración del entrenamiento, que en ese caso fue de solo 12 semanas, y en el de nuestro estudio es de más de cuatro años; y por otro lado, por posibles diferencias en la carga de entrenamiento, que aunque en el caso de los estudios de Leicht fue controlada, no lo fue en el nuestro. Por lo anterior, únicamente podemos especular que aunque a corto término el entrenamiento aeróbico no genera cambios en el cociente BF/AF, es posible que a largo término sí resulte en una disminución significativa del mismo.

En cuanto a los componentes espectrales de AF y BF, se observó que los valores observados tanto en sujetos sedentarios como entrenados se encuentran dentro de los rangos normales (Nunan et al., 2010). Nuestros datos no muestran diferencias significativas en los componentes espectrales de la VFC entre los sujetos control de peso normal y los entrenados aeróbicamente, lo cual sugiere que el entrenamiento aeróbico a largo plazo no modifica los valores absolutos de los componentes de AF y BF sino su relación mutua, como ya se ha discutido en relación con el cociente BF/AF. Debido a que nuestros sujetos entrenados son representativos del efecto crónico del ejercicio aeróbico, no es posible a partir de nuestros datos hacer sugerencias con respecto al efecto a corto término que este tiene sobre los componentes espectrales de la VFC, como sí lo han hecho Sanderecock y colaboradores (2005).

En relación con el efecto del IMC sobre la variabilidad cardíaca, se llevaron a cabo análisis de correlación bivariados únicamente con los sujetos sedentarios con el fin

de eliminar el efecto de interacción que existe entre el peso corporal y el entrenamiento aeróbico. Nuestros análisis revelaron que el IMC se correlaciona de manera inversa tanto con el componente de AF como con el poder fractal total. Estos hallazgos son similares, incluso en la magnitud de la correlación, a los reportados recientemente por Schmid y colaboradores (Schmid, Schönlebe, Drexler & Mueck-Weymann, 2010), quienes estudiaron una muestra considerable de hombres jóvenes (1.000 sujetos).

Cuando se comparó el grupo de sujetos entrenados con el de sedentarios con sobrepeso, se observaron diferencias significativas en los componentes de AF y BF (ms^2), lo que sugiere que la interacción entre inactividad física y sobrepeso tiene un efecto sinérgico y deletéreo sobre la regulación autonómica de la frecuencia cardíaca. Aunque los cambios en el tono simpático asociados a la obesidad son importantes en la fisiopatología de la hipertensión arterial (Davy & Hall, 2004; Hall, 2003), al parecer los cambios a nivel autonómico se relacionan de forma directa con la grasa corporal total y la grasa visceral abdominal (Álvarez, Ballard, Beske & Davy, 2004; Davy & Orr, 2009). Por lo anterior, sería interesante determinar la relación entre estas y la VFC.

Limitaciones del estudio

Este estudio utilizó un diseño analítico de corte transversal que en sí mismo no permite concluir acerca del efecto del sobrepeso y la inactividad física sobre la VFC, sino que solo permite analizar el comportamiento observado en los grupos de estudio. Aunque nuestro tamaño muestral es limitado, los datos aquí presentados pueden servir para la aplicación de cálculos muestrales con base en pruebas piloto. Se propone también para futuros estudios la determinación del porcentaje de grasa corporal total, grasa abdominal y perímetro abdominal, con el fin de analizar la relación entre estas variables y la VFC.

Conclusiones

Los resultados sugieren que el entrenamiento aeróbico regular y a largo plazo se asocia a mayor variabilidad cardíaca y cambios en la relación recíproca que existe entre el tono simpático y el vagal. En sujetos sedentarios el IMC se correlaciona de manera inversa aunque moderada con el componente espectral de AF. Las diferencias observadas en los componentes espectrales de la VFC entre los sujetos entrenados aeróbicamente y los sedentarios con sobrepeso sugieren que la

inactividad física y el sobrepeso tienen un efecto deletéreo y al parecer sinérgico sobre el sistema nervioso autónomo.

Referencias

- Álvarez, G., Ballard, T., Beske, S. & Davy, K. (2004). Subcutaneous obesity is not associated with sympathetic neural activation. *American Journal of Physiology - Heart and Circulatory Physiology*, 287(1), H414-H418.
- Aubert, A. & Beckers, F. (2003). Heart Rate Variability in Athletes. *Sports Medicine*, 33, 889-919.
- Aubert, A., Beckers, F. & Ramaekers, D. (2001). Short-Term Heart Rate Variability in Young Athletes. *Journal of Cardiology*, 37(Suppl 1), 85-88.
- Capdevila, L., Rodas, G., Ocaña, M., Parrado, E., Pintanel, M. & Valero, M. (2008). Variabilidad de la frecuencia cardíaca como indicador de salud en el deporte: validación con un cuestionario de calidad de vida (SF-12). *APUNTS. Medicina de l'esport*, 158, 62-69.
- Davy, K. & Hall, J. (2004). Obesity and hypertension: two epidemics or one? *American Journal of Physiology - Regulatory, Integrative and Comparative Physiology*, 286 (5), R803-R813.
- Davy, K. & Orr, J. (2009). Sympathetic Nervous System Behavior in Human Obesity. *Neuroscience and Biobehaviour Reviews*, 33 (2), 116-124.
- ENSIN. (2005). *Encuesta nacional de la situación nutricional en Colombia* (Catalina Borda Villegas ed. Vol. Primera Edición). Bogotá: Panamericana Formas e Impresos, S.A.
- Hall, J. (2003). The Kidney, Hypertension, and Obesity. *Hypertension*, 41(2), 625-633.
- Hallal, P. C., Matsudo, S. M., Matsudo, V. K., Araujo, T. L., Andrade, D. R. & Bertoldi, A. D. (2005). Physical activity in adults from two Brazilian areas: similarities and differences. *Cadernos de Saude Publica*, 21(2), 573-580.
- Huikuri, H., Makikallio, T., Airaksinen, J., Seppanen, T., Puukka, P., Raiha, I. et al. (1998). Power-Law Relationship of Heart Rate Variability as a Predictor of Mortality in the Elderly. *Circulation*, 97, 2031-2036.
- Karason, K., Mølgaard, H., Wikstrand, J. & Sjöström, L. (1999). Heart rate variability in obesity and the effect of weight loss. *The American Journal of Cardiology*, 83, 1242-1247.
- Kim, J., Park, Y., Cho, K., Hong, M., Han, H., Choi, Y. et al. (2005). Heart Rate Variability and Obesity Indices: Emphasis on the Response to Noise and Standing. *Journal of the American Board of Family Practice*, 18 (2), 97-103.

- Kleiger, R., Miller, J., Bigger Jr, T. & Moss, A. (1987). Decreased heart rate variability and its association with increased mortality after acute myocardial infarction. *American Journal of Cardiology*, 59, 256-262.
- La Rovere, M., Bigger, J., Marcus, F., Mortara, A. & Schwartz, P. (1998). Baroreflex sensitivity and heart-rate variability in prediction of total cardiac mortality after myocardial infarction. *Lancet*, 351, 478-484.
- Leicht, A., Allen, G. & Hoey, A. (2003a). Influence of Age and Moderate-Intensity Exercise Training on Heart Rate Variability in Young and Mature Adults. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28 (3), 446-461.
- Leicht, A., Allen, G. & Hoey, A. (2003b). Influence of Intensive Cycling Training on Heart Rate Variability During Rest and Exercise. *Canadian Journal of Applied Physiology*, 28(6), 898-909.
- Martinelli, F. S., Chacon-Mikahil, M. P., Martins, L. E., Lima-Filho, E. C., Golfetti, R., Paschoal, M. A. et al. (2005). Heart rate variability in athletes and nonathletes at rest and during head-up tilt. *Brazilian Journal of Medicine and Biology Research*, 38 (4), 639-647.
- Ministerio de la Protección Social, M. (2009). *Encuesta Nacional de Salud 2007. Resultados Nacionales*. (1ra. ed.). Bogotá: Fundación Cultural Javeriana.
- Molfino, A., Fiorentini, A., Tubani, L., Martuscelli, M., Fanelli, F. R. & Laviano, A. (2009). Body mass index is related to autonomic nervous system activity as measured by heart rate variability. *European Journal of Clinical Nutrition*, 63, 1263-1265.
- Niskanen, J. P., Tarvainen, M. P., Ranta-Aho, P. O. & Karjalainen, P. A. (2004). Software for advanced HRV analysis. *Computational Methods and Programs in Biomedicine*, 76 (1), 73-81.
- Nunan, D., Sandercock, G. & Brodie, D. (2010). A Quantitative Systematic Review of Normal Values for Short-Term Heart Rate Variability in Healthy Adults. *PACE*, 33, 1407-1417.
- Pluim, B. M., Zwinderman, A. H., van der Laarse, A. & van der Wall, E. E. (2000). The Athlete's Heart : A Meta-Analysis of Cardiac Structure and Function. *Circulation*, 101(3), 336-344.
- Sandercock, G. R., Bromley, P. D. & Brodie, D. A. (2005). Effects of exercise on heart rate variability: inferences from meta-analysis. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 37 (3), 433-439.
- Schmid, K., Schönlebe, J., Drexler, H. & Mueck-Weymann, M. (2010). Associations between being overweight, variability in heart rate, and well-being in the young men. *Cardiology in the Young*, 20 (01), 54-59.

- Seabra, A. F., Mendonça, D. M., Thomis, M. A., Anjos, L. A. & Maia, J. A. (2008). Determinantes biológicos e sócio-culturais associados à prática de atividade física de adolescentes. *Cadernos de Saúde Pública*, 24, 721-736.
- Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. (1996). Heart Rate Variability : Standards of Measurement, Physiological Interpretation, and Clinical Use. *Circulation*, 93(5), 1043-1065.
- Vanhees, L., Lefevre, J., Philippaerts, R., Martens, M., Huygens, W., Troosters, T. et al. (2005). How to assess physical activity? How to assess physical fitness? *European Journal of Cardiovascular Prevention & Rehabilitation*, 12 (2), 102-114.
- World Health Organization. (2008). *2008-2013 action plan for the global strategy for the prevention and control of noncommunicable diseases*. Geneve WHO.
- Yamamoto, K., Miyachi, M., Saitoh, T., Yoshioka, A. & Onodera, S. (2001). Effects of endurance training on resting and post-exercise cardiac autonomic control. *Medicine and Science in Sports and Exercise*, 33 (9), 1496-1502.