

Estudio de la función ventricular izquierda con eco-Doppler cardíaco y Doppler tisular en deportistas y sedentarios: correlación con la capacidad aeróbica máxima

RUBÉN H. ÁLVAREZ¹, F. PEDRO MOLLÓN*, ROLANDO E. MÓNACO¹, DANIEL VILLA²

RESUMEN

Objetivo

Evaluar la función ventricular izquierda (VI) sistodiastólica en reposo entre deportistas y sedentarios y su relación con la capacidad aeróbica máxima al esfuerzo (CAM_{max}).

Material y métodos

Se estudiaron dos grupos: G1, deportistas: 35 hombres, jugadores de rugby, edad 25 ± 7 años y G2, sedentarios: 22 hombres, edad 27 ± 7 años. A todos se les efectuó eco-Doppler cardíaco en reposo y ergometría máxima. Se midieron: a) variables de composición corporal, b) dimensiones y variables de función VI sistodiastólica mediante ecocardiografía Doppler y Doppler pulsado tisular y c) variables ergométricas en reposo, máximo esfuerzo y recuperación, incluido consumo máximo de O₂ indirecto (VO₂Máx).

Resultados

El G1 presentó valores superiores en peso, superficie corporal, índices de función sistólica y alcanzó una CAM_{max} mayor en la ergometría ($p < 0,05$). No hubo diferencias en los índices de función diastólica y masa VI. El análisis univariado demostró correlación significativa del VO₂Máx con la relación E/A y con la onda E tisular en deportistas. La regresión múltiple encontró relación lineal entre el VO₂Máx y la E tisular en el mismo grupo ($p < 0,05$).

Conclusiones

La función sistólica VI en el grupo de deportistas mostró mejor eficiencia contráctil que el grupo de sedentarios, a expensas del aumento de la precarga, sin presentar cambios de significancia en la masa ventricular. La función diastólica fue similar en ambas poblaciones. La onda Et del Doppler pulsado tisular en reposo resultó ser la única variable predictora de la CAM_{max} alcanzada por los deportistas en el esfuerzo, lo cual confirma la importancia del componente diastólico miocárdico en el ejercicio.
REV ARGENT CARDIOL 2005;73:119-125.

Recibido: 4/10/2004

Aceptado: 1/2/2005

Dirección para separatas:

Dr. Rubén H. Álvarez

Las Heras 665 - (6700) Luján

(Pcia. de Bs. As.) - Argentina

E-mail:

tinalvarez@s6.coopenet.com.ar

Palabras clave

> Ecocardiografía - Función ventricular izquierda - Doppler tisular - Deportistas - Capacidad aeróbica máxima

INTRODUCCIÓN

La actividad física continua demostró que provoca cambios de diferente magnitud en las condiciones estructurales y funcionales cardíacas. (1-3) Se han descrito aumentos de la masa miocárdica, dimensiones y volúmenes del corazón, variaciones de los índices de función ventricular izquierda (VI), adaptaciones éstas relacionadas con diferentes actividades deportivas. (4-7) El eco-Doppler cardíaco (EDC) y el Doppler pulsado tisular (DPT) permitieron el estudio exhaustivo de las modificaciones cardíacas generadas por el ejercicio. (8, 9) El presente trabajo se llevó a

cabo con el objetivo de evaluar la función VI sistodiastólica en deportistas en reposo y analizar su relación con la capacidad aeróbica máxima al esfuerzo (CAM_{max}) y comparar los resultados con individuos sedentarios.

MATERIAL Y MÉTODOS

Población

Se estudiaron 57 varones sanos divididos en dos grupos: grupo 1 (G1) deportistas, integrado por 35 jugadores de rugby, edad 25 ± 7 años y grupo 2 (G2) formado por 22 sedentarios normales, edad 27 ± 7 años. Los deportistas practicaban

Cardiolab Luján, Clínica Güemes, Universidad Nacional de Luján

*Miembro Titular SAC

¹ Para optar a Miembro Titular SAC

¹ Médico Cardiólogo

² Docente de Estadística Universidad Nacional de Luján

rugby durante los últimos 4 años y realizaban entrenamiento tres veces por semana. El G2 estaba constituido por concurrentes a exámenes prelaborales, quienes no realizaban actividad física o deportiva continuada. Se efectuaron examen clínico, electrocardiograma, medición de frecuencia cardíaca (FC), presión arterial en reposo y esfuerzo, talla, peso, superficie corporal (SC), índice de masa corporal (IMC), EDC y DPT en reposo y ergometría máxima con cicloergómetro.

Ecocardiograma Doppler

Se utilizó un ecocardiógrafo Vingmed CFM 750 y las mediciones se efectuaron de acuerdo con las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía. (10) La masa VI (MVI) se calculó con la fórmula de Devereux (11) y el índice de masa VI (IMVI) del cociente con la SC. La relación espesor/radio (E/R) surge del cociente entre la pared posterior (PPD) \times 2 y el radio diastólico del VI, la fracción de acortamiento (FAC) como el porcentaje de cambio de los diámetros VI en sístole y diástole (DDVI, DSVI). Para los volúmenes del VI se aplicó la fórmula de Teicholz, de los cuales se derivó la fracción de eyección (Fey). La velocidad de acortamiento circunferencial (VAC) se calculó con la fórmula FAC / período eyección aórtico, el volumen sistólico (VS) se obtuvo multiplicando el área de sección transversal del tracto de salida del VI por la integral de velocidad del flujo en ese nivel, (12) el índice de volumen sistólico (IVS) por el cociente VS/SC, el índice de estrés de fin de sístole (ISFS) por la fórmula de Quiñones (13) y el índice de Tei (ITei) se calculó de acuerdo con la descripción de su autor. (14)

La función diastólica se evaluó con la medición de velocidad de ondas E y A del llenado ventricular (Em y Am), relación E/A, tiempo de desaceleración (TD), tiempo de relajación isovolumétrica (TRIV), duración de la onda A (DurA), velocidad de ondas "a", "s" y "d" del flujo de venas pulmonares (VPs, VPd y VPd), duración de VPd (DurVPd) y relación VPs/VPd. Para el DPT se ajustaron los filtros a un Nyquist adecuado, con disminución de la ganancia al mínimo óptimo. El volumen de muestra se ubicó en la unión de la pared lateral del VI con el anillo mitral en 4 cámaras apical y se midió la velocidad de las ondas S, E y A tisulares y relación Et/At (St, Et, At y Et/At) tomando como valores normales los descriptos por Waggoner (15) y la relación Em/Et como estimación de las presiones de llenado VI. (16) Los estudios se grabaron en vídeo y el análisis y las mediciones promediadas de 3 a 5 ciclos cardíacos fueron realizadas por dos ecocardiografistas experimentados.

Ergometría

Se efectuó prueba ergométrica con cicloergómetro Kettler electrónico y protocolo escaleriforme continuo, con 3 minutos de precalentamiento sin carga y etapas crecientes de 50 Watts cada 2 minutos a 60 rpm, hasta alcanzar el agotamiento, en un tiempo no superior a 12 minutos. Se midieron la FC y la presión arterial en reposo al finalizar cada etapa, y cada minuto durante los primeros 6 minutos de la recuperación. Los datos se analizaron con un software informático de cálculos y se obtuvieron las siguientes variables: frecuencia cardíaca en reposo (FCr), máximo esfuerzo (FCMáx) y a 4 minutos de la recuperación (FCRec); presión arterial sistólica y diastólica en reposo (PASr y PADr), esfuerzo máximo (PASMáx y PADMáx) y a 4 minutos de la recuperación (PASRec y PADRec), potencia máxima alcanzada (POTMáx) en Watts, kgm y METs, índice de tensión/tiempo modificado (ITTM), consumo máximo de oxígeno indirecto (VO_2 Máx) en litros/min y ml/kg/min estimado con la aplicación de la ecuación propuesta por el ACSM, (17) pulso de oxígeno (PuO_2) que surge de la división del VO_2 máx por la FCMáx

ABREVIATURAS

ACSM	American College of Sports Medicine
AI	Aurícula izquierda
Am	Onda A flujo mitral
At	Onda A del Doppler tisular
BIRD	Bloqueo incompleto de rama izquierda
CAMáx	Capacidad aeróbica máxima
DDVI	Diámetro diastólico ventricular izquierdo
DPT	Doppler pulsado tisular
DSVI	Diámetro sistólico ventricular izquierdo
DurA	Duración de la onda A
DurVPa	Duración de onda A de vena pulmonar
E/A	Relación onda E/onda A
E/R	Relación espesor/radio
EDC	Eco-Doppler cardíaco
Em	Onda E flujo mitral
Em/Et	Relación onda E mitral/onda E tisular
Et	Onda E del Doppler tisular
Et/At	Relación onda E tisular/onda A tisular
FAC	Fracción de acortamiento
FC	Frecuencia cardíaca
FCMáx	Frecuencia cardíaca en máximo esfuerzo
FCr	Frecuencia cardíaca en reposo
FCRec	Frecuencia cardíaca en la recuperación
Fey	Fracción de eyección
IMC	Índice de masa corporal
IMVI	Índice de masa ventricular izquierda
ISFS	Índice de estrés de fin de sístole
ITei	Índice de Tei
ITTM	Índice de tensión/tiempo modificado
IVS	Índice de volumen sistólico
MVI	Masa ventricular izquierda
PADMáx	Presión arterial diastólica en máximo esfuerzo
PADr	Presión arterial diastólica en reposo
PADRec	Presión arterial diastólica en recuperación
PASMáx	Presión arterial sistólica en máximo esfuerzo
PASr	Presión arterial sistólica en reposo
PASRec	Presión arterial sistólica en recuperación
POTMáx	Potencia o carga máxima
PPD	Pared posterior en diástole
PPS	Pared posterior en sístole
PuO_2	Pulso de oxígeno
SC	Superficie corporal
SIVD	Septum interventricular en diástole
SIVS	Septum interventricular en sístole
St	Onda S del Doppler tisular
TD	Tiempo de desaceleración
TpoEsf	Tiempo de esfuerzo
TRIV	Tiempo de relajación isovolumétrica
VAC	Velocidad de acortamiento circunferencial
VI	Ventrículo/ar izquierdo/a
VO_2 Máx	Consumo máximo de oxígeno
VPa	Onda A de vena pulmonar
VPd	Onda D de vena pulmonar
VPs	Onda S de vena pulmonar
VS	Volumen sistólico

expresado en ml/latido y la duración del esfuerzo en minutos (TpoEsf).

Análisis estadístico

Con el SPSS 10.0 se aplicó la prueba de comparación de medias entre el G1 y el G2 y el coeficiente de correlación de Pearson para la asociación entre variables. Con el método de regresión múltiple se analizó la relación lineal de variables respecto del VO_2 Máx en ambos grupos. La significación estadística de referencia fue $p < 0,05$ para todos los métodos utilizados.

RESULTADOS

Población

Las características y la composición corporal de la población en estudio se muestran en la Tabla 1. Los dos grupos eran homogéneos en edad y no existían diferencias significativas en altura e IMC, este último levemente superior al rango normal (18,5 a 25 kg/m²). Los deportistas mostraron mayor peso y SC y la FCr fue menor que en el G2 ($p < 0,05$), mientras que la PASr y la PADr mostraron valores similares. Los electrocardiogramas fueron normales, excepto dos casos de BIRD entre los deportistas.

Ecocardiograma Doppler

Los datos del EDC y el DPT se separaron en dos grupos: de dimensiones e índices de función sistólica (Tabla 2) y de función diastólica (Tabla 3).

Función sistólica: el DDVI fue mayor en el G1, como también el espesor septal y la pared posterior en sístole (SIVS y PPS), la FAc, la Fey y la VAC ($p < 0,05$). No hubo diferencias en el DSVI, el septum y la pared posterior en diástole (SIVD, PPD), la aurícula izquierda (AI), MVI, IMVI, VS e IVS. El E/R y el ISFS en deportistas fueron menores que en el G2 ($p < 0,05$).

Función diastólica: todos los valores obtenidos resultaron normales y no presentaban diferencias significativas entre los grupos.

Ergometría

Los datos se muestran en la Tabla 4. La FCMáx fue mayor en deportistas ($p < 0,05$) y representó el 91,4% de la FCMáx teórica *versus* el 80,8% en los sedentarios ($p < 0,05$). En el G1 fueron superiores la PASMáx y PASRec ($p < 0,05$) y no hubo diferencias significativas en la PADMáx y la PADRec. La capacidad aeróbica en el ejercicio evaluada por POTMáx, VO₂Máx, PulO₂ e ITTM, y el TpoEsf fueron mayores en el G1 ($p < 0,05$).

Asociación de variables

Correlación univariada: solamente se encontró asociación lineal significativa del VO₂Máx con la Et y con la E/A ($p < 0,05$) en los deportistas (Tabla 5).

Regresión múltiple: la velocidad de Et fue la única variable predictora del VO₂Máx, como expresión de la CAMáx, en el grupo de deportistas ($p < 0,05$). En el G2 se encontró relación significativa entre el VO₂Máx y una combinación lineal de las variables Fey y VAC (Tabla 5).

TABLA 1
Composición corporal

Variables	Deportistas (n = 35)	Sedentarios (n = 22)	Significación ($p < 0,05$)
Edad (años)	25 ± 7,35	27,82 ± 7,37	NS
Altura (m)	1,77 ± 0,07	1,75 ± 0,05	NS
Peso (kg)	88,23 ± 13,62	81,63 ± 7,18	< 0,002
SC (m ²)	2,05 ± 0,17	1,96 ± 0,11	< 0,024
IMC (m ² /kg)	28,08 ± 4,13	26,79 ± 1,92	NS

TABLA 2
Ecocardiograma Doppler: dimensiones y función sistólica

Variables	Deportistas (n = 35)	Sedentarios (n = 22)	Significación ($p < 0,05$)
DDVI (mm)	55,65 ± 5,05	51,71 ± 5,26	< 0,031
DSVI (mm)	35,47 ± 4,94	35,64 ± 3,78	NS
SIVD (mm)	10,33 ± 1,78	10,25 ± 0,70	NS
SIVS (mm)	14,50 ± 2,49	12,40 ± 0,64	< 0,001
PPD (mm)	9,82 ± 1,39	10,40 ± 0,86	NS
PPS (mm)	15,66 ± 2,24	13,03 ± 0,58	< 0,001
FAc (%)	36,33 ± 5,79	30,64 ± 2,58	< 0,003
Fey (%)	73,60 ± 6,62	58,82 ± 5,08	< 0,001
MVI (g)	220,99 ± 49,60	200,93 ± 35,70	NS
IMVI (g/m ²)	107,80 ± 19,84	102,52 ± 18,26	NS
E/R	0,35 ± 0,07	0,40 ± 0,05	< 0,036
ISFS (g/cm ²)	196,30 ± 41,96	225,48 ± 31,50	< 0,04
VAC (circ/seg)	1,20 ± 0,23	1,02 ± 0,10	< 0,001
IVS (ml/m ²)	41,28 ± 10,44	38,40 ± 7,69	NS
VS (ml)	84,70 ± 23,33	76,20 ± 17,49	NS
AI (mm)	37,62 ± 4,53	35,78 ± 2,66	NS
ITei	0,31 ± 0,11	0,35 ± 0,05	NS



TABLA 3
Ecocardiograma Doppler: función diastólica

Variables	Deportistas (n = 35)	Sedentarios (n = 22)	Significación (p < 0,05)
Em (cm/seg)	88,29 ± 13,88	80,64 ± 12,63	NS
Am (cm/seg)	50,00 ± 9,33	47,09 ± 9,60	NS
E/A	1,80 ± 0,35	1,74 ± 0,26	NS
TD (mseg)	152,86 ± 30,15	160,91 ± 24,27	NS
TRIV (mseg)	85,43 ± 13,58	76,36 ± 10,27	NS
DurA (mseg)	110,29 ± 15,43	107,27 ± 16,79	NS
VPS (cm/seg)	47,41 ± 10,25	49,82 ± 11,81	NS
VPD (cm/seg)	59,62 ± 10,30	63,91 ± 10,22	NS
VPA (cm/seg)	26,79 ± 5,71	23,09 ± 4,95	NS
DurVPA (mseg)	105,52 ± 19,93	104,55 ± 21,62	NS
VPS/VPD	0,80 ± 0,16	0,77 ± 0,09	NS
Et (cm/seg)	20,17 ± 4,45	17,36 ± 3,41	NS
At (cm/seg)	14,65 ± 5,22	12,09 ± 3,15	NS
St (cm/seg)	15,18 ± 3,35	15,73 ± 3,10	NS
Et/At	1,37 ± 0,85	1,43 ± 1,01	NS
Em/Et	4,48 ± 2,63	4,87 ± 1,46	NS

TABLA 4
Prueba ergométrica graduada

Variables	Deportistas (n = 35)	Sedentarios (n = 22)	Significación (p < 0,05)
FCr (lat/min)	63,74 ± 10,88	74,64 ± 9,61	< 0,003
PASr (mm Hg)	126,57 ± 9,68	119,32 ± 14,42	NS
PADr (mm Hg)	75,00 ± 7,86	74,77 ± 8,93	NS
FCMáx teórica (lat/min)	195,00 ± 7,35	192,36 ± 8,31	NS
FCMáx (lat/min)	178,26 ± 9,87	155,55 ± 18,13	< 0,002
FCMáx % máx. teórica	91,43 ± 4,20	80,83 ± 8,52	< 0,002
FCRec (lat/min)	102,29 ± 12,11	103,91 ± 10,01	NS
PASMáx (mm Hg)	219,86 ± 14,58	175,91 ± 11,58	< 0,0001
PADMáx (mm Hg)	80,71 ± 7,78	81,82 ± 6,03	NS
PASRec (mm Hg)	134,43 ± 12,53	125,91 ± 8,61	< 0,042
PADRec (mm Hg)	71,63 ± 6,52	76,36 ± 9,24	NS
POTMáx (Watts)	268,57 ± 27,35	163,64 ± 30,34	< 0,0001
POTMáx (kgm)	1.611,43 ± 164,09	981,82 ± 182,03	< 0,0001
POTMáx (METs)	13,98 ± 2,84	9,39 ± 1,87	< 0,0001
VO ₂ Máx (L/min)	4,21 ± 0,41	2,63 ± 0,46	< 0,0001
VO ₂ Máx (ml/kg/min)	48,95 ± 9,93	32,88 ± 6,54	< 0,0001
PulO ₂ (ml/lat)	23,63 ± 2,32	16,59 ± 3,89	< 0,0001
ITTM	39.176 ± 3.202	27.396 ± 4.050	< 0,0001
TpoEsf (min)	10,05 ± 1,12	6,55 ± 1,21	< 0,0001

DISCUSIÓN

Numerosos estudios demostraron que la actividad física y el entrenamiento regular generan cambios cardíacos estructurales y funcionales, relacionados con modificaciones hemodinámicas que alteran las condiciones de carga del miocardio (1-3) y provocan diferentes adaptaciones según el tipo de ejercicio realizado. (18, 19) En el ejercicio dinámico o isotónico, donde es mayor el movimiento con poco desarrollo de la fuerza, predomina la sobrecarga volumétrica, que aumenta las dimensiones del VI con incremento proporcional del espesor parietal, lo cual da lugar a la hipertrofia excén-

trica. Cuando el ejercicio es estático o isométrico, con escaso movimiento pero con gran desarrollo de fuerza, predomina la sobrecarga de presión y aumenta el espesor con poco o ningún cambio en la cavidad, lo cual genera hipertrofia concéntrica. Estas adaptaciones no son absolutas, dado que las actividades deportivas y los programas de entrenamiento nunca son puramente estáticos o dinámicos, sino que alternan esfuerzos isométricos con isotónicos, (20, 21) que derivan en una combinación de efectos de sobrecarga de volumen y presión, que generan un amplio espectro de adaptaciones cardíacas. No obstante, se describieron modelos de adaptación predominantes para diferentes tipos de

TABLE 5
Análisis de correlación univariada y regresión múltiple
Variable dependiente: $VO_2Máx$

	Variable	Deportistas	Sedentarios
Correlación univariada	E/A	$p < 0,004$	NS
	Et	$p < 0,005$	NS
Regresión múltiple	Et	$p < 0,018$	NS
	Fey + VAC	NS	$p < 0,05$

deportes a través del estudio de un gran número de atletas o mediante metaanálisis de estudios similares. (4-6, 20)

El rugby es un deporte intermitente, en el que se alternan períodos breves de esfuerzos intensos, anaeróbicos, de velocidad, fuerza y contacto físico, con etapas de descanso y recuperación aeróbica durante el juego, con lo que se genera la conjunción de componentes cambiantes de esfuerzos dinámicos y estáticos. (22, 23) Los deportistas resultaron tener mayor peso, SC e IMC, aunque este último no fue significativo debido al mayor porcentaje de masa muscular y/o masa grasa que suelen tener los rugbiers. (24) La FCr fue significativamente inferior que en los sedentarios, por aumento del tono parasimpático característico en atletas que cumplen con un régimen de entrenamiento continuo. (21)

En la ergometría, la FCMáx, la PASMáx alcanzada y las variables que son referentes de la capacidad aeróbica al esfuerzo fueron significativamente superiores en el G1, como expresión de mayor eficiencia cardíaca al ejercicio. Confirmando el efecto del entrenamiento en los deportistas, la CAMáx expresada como el $VO_2Máx$ y el PuO_2 , que permite inferir el consumo de O_2 por latido y constituye un excelente indicador del estado físico y la eficiencia cardíaca, (25) fueron significativamente superiores a los del grupo no entrenado ($p < 0,05$). El TpoEsf fue superior en el G1 y alcanzó el agotamiento físico mucho más tardíamente que en los sedentarios ($p < 0,05$).

La mayoría de los estudios con EDC en atletas para evaluar la función sistólica VI en reposo demostraron que los parámetros medidos, ya sean estructurales o funcionales, son levemente superiores a los encontrados en individuos sin entrenamiento, pero con frecuencia dentro del rango de normalidad. (18, 26-29). Otros autores comunicaron disminución de la función sistólica VI con respecto a los sedentarios, pero también dentro de márgenes normales. (3, 30) Este comportamiento estaría relacionado con la frecuente imposibilidad de diferenciar en los atletas los cambios provocados por modificaciones de las condiciones de carga con respecto a las variaciones de la contractilidad. (31) En los rugbiers encontramos un aumento significativo del DDVI con valores máximos normales, diámetros sistólicos similares, mayor engrosamiento sistólico que demuestra mejor eficiencia contráctil

confirmada por los valores superiores de FAc, Fey y VAC ($p < 0,05$) y un E/R menor ($p < 0,05$) a expensas del incremento del DDVI. Estas modificaciones son atribuibles al aumento del volumen de fin de diástole (efecto Frank-Starling) y a la menor FCr lo cual facilita un mejor llenado diastólico, sin evidenciar valores significativamente superiores del VS, el IVS o en la MVI y el IMVI. El ISFS, como expresión de la poscarga, fue inferior en los deportistas ($p < 0,05$), debido al mayor engrosamiento sistólico parietal con valores similares del radio de la cavidad VI y de PAS (ley de Laplace). El ITEi, que utiliza una combinación de los tiempos sistólicos y diastólicos para evaluar la función miocárdica global no mostró diferencias significativas entre los grupos. Recientemente se ha descrito una relación inversa entre el ITEi y el TpoEsf en personas sanas evaluadas en plataforma deslizante, que llevó a inferir que la disminución del ITEi en ejercicio se produce a expensas de la reducción del TRIV como expresión de mejor relajación ventricular. (32)

La diástole representa un proceso complejo con características activas y pasivas, dependiente de factores cardíacos y extracardíacos que participan conjuntamente para permitir un llenado ventricular adecuado. La hipertrofia ventricular y el aumento de la FC alteran el llenado normal. El ECD ha permitido un entendimiento mejor del proceso diastólico, por lo cual se ha utilizado frecuentemente en el estudio de deportistas en reposo y ejercicio y ha demostrado que la función diastólica VI evaluada en reposo es igual en atletas que en sedentarios normales. (33-35) Otros estudios comprobaron que el llenado VI es más eficiente en atletas de resistencia, debido a la mejor y más rápida relajación ventricular generada por el entrenamiento físico, a pesar del acortamiento diastólico provocado por la taquicardia del esfuerzo. (27, 28, 36) En coincidencia con los hallazgos de la mayoría de los estudios citados previamente, no encontramos diferencias significativas en ninguna de las variables de función diastólica por ECD y DPT en reposo entre los grupos, valores todos ellos normales. Se ha descrito el incremento de velocidad de la Em en relación con la Am en atletas en reposo, con el consiguiente aumento de la E/A. (34, 37) Este efecto se relacionó con la menor FC, que favorecería el tiempo del llenado ventricular con disminución del componente auricular. (38) En nuestro estudio, si bien la Em y la E/A son mayores en el G1, estas diferencias no fueron significativas. Con respecto al DPT, no encontramos diferencias de significancia en las variables obtenidas entre los grupos, aunque se ha descrito aumento de la onda Et y de la Et/At en atletas, efecto éste que se atribuye a una mejoría en las propiedades diastólicas miocárdicas generada por el entrenamiento físico. (9, 39)

Con respecto al rendimiento máximo alcanzado en el esfuerzo expresado por el $VO_2Máx$, el análisis de correlación univariado demostró su asociación lineal significativa con la E/A y con la Et en deportistas ($p < 0,05$). La E/A establece una relación comparativa entre

la fase precoz del llenado ventricular, vinculada con las propiedades elásticas y de relajación del miocardio, y la fase tardía del componente auricular relacionada fundamentalmente con la distensibilidad VI. Un incremento proporcional de la Em con respecto a la Am se atribuye a una mejor relajación miocárdica, lo cual permite un llenado ventricular adecuado en la etapa inicial con una participación menor del componente auricular. Como ya mencionamos, la E/A está muy influida por la FC y en atletas este factor es mucho más significativo, por lo cual la correlación obtenida estaría relacionada con este motivo. La Et representa la velocidad de la relajación precoz del miocardio parietal basal y precede levemente a la onda Em, por lo cual es independiente o está poco influida por la precarga y la FC. Varios estudios afirman que la Et está relacionada directamente con la relajación ventricular y las propiedades elásticas del miocardio. (15, 16, 40, 41) La mejor *performance* diastólica observada en atletas por efecto del entrenamiento parece justificar la correlación existente entre la Et y el mayor rendimiento al esfuerzo, a expensas de una relajación miocárdica más eficiente y rápida independientemente de la FC y las condiciones de carga.

El análisis de regresión múltiple demostró una relación significativa en sedentarios entre el VO_2 Máx y una combinación lineal de Fey y VAC en reposo. Dado que estos dos índices incluyen en sus fórmulas las medidas de diámetros y volúmenes VI, y considerando que sólo el DDVI demostró ser levemente mayor en deportistas con igual valor del DSVI en ambos grupos, es posible prever una relación lineal entre la función sistólica VI normal en reposo y el VO_2 Máx alcanzado por el grupo no entrenado, que resulta normal o ligeramente inferior a lo esperado. Este comportamiento fue muy diferente en los deportistas, quienes con dimensiones del VI casi similares a las de los sedentarios en reposo alcanzaron valores muy superiores de VO_2 Máx en el ejercicio gracias a una mejor eficiencia contráctil cardíaca y al conjunto de modificaciones vasculares periféricas y musculares que contribuyen a aumentar la CAMáx de los atletas. La Et evaluada por DPT resultó ser la única variable predictora de la CAMáx expresada por el VO_2 Máx en ml/kg/min en el G1 ($p < 0,05$), lo cual demuestra que, en deportistas entrenados, la relajación miocárdica VI cumple un papel significativo en el logro de un mejor rendimiento físico y confirma la importancia del componente diastólico del miocardio ventricular en el ejercicio.

Limitaciones del estudio

Dentro de los elementos considerados como limitaciones en el estudio, debemos tener cuenta el número reducido de la muestra de deportistas, y el hecho de tratarse de rugbiers sometidos a un régimen de entrenamiento de menor exigencia en comparación con divisiones superiores o de selección. Esto último, sumado a la utilización de un método indirecto para la estimación del VO_2 Máx, explicaría el valor promedio inferior de este parámetro en nuestro grupo (48 ml/kg/

min) con respecto a los hallados habitualmente en deportistas de alto rendimiento.

CONCLUSIÓN

Los atletas que practican un deporte intermitente con componentes variables estáticos y dinámicos como el rugby presentaron mejor función sistólica que las personas sedentarias, a expensas de una eficiencia contráctil mejor aun conservando masa ventricular izquierda similar.

Los índices de función diastólica VI medidos por EDC y DPT en reposo no evidenciaron que fueran diferentes entre deportistas y sedentarios. Sin embargo, la onda Et del miocardio parietal evaluada por DPT en reposo resultó ser la única variable predictora de la CAMáx alcanzada por los deportistas en el esfuerzo, independientemente de la FC y de las condiciones de carga, lo cual confirma el papel significativo de la relajación miocárdica en el ejercicio.

Agradecimientos

Agradecemos al Luján Rugby Club por permitirnos efectuar la evaluación del equipo de rugby de primera división y a su entrenador Prof. Marcelo Román por su valiosa colaboración.

SUMMARY

Doppler echocardiography and tisular doppler study of the left ventricular function in athletes and sedentary people: correlation with maximum aerobic capacity

Objective

To evaluate the left ventricular systolic and diastolic function at rest in athletes and sedentary people, and its correlation with the maximum aerobic exercise capacity.

Research design and methods

Two groups were studied: G1, Athletes: 35 rugby players, average age 25 ± 7 years and G2: Sedentary people, average age 27 ± 7 years. Doppler echocardiography in resting and maximum ergometric tests were performed in all subjects. We measured a) body composition variables, b) echocardiographic Doppler and tisular pulse Doppler dimensions and variables of systolic and diastolic left ventricular function, c) ergometric test variables at rest, maximum effort and recovery stages, including indirect maximal oxygen intake (VO_2 Max).

Results

G1 was superior in weight, body surface, systolic function indexes, reaching major maximum aerobic capacity in the ergometric test ($p < 0.05$). There were no differences in diastolic function indexes and ventricular mass. The univariate analysis showed significant correlation of maximal oxygen intake with E/A ratio and with tisular E wave in athletes. Multiple regression analysis showed a lineal relation between VO_2 Max and tisular E wave in the same group. ($p < 0.05$)

Conclusions

Left ventricular systolic function in athletes showed more contractile efficiency than in sedentary people on account of preload without showing significant changes in ventricular mass. Diastolic function was similar in both groups. The tisular E wave at rest appeared to be the unique predictor

variable of maximal aerobic capacity reached by athletes during effort, confirming the myocardial diastolic component importance of exercise.

Key words: Echocardiography - Left ventricular function - Tissue Doppler - Sports/physiology - Maximal oxygen intake - Exercise

BIBLIOGRAFÍA

1. Morganroth J, Maron BJ, Henry WL, Epstein SE. Comparative left ventricular dimensions in trained athletes. *Ann Intern Med* 1975;82:521-4.
2. Maron BJ. Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1986;7:190-203.
3. Colan SD, Sanders SP, Borow KM. Physiologic hypertrophy: effects on left ventricular systolic mechanics in athletes. *J Am Coll Cardiol* 1987;9:776-83.
4. Spirito P, Pelliccia A, Proschan MA, Granata M, Spataro A, Bellone P et al. Morphology of the "athlete's heart" assessed by echocardiography in 947 elite athletes representing 27 sports. *Am J Cardiol* 1994;74:802-6.
5. Pluim BM, Zwinderman AH, van der Laarse A, van der Wall EE. The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* 2000;101:336-44.
6. Pelliccia A, Culasso F, Di Paolo FM, Maron BJ. Physiologic left ventricular cavity dilatation in elite athletes. *Ann Intern Med* 1999;130:23-31.
7. Peidro RM, Brion GB, Angelino AA, Mauro S, Guevara E, González JL y col. Hallazgos cardiológicos y de capacidad física en futbolistas argentinos de alto rendimiento. *Rev Argent Cardiol* 2004;72:263-69.
8. Henry WL, Gardin JM, Ware JH. Echocardiographic measurements in normal subjects from infancy to old age. *Circulation* 1980;62:1054-61.
9. Caso P, D'Andrea A, Galderisi M, Liccardo B, Severino S, De Simone L, et al. Pulsed Doppler tissue imaging in endurance athletes: relation between left ventricular preload and myocardial regional diastolic function. *Am J Cardiol* 2000;85:1131-6.
10. Sahn DJ, DeMaria A, Kisslo J, Weyman A. Recommendations regarding quantitation in M-mode echocardiography: results of a survey of echocardiographic measurements. *Circulation* 1978;58:1072-83.
11. Devereux RB, Alonso DR, Lutas EM, Gottlieb GJ, Campo E, Sachs I, et al. Echocardiographic assessment of left ventricular hypertrophy: comparison to necropsy findings. *Am J Cardiol* 1986;57:450-8.
12. Dubin J, Wallerson DC, Cody RJ, Devereux RB. Comparative accuracy of Doppler echocardiographic methods for clinical stroke volume determination. *Am Heart J* 1990;120:116-23.
13. Quinones MA, Mokotoff DM, Nouri S, Winters WL Jr, Miller RR. Noninvasive quantification of left ventricular wall stress. Validation of method and application to assessment of chronic pressure overload. *Am J Cardiol* 1980;45:782-90.
14. Tei C, Ling LH, Hodge DO, Bailey KR, Oh JK, Rodeheffer RJ, et al. New index of combined systolic and diastolic myocardial performance: a simple and reproducible measure of cardiac function—a study in normals and dilated cardiomyopathy. *J Cardiol* 1995;26: 357-66.
15. Waggoner AD, Bierig SM. Tissue Doppler imaging: a useful echocardiographic method for the cardiac sonographer to assess systolic and diastolic ventricular function. *J Am Soc Echocardiogr* 2001;14:1143-52.
16. Nagueh SF, Middleton KJ, Kopelen HA, Zoghbi WA, Quinones MA. Doppler tissue imaging: a noninvasive technique for evaluation of left ventricular relaxation and estimation of filling pressures. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:1527-33.
17. ACSM's Guidelines for Exercise Testing and Prescription. American College of Sports Medicine. Lippincott W&W. 6th ed. 2000. Cap 4, p. 76.
18. Gustafsson F, Ali S, Hanel B, Toft JC, Secher NH. The heart of the senior oarsman: an echocardiographic evaluation. *Med Sci Sports Exerc* 1996;28:1045-8.
19. Mitchell JH, Haskell WL, Raven PB. Classification of sports. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26:S242-5.
20. Fagard RH. Impact of different sports and training on cardiac structure and function. *Cardiol Clin* 1997;15:397-412.
21. Peidro RM. Cardiología del deporte. El corazón del deportista. Hallazgos clínicos, electrocardiográficos y ecocardiográficos. *Rev Argent Cardiol* 2003;71:126-37.
22. Nicholas CW. Anthropometric and physiological characteristics of rugby union football players. *Sports Med* 1997;23:375-96.
23. Gabbett TJ. Physiological and anthropometric characteristics of amateur rugby league players. *Br J Sports Med* 2000;34:303-7.
24. Olds T. The evolution of physique in male rugby union players in the twentieth century. *J Sports Sci* 2001;19:253-62.
25. Wasserman K, Hansen JE, Sue DY, Csaburi R, Whipp BJ. Principles of exercise testing an interpretation. 3th ed. Lippincott W&W; 1999. Cap 3, p. 77.
26. Fagard RH. Athlete's heart: a meta-analysis of the echocardiographic experience. *Int J Sports Med* 1996;17:S140-4.
27. Brandao MU, Wajngarten M, Rondon E, Giorgi MC, Hironaka F, Negrao CE. Left ventricular function during dynamic exercise in untrained and moderately trained subjects. *J Appl Physiol* 1993;75:1989-95.
28. Fagard R, Van den Broeke C, Amery A. Left ventricular dynamics during exercise in elite marathon runners. *J Am Coll Cardiol* 1989; 14:112-8.
29. Seals DR, Hagberg JM, Spina RJ, Rogers MA, Schechtman KB, Ehsani AA. Enhanced left ventricular performance in endurance trained older men. *Circulation* 1994;89:198-205.
30. Gilbert CA, Nutter DO, Felner JM, Perkins JV, Heymsfield SB, Schlant RC. Echocardiographic study of cardiac dimensions and function in the endurance-trained athlete. *Am J Cardiol* 1977;40:528-33.
31. Colan SD. Mechanics of left ventricular systolic and diastolic function in physiologic hypertrophy of the athletes heart. *Cardiol Clin* 1997;15:355-72.
32. Libonati JR, Ciccolo J, Glassber G H. The Tei index and exercise capacity. *J Sports Med Phys Fitness* 2001;41:108-13.
33. Colan SD, Sanders SP, MacPherson D, Borow KM. Left ventricular diastolic function in elite athletes with physiologic cardiac hypertrophy. *J Am Coll Cardiol* 1985;6:545-9.
34. Finkelhor RS, Hanak LJ, Bahler RC. Left ventricular filling in endurance-trained subjects. *J Am Coll Cardiol* 1986;8:289-93.
35. Abinader EG, Sharif D, Sagiv M, Goldhammer E. The effects of isometric stress on left ventricular filling in athletes with isometric or isotonic training compared to hypertensive and normal controls. *Eur Heart J* 1996;17:457-61.
36. Nixon JV, Wright AR, Porter TR, Roy V, Arrowood JA. Effects of exercise on left ventricular diastolic performance in trained athletes. *Am J Cardiol* 1991;68:945-9.
37. Douglas PS, O'Toole ML, Hiller WD, Reichel N. Left ventricular structure and function by echocardiography in ultraendurance athletes. *Am J Cardiol* 1986;58:805-9.
38. Harrison MR, Clifton GD, Pennell AT, DeMaria AN. Effect of heart rate on left ventricular diastolic transmitral flow velocity patterns assessed by Doppler echocardiography in normal subjects. *Am J Cardiol* 1991;67:622-7.
39. D'Andrea A, Caso P, Galderisi M, Di Maggio D, Cicala S, D'Andrea L, et al. Assessment of myocardial response to physical exercise in endurance competitive athletes by pulsed Doppler tissue imaging. *Am J Cardiol* 2001;87:1226-30.
40. Garcia MJ, Rodriguez L, Ares M, Griffin BP, Klein AL, Stewart WJ, et al. Myocardial wall velocity assessment by pulsed Doppler tissue imaging: characteristic findings in normal subjects. *Am Heart J* 1996;132:648-56.
41. Sohn DW, Chai IH, Lee DJ, Kim HC, Kim HS, Oh BH, et al. Assessment of mitral annulus velocity by Doppler tissue imaging in the evaluation of left ventricular diastolic function. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:474-80.