

Monograph

Parámetros Ecocardiográficos en Atletas de Diferentes Deportes

Tomas Venckunas¹, Arimantas Lionikas^{1,2}, Jolanta E Marcinkeviciene³, Aleksandras Alekrinskis¹ y Arvydas Stasiulis¹

¹Department of Applied Physiology and Sports Medicine, Lithuania Academy of Physical Education, Kaunas, Lithuania.

³Institute of Cardiology, Kaunas University of Medicine, Kaunas, Lithuania.

RESUMEN

El deporte competitivo con frecuencia está asociado con una moderada hipertrofia del ventrículo izquierdo (LV), y se ha hipotetizado que el modo de entrenamiento y el tipo de ejercicio modula la adaptación cardíaca a largo plazo. El propósito de este estudio fue comparar la estructura y la función cardíaca entre atletas de diferentes deportes y controles sedentarios. Se llevó a cabo una ecocardiografía Doppler estándar transtorácica bidimensional en modo M con los sujetos en reposo entre los cuales se incluyeron hombres caucásicos remeros de canotaje/kayak (n = 9), corredores de larga distancia (LDR, n = 18), corredores de media distancia (MDR, n = 17), jugadores de básquetbol (BP, n = 31), ciclistas de ruta (n = 8), nadadores (n = 10), atletas de fuerza y potencia (n = 9) de similar edad (rango, 15 a 31 años) y experiencia de entrenamiento (4 a 9 años) y controles sedentarios saludables de la misma edad (n = 15). Los valores del espesor absoluto del septum interventricular (IVS) y del espesor de la pared del LV fueron mayores en los atletas que en los sujetos sedentarios, lo que no ocurrió con el diámetro del LV. La masa del ventrículo izquierdo de todos los atletas fue mayor que la de los sujetos de control, y el espesor relativo del ventrículo izquierdo solo fue mayor en los BP, nadadores, ciclistas y atletas de fuerza y potencia ($p < 0.05$). Entre los atletas, se observó un menor espesor del IVS en los MDR en comparación con los BP, ciclistas, nadadores y atletas de fuerza y potencia, mientras que los LDR tuvieron un mayor diámetro del LV ajustado por el tamaño corporal en comparación con los BP, ciclistas y atletas de fuerza y potencia. En conclusión, el diámetro relativo del LV parece ser mayor en los corredores de larga distancia que en los jugadores de básquetbol, ciclistas y atletas de fuerza y potencia. Aparentemente, el entrenamiento en deportes tales como el básquetbol, el ciclismo de ruta, los deportes de fuerza y potencia y la natación, está asociado con una mayor hipertrofia concéntrica del LV en comparación con el entrenamiento en deportes como el remo y las carreras de larga distancia.

Palabras Clave: hipertrofia de miocardio, ventrículo izquierdo, ecocardiografía, deportistas

INTRODUCCION

La participación regular en el deporte competitivo con frecuencia provoca una hipertrofia moderada del ventrículo izquierdo (LV), cuyo tipo y grado depende del volumen e intensidad del entrenamiento (Fagard, 2003; Pluim et al., 2000). Se ha sugerido que el entrenamiento con ejercicios isométricos de alta intensidad (anaeróbico, fuerza/potencia) resulta en una mayor hipertrofia concéntrica del LV, que está caracterizada por un incremento en la masa del LV conjuntamente con una aumentada relación entre el espesor de la pared del LV y el diámetro del LV (Haykowsky et al., 2002), mientras que el entrenamiento con ejercicios isotónicos (aeróbico, resistencia) resulta en un prominente agrandamiento del diámetro del LV (George et al., 1991; Morganroth et al., 1975; Pluim et al., 2000; Snoeckx et al., 1982).

Si bien algunos investigadores (Csanady and Gruber, 1984; Gates et al., 2004) han hallado evidencia de una adaptación cardíaca dicotómica entre los deportes de fuerza/potencia y los deportes de resistencia, esto no ha sido observado por otros grupos de investigadores (Haykowsky et al., 2000; 2002; Wernstedt et al., 2002; Whyte et al., 2004). Sin embargo, las diferencias en los índices ecocardiográficos observadas entre corredores de maratón, ciclistas y triatletas (Hoogsteen et al., 2004) y entre jugadores de handbol y remeros de canotaje/kayak (Gates et al., 2004) sugieren una adaptación específica del deporte. Asimismo, se ha propuesto que la adaptación de la estructura cardíaca al entrenamiento de resistencia depende del grupo de músculos involucrados en la actividad, i.e., extremidades superiores o inferiores (Csanady and Gruber, 1984; Gates et al., 2003, 2004). Sin embargo, la especificidad del patrón de hipertrofia cardíaca en respuesta a diferentes programas de entrenamiento sigue siendo controversial (Baggish et al., 2007; Barbier et al., 2006; Naylor et al., 2008) ya que muchos estudios no han encontrado evidencia de una adaptación cardíaca dicotómica incluso entre atletas de fuerza/potencia y atletas de resistencia (Haykowsky et al., 2000; 2002; Shapiro, 1984; Wernstedt et al., 2002; Whyte et al., 2004).

Para alcanzar una mayor comprensión acerca de la especificidad de la hipertrofia cardíaca, comparamos los índices ecocardiográficos de atletas de siete disciplinas deportivas diferentes y de controles sedentarios, prestando particular atención al patrón geométrico del miocardio. En la presente investigación decidimos estudiar a corredores de distancia y a ciclistas de ruta, que realizan un volumen mínimo de entrenamiento de fuerza pero que cubren un kilometraje substancial; a jugadores de básquetbol que entrenan y compiten principalmente con esfuerzos intermitentes predominantemente anaeróbicos (Balciunas and Stonkus, 2003); a nadadores, en cuyo caso la posición horizontal y la inmersión acuática durante el entrenamiento es dominante; a remeros que realizan predominantemente entrenamientos del tren superior tanto aeróbicos como anaeróbicos (Shephard, 1987; Tesch, 1983); y a atletas de fuerza/potencia, predominantemente de deportes de combate. Nuestra hipótesis fue que el modo de entrenamiento y el tipo de ejercicio puede afectar diferencialmente las características de la adaptación cardíaca.

METODOS

Sujetos

Un total de 117 hombres caucásicos de 20.3 (3.0) años (rango, 15-31) fueron voluntarios para participar en el estudio. Los procedimientos experimentales fueron aprobados por el comité de bioética regional, y todos los sujetos dieron su consentimiento informado por escrito para participar en el estudio, el cual estuvo de acuerdo con los lineamientos de la Declaración de Helsinki. Los corredores de larga distancia (n = 18) se especializaban en pruebas de 5000 m a la maratón, y los corredores de media distancia (n = 17) eran especialistas en pruebas de 800 a 1500 metros. Los ciclistas eran principalmente ciclistas de ruta; i.e., actividad de resistencia (aeróbica), mientras que los nadadores (n = 10) participaban en pruebas de velocidad o media distancia. Los remeros entrenaban para disciplinas Olímpicas, y tres de ellos se especializaban en canotaje. El grupo de atletas de fuerza/potencia (n = 9) consistió de atletas de deportes de combate (n = 5), levantamiento de pesas, lanzamiento de bala, rugby y patinaje artístico (n = 1 para cada deporte), cuya actividad deportiva consiste principalmente de movimientos explosivos y períodos de actividad de intensidad máxima o casi máxima.

Todos los atletas tenían un nivel similar, habiendo alcanzado reconocimientos a nivel nacional o internacional. Todos habían estado participando en su deporte por al menos tres años, y se encontraban en la fase activa de la temporada, entrenando en promedio, al momento del estudio, entre 6 (corredores, ciclistas y atletas de fuerza/potencia) y 10 (remeros, nadadores, BP) veces por semana.

Los sujetos que sirvieron de grupo control (n = 15) eran individuos sedentarios (participación deportiva o en entrenamientos no más de 2 horas por semana) y saludables de edad similar a los atletas. Las características antropométricas de todos los grupos se presenta en la Tabla 1.

	Grupo	n	Edad* (años)	Talla* (m)	Masa Corporal* (kg)	BMI* (kg/m ²)	BSA* (m ²)
1	LDR	18	21.2 (3.7)	1.79 (0.05)	67.8 (6.0)	21.1 (1.8)	1.85 (0.09)
2	MDR	17	20.4 (1.8)	1.82 (0.05)	69.0 (5.7)	20.9 (1.6)	1.89 (0.09)
3	Jugadores de Béisbol	31	19.0 (2.5)	1.94 (0.08) 1,2,4-8	86.3 (10.8) 1,2,4,8	22.8 (2.0) 1,2	2.18 (0.17) 1,2,4,5,8
4	Ciclistas	8	20.1 (3.7)	1.81 (0.06)	72.0 (7.3)	21.9 (1.6)	1.92 (0.12)
5	Nadadores	10	20.0 (3.7)	1.84 (0.11)	76.1 (10.2)	22.3 (1.4)	1.99 (0.2)
6	Remeros	9	18.4 (1.3)	1.85 (0.06)	82.4 (6.8) 1,2	24.1 (1.1) 1,2,4,5	2.07 (0.12) 1,2
7	Fuerza/potencia	9	21.8 (2.9) ^{3,6}	1.83 (0.06)	84.2 (11.9) 1,2	25.1 (2.3) 1-5	2.06 (0.17) 1,2
8	Controles	15	22.5 (1.8) ^{2,3,6}	1.81 (0.05)	74.6 (9.9)	22.7 (2.5)	1.94 (0.14)

Tabla 1. Edad y características antropométricas de los sujetos. Los datos son medias (\pm DE). LDR, corredores de larga distancia; n, tamaño de la muestra; DE, desviación estándar; MDR, corredores de media distancia; BMI, índice de masa corporal; BSA, área de superficie corporal. * El análisis de varianza ANOVA de una vía indicó un efecto significativo del grupo sobre esta variable ($p < 0.001$).^{1,2,3,4,5,6,7,8} Ubicación de las diferencias significativas ($p < 0.05$) arrojada por el test post hoc (prueba t ajustada para comparaciones múltiples) en la comparación de los grupos.

Ecocardiografía

Se utilizaron exámenes ecocardiográficos transtorácicos estándar para medir las dimensiones del LV al final de la diástole, tal como lo recomienda la Sociedad Americana de Ecocardiografía (Sahn et al., 1978). Los procedimientos experimentales se describen detalladamente en diversos artículos (Venckunas et al., 2006). Resumidamente, el mismo investigador, cardiólogo profesional, que desconocía el grupo de sujetos que estaba evaluando, realizó tres mediciones de cada parámetro, luego de lo cual se calculó su promedio. Previamente al estudio, se evaluó la variabilidad intra-observador a partir de mediciones tomadas en 35 ecocardiografías, con 10 días de diferencia. Los coeficientes de variación fueron menores al 5% en todas las mediciones ecocardiográficas (Vasiliauskas et al., 2006).

El espesor relativo de la pared ventricular (RWT) fue obtenido dividiendo la suma de la pared posterior del LV al final de la diástole (PWT) y el espesor del septum intraventricular (IVS) por el diámetro del LV. La masa del LV (en gramos) se calculó utilizando la siguiente ecuación (Devereux et al., 1986):

$$\text{Masa del LV} = 0.8 \{1.04 \times [(IVS + PWT + LVD)^3 - (LVD)^3]\} + 0.6$$

Donde LVD es el diámetro interno del LV (en cm al final de la diástole). La velocidad pico (m/s) de llenado diastólico temprano (E) y tardío (A) se midieron utilizando el pulso Doppler, y se calculó la relación E/A.

Se les pidió a los sujetos que completaran un cuestionario indicando su experiencia de entrenamiento (atletas) y su edad. Se midió la masa corporal y la talla de los sujetos, y se calculó el área de superficie corporal (BSA) aplicando una ecuación estándar (Du Bois and Du Bois, 1916)

Análisis Estadístico

Los análisis estadísticos se llevaron a cabo utilizando el paquete estadístico SPSS 11.0. Se utilizó el test de Kolmogorov-Smirnov para valorar la normalidad de la distribución de los datos. Este análisis indicó que los valores del BMI, diámetro del LV, PWT, masa del LV, RWT, E y A no se desviaron de la normalidad (test de Kolmogorov-Smirnov; $p < 0.05$). La masa corporal, la talla, la BSA y el IVS se aproximaron a la normalidad, i.e., el sesgo y la curtosis estuvieron en el rango de -1 a 1 (estas variables no fueron transformadas, ya que la transformación no mejoraría su distribución). La variable E/A no se desvió de la normalidad luego de la transformación por la raíz cuadrada y la edad se aproximó a la normalidad luego de la transformación log. Para evaluar el efecto del grupo (8 niveles) se utilizó el análisis de varianza de 1 vía. Para ubicar las diferencias entre los grupos se utilizó la prueba t para muestras independientes realizando el ajuste apropiado para comparaciones múltiples (corrección de Bonferroni). Los valores se presentan como medias \pm desviaciones estándar. Las asociaciones entre las variables se determinaron utilizando el análisis de correlación de Pearson.

RESULTADOS

Las características antropométricas de los sujetos estuvieron significativamente influenciadas por la variable de agrupamiento (Tabla 1). Como se esperaba, los jugadores de básquetbol fueron los más altos de todos los grupos, y más pesados que los corredores, ciclistas o controles ($p < 0.05$). Los corredores de distancia tuvieron una menor masa corporal, un menor índice de masa corporal y una menor BSA en comparación con los remeros y los atletas de fuerza/potencia.

No se evidenciaron cambios patológicos tanto en la estructura como en la función del miocardio durante la examinación ecocardiográfica de los sujetos. El análisis de los datos crudos indicó que la mayoría de los parámetros ecocardiográficos estructurales y funcionales del LV se vieron significativamente influenciados por la variable de agrupamiento. Sin embargo, no se evidenció un efecto del grupo sobre el diámetro absoluto del LV. Los índices de la morfología del LV y los parámetros de la función diastólica de todos los grupos se presentan en la Tabla 2.

Grupo	n	diam LV (mm)	IVS [†] (mm)	PWT [†] (mm)	masa LV [†] (g)	diam-res LV ^{†‡} (mm)	E [*] (m/s)	A [†] (m/s)
1 LDR	18	55.9 (2.4)	10.7 (1.5)	10.7 (1.3)	241(44)	56.9 (2.1) ^{3,4,7,8}	0.771 (0.078)	0.461 (0.058)
2 MDR	17	54.4 (3.2)	10.1 (1.1) ^{3,4,5,7}	10.5 (0.9)	219(32)	55.2 (2.9)	0.817 (0.081)	0.441 (0.059)
3 BP	31	54.8 (3.5)	11.4 (0.8)	11.2 (1.1)	252(42)	53.6(3.3)	0.838 (0.171) ⁽ⁿ⁼²³⁾	0.436 (0.094) ⁽ⁿ⁼²³⁾
4 Ciclistas	8	53.2 (3.1)	11.7 (0.9)	11.2 (0.3) ²	244(29)	53.8(2.8)	0.868 (0.148)	0.505 (0.085)
5 Nadadores	10	54.7 (4.1)	11.4 (0.8)	11.1 (0.8)	249(33)	54.8 (3.5)	0.861 (0.125)	0.483 (0.086)
6 Remeros	9	56.6 (2.9)	11.0 (1.2)	10.8 (1.1)	252(40)	56.2(2.9)	0.788 (0.086)	0.403 (0.065)
7 Fuerza/Potencia	9	54.0 (3.6)	11.5 (0.6)	11.0 (0.4)	243(33)	53.6(2.6)	0.833 (0.091)	0.553 (0.100) ^{1,2,3,4,8}
8 Controles	15	52.8 (3.1)	9.1 (0.6) ¹⁻⁷	9.7 (0.8) ^{3,4,5,7}	184 (32) ¹⁻⁷	53.2(2.8)	0.714 (0.095) ^{2,3,4,5,7}	0.430 (0.072)

Tabla 2. Características cardíacas en los grupos de atletas y en los sujetos sedentarios. Los datos son medias (\pm DE). LV: ventrículo izquierdo; diam: diámetro; IVS: espesor del septum interventricular al final de la diástole; PWT: espesor de la pared posterior del ventrículo izquierdo al final de la diástole; E: velocidad pico de llenado diastólico temprano; A: velocidad pico de llenado diastólico tardío; LDR: corredores de larga distancia; n: tamaño de la muestra (si se utilizó una submuestra para alguna variable, n se indica entre paréntesis). BP: jugadores de básquetbol; MDR: corredores de media distancia. ^oResiduales no estandarizados sobre la BSA adicionados a la media del diámetro del LV en todos los grupos. ^{*}El análisis de varianza ANOVA de una vía indicó un efecto significativo del grupo sobre esta variable ($p < 0.05$). [†]El análisis de varianza ANOVA de una vía indicó un efecto significativo del grupo sobre esta variable ($p < 0.01$). [‡]El análisis de varianza ANOVA de una vía indicó un efecto significativo del grupo sobre esta variable ($p < 0.001$). ^{1,2,3,4,5,6,7,8} - Ubicación de las diferencias significativas ($p < 0.05$) mediante el test post hoc.

Todos los parámetros estructurales (con excepción del diámetro ajustado del LV) y funcionales (con excepción de la relación E/A) de los sujetos del grupo control fueron diferentes a los observados en uno o más grupos de atletas. Los sujetos sedentarios tuvieron un menor IVS y una menor masa del LV que cualquiera de los grupos de atletas evaluados, y exhibieron un menor valor de la pared posterior del LV que los jugadores de básquetbol, ciclistas, nadadores y atletas de fuerza/potencia. Además, se hallaron diferencias significativas entre los grupos de atletas con respecto al IVS (Tabla 2). Los corredores de media distancia tuvieron un menor espesor del IVS ($p < 0.05$) en comparación con los jugadores de básquetbol, los ciclistas de ruta, los nadadores y los atletas de fuerza/potencia, y exhibieron una pared posterior más delgada que los ciclistas ($p < 0.05$).

Se halló un efecto significativo del grupo ($p < 0.001$) sobre el RWT. En comparación con el grupo control, el RWT fue mayor en todos los grupos de atletas con excepción de los corredores de distancia y los remeros, mientras que no se observaron diferencias significativas en el RWT entre los grupos de atletas (Figura 1).

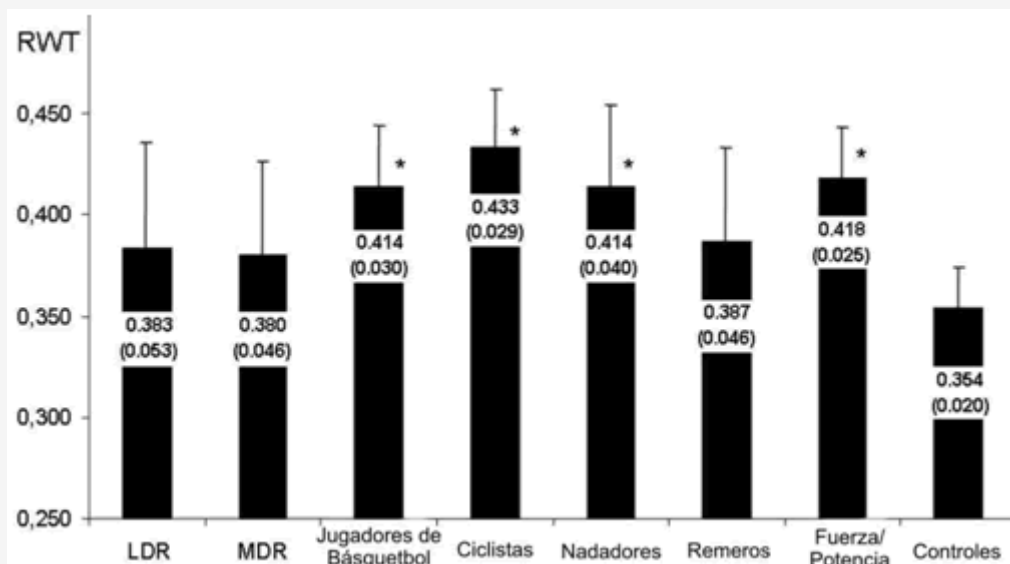


Figura 1. Espesor relativo de la pared cardíaca (RWT) en atletas y sujetos sedentarios. LDR: corredores de larga distancia; MDR: corredores de media distancia. El gráfico muestra los valores medios y sus desviaciones estándar. *Significativamente mayor que el grupo control ($p < 0.05$)

El análisis de los índices lusitrópicos (E, A o E/A) indicó que la relación E/A fue mayor en los BP en comparación con los atletas de fuerza/potencia ($p < 0.05$). Los atletas de fuerza/potencia también exhibieron una mayor velocidad pico de llenado diastólico tardío (A) que la mayoría de los grupos (Tabla 2). Para evaluar si estas diferencias se veían influidas por la edad (Tabla 1), se incluyó como covarianza en otro análisis de varianza ANOVA de una vía. El efecto del grupo sobre la relación E/A y sobre A mantuvieron su significancia, lo cual no ocurrió con E, lo cual significa que los efectos de las anteriores variables no eran solamente una influencia asociada con la edad.

El análisis de correlación indicó que el IVS, el diámetro del LV, el PWT y la masa del LV se correlacionaron significativamente con la BSA ($r = 0.325, 0.368, 0.263$ y 0.445 , respectivamente; todas $p < 0.05$). Este hallazgo sugiere que las variables del tamaño cardíaco son afectadas por el tamaño corporal. Para eliminar el efecto de confusión del tamaño corporal se llevaron a cabo dos análisis diferentes: (1) se generaron residuales para el IVS, diámetro del LV, PWT y masa del LV sobre el BSA, y (2) los valores del IVS; del diámetro del LV, y del PWT se dividieron por la raíz cuadrada de la BSA, y la masa del LV por la BSA. Posteriormente, las variables derivadas fueron sujetas al análisis de varianza ANOVA de una vía.

Ambos procedimientos de ajuste dieron resultados similares; el efecto del grupo se mantuvo para las variables IVS, PWT y masa del LV, en donde los sujetos sedentarios exhibieron menores valores que los atletas (no se muestra). Los valores de la masa del ventrículo izquierdo fueron similares entre los grupos de atletas, pero se observó un efecto del grupo ($p < 0.01$) sobre el diámetro del LV, revelando una cámara más voluminosa del LV en los sujetos del grupo LDR - el diámetro indexado del LV en estos sujetos fue mayor que el observado en los jugadores de básquetbol, ciclistas, atletas de fuerza/potencia y controles sedentarios (Tabla 2, Figura 2). Además, se halló que el PWT era significativamente mayor en los corredores de distancia en comparación con los sujetos de control ($p < 0.05$), y se observó que los ciclistas tenían una pared del miocardio de mayor espesor que los sujetos del grupo BP ($p < 0.05$, no se muestra).

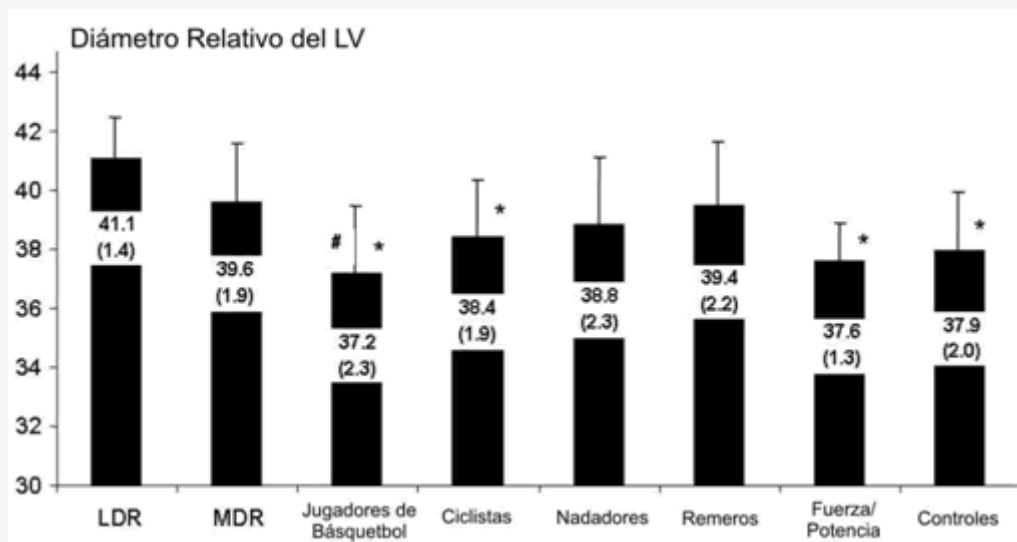


Figura 2. Diámetro relativo del ventrículo izquierdo (i.e., diámetro absoluto del ventrículo izquierdo dividido por la raíz cuadrada del área de superficie corporal) en atletas y sujetos sedentarios. LDR: corredores de larga distancia; MDR: corredores de media distancia. El gráfico muestra los valores medios y sus desviaciones estándar. *Significativamente menor que en el grupo de corredores de larga distancia ($p < 0.05$). # Significativamente menor que en el grupo de corredores de media distancia ($p < 0.05$)

DISCUSION

Los resultados del presente estudio respaldan la noción de que el ejercicio regular induce la hipertrofia del miocardio, y que puede manifestarse por el ensanchamiento de la pared del LV y por la dilatación de la cavidad del LV en atletas jóvenes. El primero de los aspectos de la adaptación cardíaca se observó en todos los atletas mientras que el segundo fue específico de los corredores de distancia.

Estudios ecocardiográficos previos sugieren que el tipo de hipertrofia de miocardio depende del tipo de entrenamiento deportivo, e.g., se observa un incremento preferencial en el diámetro del LV en los atletas de resistencia, mientras que en los atletas de fuerza se observa un incremento preferencial en el espesor del LV (Morganroth et al., 1975; Snoeckx et al., 1982). Sin embargo, estudios posteriores no respaldan la dicotomía de los patrones estructurales cardíacos entre los atletas de diferentes deportes. Por ejemplo, incluso el entrenamiento de la fuerza de alta intensidad cuyo objetivo es el incremento de la masa muscular, la fuerza o la potencia no necesariamente resultará en un ensanchamiento de la pared cardíaca (Bertovic et al., 1999; Haykowsky et al., 2002; Pelliccia et al., 1993; Wernstedt et al., 2002; Whyte et al., 2004) o la estructura miocárdica de los atletas de fuerza/potencia diferirá de la observada en atletas de resistencia (Legaz Arrese et al., 2005; Pelliccia et al., 1999; Urhausen and Kindermann, 1999; Wernstedt et al., 2002; Whyte et al., 2004). Si bien todos los grupos de atletas de nuestro estudio exhibieron valores similares de la masa del LV, ciertas diferencias específicas del deporte en los parámetros ecocardiográficos sugieren la posibilidad de que exista una respuesta genérica al ejercicio (un incremento en la masa cardíaca) (Barbier et al., 2006; George et al., 1991; Shapiro, 1984), con algunos efectos específicos sobre diversas características cardíacas estructurales o funcionales (Barbier et al., 2006). Si bien el incremento en la masa del miocardio puede estar influenciado por el incremento inducido por el ejercicio en las hormonas anabólicas (Cumming et al., 1986; Vogel et al., 1985), los mecanismos subyacentes a las influencias específicas del deporte siguen siendo desconocidos.

El incremento en la masa del miocardio debido tanto a la dilatación de la cavidad cardíaca como al ensanchamiento de las paredes es un hallazgo común entre los corredores de resistencia (Fagard, 2003; Pluim et al., 2000). Se cree que el incremento en la carga cardíaca durante el ejercicio es el estímulo para la adaptación cardíaca en los atletas de resistencia. Además, se ha propuesto que el incremento en el diámetro del LV puede deberse al estiramiento del miocardio en reposo en respuesta al prolongado tiempo de llenado asociado con la bradicardia (Rowell, 1986). Se cree que la dilatación del ventrículo se produce por la elongación de los miocitos cardíacos (George et al., 1991). En el presente estudio, los corredores de larga distancia (pero no los corredores de media distancia) tuvieron un mayor diámetro relativo del LV en comparación con los jugadores de básquetbol, los ciclistas, los atletas de fuerza/potencia y los sujetos de control (Tabla 2). El hecho de que los corredores de media distancia no difirieran significativamente de los corredores de larga

distancia, puede estar relacionado con las diferencias en la duración del estímulo de entrenamiento entre los corredores de media y larga distancia, ya que se ha mostrado que los maratonistas entrenan más tiempo que los corredores de media distancia del mismo nivel de rendimiento (Venckunas et al., 2005). De esta manera, nuestra observación es consistente con la hipótesis de que el incremento en la sobrecarga cardíaca inducido por el ejercicio estimula la dilatación del miocardio e indica que la duración del estímulo es un factor importante respecto del incremento en las dimensiones de la cámara del ventrículo izquierdo.

Debido a la técnica específica de los remeros, esta disciplina provoca altas demandas de capacidad aeróbica y anaeróbica en la musculatura del tren superior (Shephard, 1987; Tesch, 1983) mientras que el tren inferior se ve mucho menos involucrado. Este desbalance de requerimientos entre el tren superior e inferior hace que haya un contraste entre este deporte y los otros deportes incluidos en este estudio, proveyendo un modelo para explorar si la utilización preferencial de diferentes grupos musculares desempeña un rol importante en la adaptación cardíaca. Diversos estudios han reportado mayores valores de la pared cardíaca en remeros de elite en comparación con los atletas de la mayoría de los otros deportes (Csanady and Gruber, 1984; Pelliccia et al., 1991; Pluim et al., 2000). Sin embargo, en nuestro estudio el grupo de remeros de alto rendimiento no mostró mayores valores del espesor de la pared del LV ni difirió de los otros grupos de atletas en ninguno de los parámetros de la morfología cardíaca. Otros estudios ecocardiográficos tampoco han observado diferencias en el espesor de la pared del miocardio entre remeros y atletas de resistencia (Iglesias Cubero et al., 2000; Pelliccia et al., 1999; Whyte et al., 2004). Por lo tanto, estos hallazgos no respaldan la hipótesis de que existen diferencias marcadas en la adaptación del LV al ejercicio realizado con las extremidades superiores vs las extremidades inferiores, aunque hay que reconocer que la detección de sutiles variaciones podría verse limitada por la utilización de una muestra pequeña. Una posible explicación de la discrepancia entre los resultados de diferentes estudios puede relacionarse con la variación en el régimen de entrenamiento (parte de la temporada, especificidad) y a las frecuentes limitaciones estadísticas para detectar sutiles diferencias.

CONCLUSION

La mayoría de los parámetros ecocardiográficos fueron similares entre los atletas de los diferentes deportes. Los atletas exhibieron un mayor espesor de la pared del ventrículo izquierdo, pero no un mayor diámetro absoluto que los sujetos de control. Sin embargo, el diámetro del ventrículo izquierdo ajustado por el tamaño corporal fue mayor en los corredores de larga distancia que en los sujetos de control, jugadores de básquetbol, ciclistas y atletas de fuerza/potencia. El espesor relativo de la pared del ventrículo izquierdo no fue diferente en los corredores de larga distancia y los remeros, pero fue mayor en los jugadores de básquetbol, nadadores, ciclistas y atletas de fuerza/potencia. Los resultados del presente estudio sugieren que la dilatación de la cámara del ventrículo izquierdo está limitada a aquellos deportistas que realizan deportes de resistencia en los que se realizan movimientos dinámicos tales como los corredores de larga distancia, mientras que el ensanchamiento de la pared del miocardio es estimulado por aquellas actividades deportivas que involucran grandes grupos musculares. Para comprender los mecanismos subyacentes al agrandamiento del miocardio en deportistas, los estudios futuros deberían investigar las peculiaridades de los parámetros diastólicos y sistólicos, y los parámetros de la circulación coronaria durante la realización aguda de diferentes tipos de ejercicios (e.g., ejercicios con sobrecarga vs actividades de resistencia), así como también estudiar y comparar la respuesta de la morfofunción cardíaca al ejercicio en atletas de diferentes deportes.

Palabras Clave

- El tipo de hipertrofia cardíaca parece ser solo moderadamente específica del tipo de ejercicio
- Los corredores de larga distancia desarrollan una mayor dilatación del ventrículo izquierdo en comparación con los jugadores de básquetbol, ciclistas y atletas de fuerza/potencia
- El ensanchamiento de la pared del miocardio es estimulado por diferentes actividades deportivas que involucran grandes grupos musculares.

REFERENCIAS

1. Baggish, A.L., Wang, F., Weiner, R.B., Elinoff, J.M., Tournoux, F., Boland, A., Picard, M.H., Hutter, A.M. and Wood, M.J (2007). Training-specific changes in cardiac structure and function: a prospective and longitudinal assessment of competitive athletes. *Journal of Applied Physiology* Dec 20 (Epub ahead of print)

2. Balciunas, M. and Stonkus, S (2003). Analysis of predominant intensity of physical load in basketball players of different ages during competition and training. *Human Movement* 2, 17-21
3. Barbier, J., Ville, N., Kervio, G., Walther, G. and Carre, F (2006). Sports-specific features of athletes heart and their relation to echocardiographic parameters. *Herz* 31, 531-543
4. Bertovic, D.A., Waddell, T.K., Gatzka, C.D., Cameron, J.D., Dart, A.M. and Kingwell, B.A (1999). Muscular strength training is associated with low arterial compliance and high pulse pressure. *Hypertension* 33, 1385-1391
5. Csanady, M. and Gruber, N (1984). Comparative echocardiographic study in leading canoe-kayak and handball sportsmen. *Cor et Vasa* 226, 32-37
6. Cumming, D.C., Brunsting, L.A. 3rd, Strich, G., Ries, A.L. and Rebar, R.W (1986). Reproductive hormone increases in response to acute exercise in men. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 18, 369-373
7. Devereux, R.B., Alonso, D.R., Lutas, E.M., Gottlieb, G.J., Campo, E., Sachs, I. and Reichek, N (1986). Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *The American Journal of Cardiology* 57, 450-458
8. Du Bois, D. and Du Bois, E.F (1916). A formula to estimate approximate surface area if height and weight be known. *Archives of Internal Medicine* 17, 129-171
9. Fagard, R.H (2003). Athletes heart. *Heart* 89, 1455-1461
10. Gates, P.E., Campbell, I.G. and George, K.P (2004). Concentric left ventricular morphology in aerobically trained kayak canoeists. *Journal of Sports Sciences* 22, 859-865
11. Gates, P.E., George, K.P. and Campbell, I.G (2003). Concentric adaptation of the left ventricle in response to upper body exercise training. *Journal of Applied Physiology* 94, 549-554
12. George, K.P., Wolfe, L.A. and Burggraf, G.W (1991). The athletic heart syndrome. A critical review. *Sports Medicine* 11, 300-330
13. Haykowsky, M.J., Dressendorfer, R., Taylor, D., Mandic, S. and Humen, D (2002). Resistance training and cardiac hypertrophy: unravelling the training effect. *Sports Medicine* 32, 837-849
14. Haykowsky, M.J., Teo, K.K., Quinney, A.H., Humen, D.P. and Taylor, D.A (2000). Effects of long term resistance training on left ventricular morphology. *The Canadian Journal of Cardiology* 16, 35-38
15. Hoogsteen, J., Hoogeveen, A., Schaffers, H., Wijn, P.F., van Hemel, N.M. and van der Wall, E.E (2004). Myocardial adaptation in different endurance sports: an echocardiographic study. *The International Journal of Cardiovascular Imaging* 20, 19-26
16. Iglesias Cubero, G., Batalla, A., Rodriguez Reguero, J.J., Barriales, R., Gonzalez, V., de la Iglesia, J.L. and Terrados, N (2000). Left ventricular mass index and sports: the influence of different sports activities and arterial blood pressure. *International Journal of Cardiology* 75, 261-265
17. Legaz Arrese, A., Serrano Ostariz, E., Gonzalez Carretero, M. and Lacambra Blasco, I (2005). Echocardiography to measure fitness of elite runners. *Journal of the American Society of Echocardiography* 18, 419-426
18. Morganroth, J., Maron, B.J., Henry, W.L. and Epstein, S.E (1975). Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Annals of Internal Medicine* 82, 521-524
19. Pelliccia, A., Maron, B.J., De Luca, R., Di Paolo, F.M., Spataro, A. and Culasso, F (1999). Physiological left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Annals of Internal Medicine* 130, 23-31
20. Naylor, L.H., George, K., O'Driscoll G. and Green, D.J (2008). The athletes heart: A contemporary appraisal of the Morganroth Hypothesis. *Sports Medicine* 38, 69-90
21. Pelliccia, A., Maron, B.J., Spataro, A., Proschan, M.A. and Spirito, P (1991). The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *The New England Journal of Medicine* 324, 295-301
22. Pelliccia, A., Spataro, A., Caselli, G. and Maron, B.J (1993). Absence of left ventricular wall thickening in athletes engaged in intense power training. *The American Journal of Cardiology* 72, 1048-1054
23. Pluim, B.M., Zwinderman, A.H., van der Laarse, A. and van der Wall, E.E (2000). The athletes heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* 101, 336-344
24. Rowell, L.B (1986). Cardiovascular adaptations to chronic physical activity and inactivity. *Human circulation: regulation during physical stress*. New York: Oxford University Press. 257-286
25. Sahn, D.J., DeMaria, A., Kisslo, J. and Weyman, A (1978). Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 58, 1072-1083
26. Shapiro, L.M (1984). Physiological left ventricular hypertrophy. *British Heart Journal* 52, 130-135
27. Shephard, R (1987). Science and medicine of canoeing and kayaking. *Sports Medicine* 4, 19-33
28. Snoeckx, L.H., Abeling, H.F., Lambregts, J.A., Schmitz, J.J., Verstappen, F.T. and Reneman, R.S (1982). Echocardiographic dimensions in athletes in relation to their training programs. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 14, 428-434
29. Tesch, P.A (1983). Physiological characteristics of elite kayak paddlers. *Canadian Journal of Applied Sport Sciences* 8, 87-91
30. Urhausen, A. and Kindermann, W (1999). Sports-specific adaptations and differentiation of the athletes heart. *Sports Medicine* 28, 237-244
31. Vasiliauskas, D., Venckunas, T., Marcinkeviciene, J. and Bartkeviciene, A (2006). Development of structural cardiac adaptation in basketball players. *European Journal of Cardiovascular Prevention and Rehabilitation* 13, 985-989
32. Venckunas, T., Raugaliene, R. and Jankauskiene, E (2005). Structure and function of distance runners heart. *Medicina (Kaunas)* 41, 685-692
33. Venckunas, T., Stasiulis, A. and Raugaliene, R (2006). Concentric myocardial hypertrophy after one year of increased training volume in experienced distance runners. *British Journal of Sports Medicine* 40, 706-709
34. Vogel, R.B., Books, C.A., Ketchum, C., Zauner, C.W. and Murray, F.T (1985). Increase of free and total testosterone during submaximal exercise in normal males. *Medicine and Science in Sports and Exercise* 17, 119-123
35. Wernstedt, P., Sjostedt, C., Ekman, I., Du, H., Thuomas, K.A., Areskog, N.H. and Nylander, E (2002). Adaptation of cardiac morphology and function to endurance and strength training. A comparative study using MR imaging and echocardiography in males and females. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports* 12, 17-25
36. Whyte, G.P., George, K., Sharma, S., Firoozi, S., Stephens, N., Senior, R. and McKenna, W.J (2004). The upper limit of

physiological cardiac hypertrophy in elite male and female athletes: the British experience. *European Journal of Applied Physiology* 92, 592-597

Cita Original

Tomas Venckunas, Arimantas Lionikas, Jolanta E. Marcinkeviciene, Rasa Raugaliene, Aleksandras Alekrinskis and Arvydas Stasiulis. Echocardiographic Parameters In Athletes Of Different Sports. *Journal of Sports Science and Medicine* (2008) 7, 151 - 156