

Evaluación ecocardiográfica de las repercusiones cardíacas de diferentes modalidades deportivas en atletas de alto rendimiento

Ángel María Chaves, Germán Meló, Carlos Arturo Conde, Boris Eduardo Vesga • Bucaramanga

Introducción: la actividad física con fines competitivos incluye una amplia gama de demandas fisiológicas a los diferentes órganos y sistemas involucrados en el movimiento corporal, entre éstos el tejido muscular estriado y cardíaco.

Objetivos: comparar mediante ecocardiografía las variaciones del músculo cardíaco debido a entrenamiento prolongado en deportistas de alto rendimiento además de sus variaciones antropométricas.

Metodología: estudio descriptivo, transversal con 33 deportistas de talla nacional e internacional y 10 controles sanos donde se tomaron medidas antropométricas. Los deportistas fueron ubicados en tres grupos: mixto (dinámico y estático), dinámico y estático. Se tomaron los ecocardiogramas con un equipo Toshiba Sonolayer SSH-160 A, bidimensional doppler-color midiéndose los diámetros y volúmenes sistólico y diastólico, el espesor parietal, el volumen latido, la fracción de expulsión, el grosor relativo, masa e índice de masa y estrés sistólico parietal.

Resultados: no se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los atletas y los controles en fracción de expulsión, volumen latido y estrés sistólico de pared. Hubo diferencia estadísticamente significativa en el grosor septal sistólico de los deportistas con respecto al control, el grosor septal diastólico en los deportes dinámicos y en los de composición mixta. La pared posterior tuvo mayor grosor sistólico y diastólico en el grupo mixto y en el grupo dinámico en relación con los controles. El volumen sistólico fue mayor. En los mixtos y dinámicos fue superior al volumen diastólico del control. El grupo mixto tuvo mayor grosor relativo en relación con el control y mayor masa miocárdica que todos los grupos. Adicionalmente, el índice de masa es mayor en el grupo mixto que en los estáticos y controles. En el índice de masa el grupo dinámico superó significativamente a los controles. (*Acta Med Colomb* 2002; 26: 398-406)

Palabras clave: antropometría, atletas, cardiología, ecocardiografía, fisiología.

Introducción

La actividad física con fines competitivos incluye una amplia gama de demandas fisiológicas a los diferentes órganos y sistemas involucrados en el movimiento corporal. Luego de un período variable de entrenamiento, la actividad física se traduce en cambios adaptativos del tejido muscular, de sistemas tales como el cardiovascular, pulmonar y sanguíneo y cambios morfofisiológicos en los sistemas musculoesquelético y endocrino (1).

Es conocido que las adaptaciones a la actividad física suelen ser diferentes cuando ocurren como consecuencia

Dr. Ángel María Chaves Neira: MSc. Especialista en Cardiología, Fundación Cardiovascular del Oriente Colombiano, Profesor Investigador, Universidad Autónoma de Bucaramanga; Dr. Germán Meló McCormick: Especialista en Medicina Deportiva, Decano Facultad de Cultura Física, Universidad Santo Tomás de Aquino; Dr. Carlos Arturo Conde Cotes: PhD. Fisiología, Profesor Asociado, Escuela de Medicina, Universidad Industrial de Santander; Dr. Boris Eduardo Vesga Angarita: Especialista en Medicina Interna, Universidad Industrial de Santander. Internista, Laboratorio de Fisiología Autonómica, Instituto de Investigaciones, Fundación Cardiovascular del Oriente Colombiano. Profesor Asociado, Universidad Autónoma de Bucaramanga. Bucaramanga.

Investigación financiada mediante el auspicio económico y logístico de la Dirección de Investigaciones de la Facultad de Salud de la Universidad Industrial de Santander y la Fundación Cardiovascular del Oriente Colombiano.

de ejercicios dinámicos (con predominio de cambios en la longitud del músculo y movimientos de grandes articulaciones) y cuando ocurren como resultado de ejercicios estáticos (con predominio de las contracciones isométricas y con poco movimiento de grandes articulaciones) (2).

Los efectos de la carga de trabajo impuesta al sistema transportador de energía a través del entrenamiento físico pueden ser medidas a través de indicadores de función cardiovascular. Estos indicadores se pueden medir por métodos invasivos y no invasivos, siendo estos últimos preferidos en el caso de personas presumiblemente sanas.

El deporte de alta competencia demanda una dedicación al entrenamiento de varias horas diarias, por períodos prolongados. Esto da lugar a modificaciones funcionales y estructurales del sistema cardiovascular, especialmente del corazón, que pueden ser identificadas mediante la ecocardiografía y que podrían ser diferentes de acuerdo con la modalidad de ejercicio practicado.

Los conceptos morfológicos del "corazón de atleta" fueron identificados por primera vez por Henachen, mediante la técnica de perfusión cardíaca, en esquiadores de carreras de larga distancia; en este grupo de deportistas encontró un aumento del volumen cardíaco y una mayor capacidad para realizar trabajos (3-6).

La ecocardiografía es un método diagnóstico no invasivo que usa el ultrasonido aplicado a las estructuras cardíacas y los grandes vasos con el fin de obtener imágenes tomográficas que nos permiten conocer las dimensiones cardíacas, la movilidad y el grosor de las paredes del corazón, los gradientes de presión intracavitarios, el comportamiento de los flujos sanguíneos y la función ventricular (7).

Múltiples estudios han utilizado esta técnica de evaluación; en una recopilación de varios de ellos se concluyó que el entrenamiento intenso y prolongado produce cambios predecibles en la estructura del corazón, con un aumento de la masa secundaria a dos variables: el incremento en el diámetro diastólico, el incremento en el grosor de las paredes, o ambas (8).

Este estudio se propone establecer en qué forma son diferentes los cambios antropométricos y cardíacos desde el punto de vista morfológico y funcional que ocurren en atletas de alto nivel sometidos en forma regular y por períodos prolongados a distintas modalidades de ejercicio (estático, dinámico, mixto).

Material y métodos

Tipo de estudio

Se realizó un estudio descriptivo, transversal del estado de la antropometría, la función y la morfología cardíaca en un grupo de atletas colombianos de alto rendimiento.

Población a estudio

La muestra para el estudio fue tomada del listado de las selecciones deportivas del departamento de Santander, ubicado al nororiente de Colombia; los sujetos incluidos fue-

ron aquellos que participaron en las competencias nacionales de los últimos años, teniéndose en cuenta los deportistas que ocuparon los primeros puestos o que hubiesen sido clasificados para competencias internacionales. Se incluyeron 38 atletas que cumplieron con estas características; como grupo comparativo se estudiaron 12 sujetos normales, estudiantes universitarios de edades similares a los deportistas, pero de vida sedentaria.

Los participantes en el estudio fueron clasificados en cuatro grupos, según los criterios del Colegio Americano de Cardiología (9), así:

Grupo 1 (mixto). Deportistas de alta demanda de ejercicio dinámico y alta demanda de ejercicio estático. Este grupo incluye atletas que practican lucha, boxeo, ciclismo y patinaje de velocidad.

Grupo 2 (dinámico). Deportistas de alta demanda de ejercicio dinámico y baja a moderada demanda de ejercicio estático. Incluye atletas que practican la natación, el atletismo de semifondo y fondo.

Grupo 3 (estático). Deportistas de alta demanda de ejercicio estático y baja demanda de ejercicio dinámico. Incluye: lanzamiento de bala, jabalina, martillo y levantamiento de pesas.

Grupo 4 (controles). Estuvo constituido por diez sujetos sanos de vida sedentaria con edades similares a la de los deportistas.

Procedimiento para la recolección de los datos

El estudio comprendió una evaluación de la historia deportiva del participante, una evaluación antropométrica y la evaluación de la función y morfología cardíacas por medio de la ecocardiografía bidimensional Doppler-color.

Las medidas antropométricas registradas fueron peso, talla, perímetros de brazo flexionado, perímetro de la pierna, diámetro biepicondíleo del húmero, diámetro bicondilar del fémur; se tomaron los datos sobre pliegues cutáneos de tríceps, bíceps, subescapular, suprailíaco, abdominal, muslo y pierna; se tomaron también los datos de los diámetros biacromial y bicrestílico para la evaluación de la estructura o complexión.

Las mediciones antropométricas se registraron con una báscula Health-O-Meter de corredera con precisión de 100 gramos; un tallímetro de madera con plano de broca para la ubicación del plano de Frankfurt; un antropómetro Lafayette para diámetros, una cinta métrica de lino inextensible, y para estimar los pliegues cutáneos se utilizó el calibrador de Lange con presión de 10 g/mm² y precisión de más o menos 1 mm.

Con base en estas medidas se estimaron el índice de Quetelet o masa corporal (kg/m²), la superficie corporal según la fórmula de Du Bois o su normograma derivado (10).

Se calculó el somatotipo según el método de B. Heath y L. Carter (11, 12). El somatotipo consiste en la descripción de la forma corporal actual con base en tres componentes

llamados endomorfia (adiposidad relativa), mesomorfia (muscularidad) y ectomorfia (linealidad vertical); cada uno de éstos se expresa en una escala numérica que va entre 0.1-8. Se definió la estructura o complexión con base en los diámetros biacromial y bicrestílico, según Carter (13). Los pliegues cutáneos fueron manejados según la ecuación de Faulkner y de Yuhasz, como también en valores absolutos tanto para los pliegues centrales como para los periféricos o apendiculares (13, 14).

Todas las medidas antropométricas fueron tomadas siguiendo los lineamientos de la estandarización según Lohman-Roche y Martorell (15). Para la comparación de tamaños por antropometría de superficie (análisis alométrico), se hizo una agrupación por modalidad deportiva y por género, así como aplicando el factor escalar de la talla de proporcionalidad (Phantom), el cual se multiplica a las variables físicocorporales estudiadas para su estandarización proporcional.

La ecocardiografía tuvo como objetivo determinar las dimensiones cardíacas, el espesor de las paredes cardíacas, el espesor relativo de ellas, el índice de masa miocárdica, el estrés sistólico final de la pared del ventrículo izquierdo, las resistencias sistémica y pulmonar, los volúmenes ventriculares de fin de sístole y de diástole, el acortamiento circunferencial, el índice de excentricidad y la fracción de eyección del ventrículo izquierdo; para esto se siguieron las recomendaciones de la Sociedad Americana de Ecocardiografía (16), las cuales son aceptadas por la Sociedad Americana de Cardiología y la Sociedad Colombiana de Cardiología. Se tomaron como valores de normalidad, los obtenidos en un estudio colombiano previo y los presentados por Feigenbaum (7).

Para el registro se usó un equipo Toshiba Sonolayer SSH-160 A, bidimensional Doppler-color y transductores de 2,5 y 3,5 MHz. Todos los estudios fueron grabados en cinta en una videgrabadora VHS Panasonic Ag - 6.2000.

Procesamiento y análisis de los datos

Las variables medidas fueron almacenadas en una base de datos en Excel® para el procesamiento de las medidas estadísticas descriptivas y elaboración de gráficas.

Las comparaciones estadísticas fueron realizadas por el programa SIGMA-STAT 2,0®. Para todos los casos el nivel de significancia se fijó en $p < 0,05$.

En general, las comparaciones de dos o más grupos fueron realizadas aplicando análisis de varianza de una o más vías (ANOVA), en los casos donde se quiso evaluar la influencia de varios factores sobre una variable dependiente. En los casos en que el ANOVA indicase una $p < 0,05$, fue aplicado *post-hoc* una prueba de Bonferroni para comparaciones múltiples entre los grupos y factores implicados.

Aspectos éticos

Esta fue una investigación de riesgo mínimo de acuerdo con los criterios establecidos por el Ministerio de Salud de Colombia (17). La información obtenida se manejó de forma confidencial y global. El consentimiento informado de los participantes fue obtenido de forma verbal. El proyecto fue aprobado por el Comité de Ética de Investigación en Salud de la Universidad Industrial de Santander.

Resultados

Se realizaron 43 estudios antropométricos de perfil restringido modificado (Tabla 1), distribuido en 33 deportistas (75% varones) y 10 sujetos controles (50% varones).

Los sujetos fueron clasificados en los cuatro grupos de la siguiente forma:

- **Grupo mixto:** seis varones (un boxeador, tres luchadores, dos patinadores de velocidad).
- **Grupo dinámico:** veinte sujetos (80% varones). Conformado por cinco atletas de fondo y semifondo, cuatro ciclistas de ruta, tres futbolistas, tres nadadores, tres patinadores y dos futbolistas de salón.
- **Grupo estático:** siete sujetos (57% mujeres). Conformado por tres pesistas y cuatro lanzadores de martillo.
- **Grupo control:** diez sujetos (50% mujeres).

Las características antropométricas y los somatotipos se presentan en la Figura 1.

Las variables ecocardiográficas evaluadas se presentan en la Tabla 2.

No se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los grupos de atletas y el grupo de control en cuanto fracción de expulsión (ANOVA $F_{44,3} = 0,563$, $p = 0,0643$), volumen latido (ANOVA $F_{44,3} = 2,586$, $p = 0,065$) y estrés sistólico de pared (ANOVA $F_{44,3} = 0,552$, $p = 0,649$).

Al comparar el grosor septal sistólico (Figura 2) de los tres grupos de deportistas con respecto al grupo de control,

Tabla 1. Resultados antropométricos de los cuatro grupos evaluados. IMC: índice de masa corporal.

Grupo	Género (Varón / Mujer)	Edad (años)	Edad deportiva (años)	Horas diarias	Horas semanales	Peso (Kg)	Talla (cm)	IMC	Endomorfa	Mesomorfa	Ectomorfa
Mixto	6/0	24±2	9,9±1,7	2,6±0,2	18,5±1,5	77,9±9,4	171,4±2,8	26,3±2,6	5±1,4	6,2±0,8	2±0,6
Dinámico	16/4	22±1	8,9±0,9	2,6±0,2	18±0,8	64,5±2,1	172±2	20,7±1	3,1±0,2	4,2±0,2	2,9±0,2
Estático	3/4	24±2	8,7±2,4	2,5±0,2	15±0,6	75,4±8,5	166,7±4,2	26,6±2	6,2±0,9	5,5±0,8	1,2±0,5
Controles	5/5	20	0	0	0	65±3,4	165±1,2	24±1,2	4,5±0,6	4,9±0,4	1,8±0,4

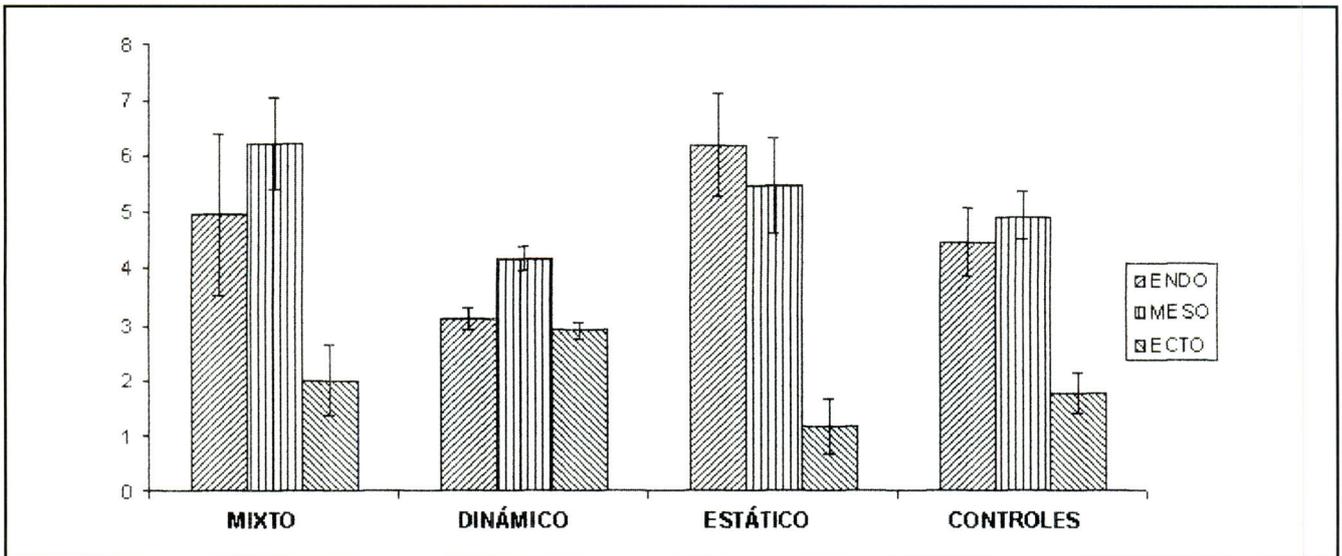


Figura 1. Somatipo de los cuatro grupos estudiados

hubo significancia estadística (ANOVA $F_{20,3} = 8,052$, $p = 0,003$. Bonferroni: 1 versus 4, $t = 4,582$; 2 versus 4, $t = 3,459$; 3 versus 4, $t = 3,016$, siendo en todos los casos $p < 0,05$). El grosor septal diastólico (Figura 2) es significativamente mayor en los deportes dinámicos y en los de composición mixta (ANOVA $F_{44,3} = 6,023$, $p = 0,002$. Bonferroni: 1 versus 4, $t = 3,797$; 2 versus 4, $t = 3,216$, en ambos casos $p < 0,05$).

La pared posterior (Figura 3) tuvo mayor grosor sistólico (ANOVA $F_{44,3} = 5,896$, $p = 0,002$. Bonferroni: 1 versus 4, $t = 4,011$; 2 versus 4, $t = 2,779$, ambos casos $p < 0,05$) y

diastólico en el grupo mixto y en el grupo dinámico en relación con los controles (ANOVA $F_{44,3} = 12,45$, $p < 0,001$. Bonferroni: 1 versus 4, $t = 6,028$; 2 versus 4, $t = 3,799$, en ambos casos $p < 0,05$), pero es preciso destacar que fue el grupo mixto el que tuvo mayor grosor diastólico en comparación con todos los grupos (Bonferroni: 1 versus 2, $t = 3,204$; 1 versus 3, $t = 3,377$; 1 versus 4, $t = 6,028$, siendo en todos los casos $p < 0,05$).

En cuanto al volumen sistólico (Figura 4), un análisis de varianza mostró diferencias significativas, pero el Bonferroni sólo detectó diferencia entre el grupo dinámi-

Tabla 2. Resultados ecocardiográficos de los cuatro grupos evaluados. dS: diámetro sistólico, dD: diámetro diastólico, SIV-D: septum interventricular en diástole, SIV-S: septum en sístole, PP: pared posterior, VS: volumen sistólico, VD: volumen diastólico, VL: volumen latido, FE: fracción de expulsión, Gr.R: grosor relativo, m: masa, I/m: índice de masa, St.s: estrés sistólico de pared

Grupo	Género	dS	dD	SIV-D	SIV-S	PP-D	PP-S	VS	VD	VL	FE	Gr.R	m	I/m	St.s
Mixto	Varón	3,4±0,1	5,3±0,2	1,1±0,1	2,1±0,1	1,3±0,1	1,6±0,1	46,4±3,9	137,4±7,4	91±7,4	66±2	0,5±0,1	299,7±22,4	150,7±9,1	57±4,6
	Mujer	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
	Total	3,4±0,1	5,3±0,2	1,1±0,1	2,1±0,1	1,3±0,1	1,6±0,1	46,4±3,9	137,4±7,4	91±7,4	66±2	0,5±0,1	299,7±22,4	150,7±9,1	57±4,6
Dinámico	Varón	3,5±0,1	5,3±0,1	1±0,1	1,5±0,1	1±0,1	1,5±0,1	49,5±3,1	141,9±6,8	92,5±5,2	62,5±2,6	0,4±0,1	250,8±13,5	142,2±8,4	64,1±3,6
	Mujer	3,1±0,1	4,7±0,3	0,9±0,1	1,3±0,1	0,9±0,1	1,3±0,1	38,2±3,9	103,8±13,9	65,5±11,8	62,6±3	0,4±0,1	163,1±7,5	106,9±6,7	63,7±11,3
	Total	3,4±0,1	5,2±0,1	1±0,1	1,5±0,1	1±0,1	1,5±0,1	47,1±2,7	133,9±7	86,8±5,3	62,5±2,1	0,4±0,1	232,3±13,6	134,8±7,5	64,1±3,5
Estático	Varón	3,2±0,7	5±1,1	0,9±0,2	1,5±0,1	1±0,2	1,5±0,3	38,7±9,3	120,9±23,6	82,3±14	65±13,1	0,4±0,1	206,4±38,5	112±21,4	64,4±16
	Mujer	3,2±0,1	4,7±0,1	0,8±0,1	1,3±0,3	0,9±0,1	1,3±0,1	38,2±3,1	103,5±5,5	65,3±4,1	60,3±2,3	0,4±0,1	158,2±23	87,5±10,4	66,2±2,5
	Total	3,2±0,1	4,9±1	0,9±0,1	1,4±0,1	1±0,1	1,4±0,1	38,5±2,5	113,2±5,6	74,7±4,8	63±1,7	0,4±0,1	185±13,8	101,1±8,6	65,2±4,7
Control	Varón	3,3±0,2	5,2±0,2	0,9±0,1	1,2±0,1	0,9±0,1	1,3±0,1	45,6±5,6	128,2±10,8	82,7±7,1	63,4±1,2	0,3±0,1	192,7±26,5	103,8±13,3	66,6±6,3
	Mujer	2,7±0,1	4,5±0,1	0,8±0,1	1±0,1	0,7±0,1	1,2±0,1	28,4±1,9	90,6±3,4	62,3±3,9	65,7±2,8	0,3±0,1	109,1±11	65,5±5	60±5,9
	Total	3±0,1	4,8±0,2	0,8±0,1	1,1±0,1	0,8±0,1	1,3±0,1	36,6±4,1	111,4±7,9	74,8±4,7	66,3±1,7	0,4±0,1	160,7±17,4	88,9±8,4	62,1±4,1

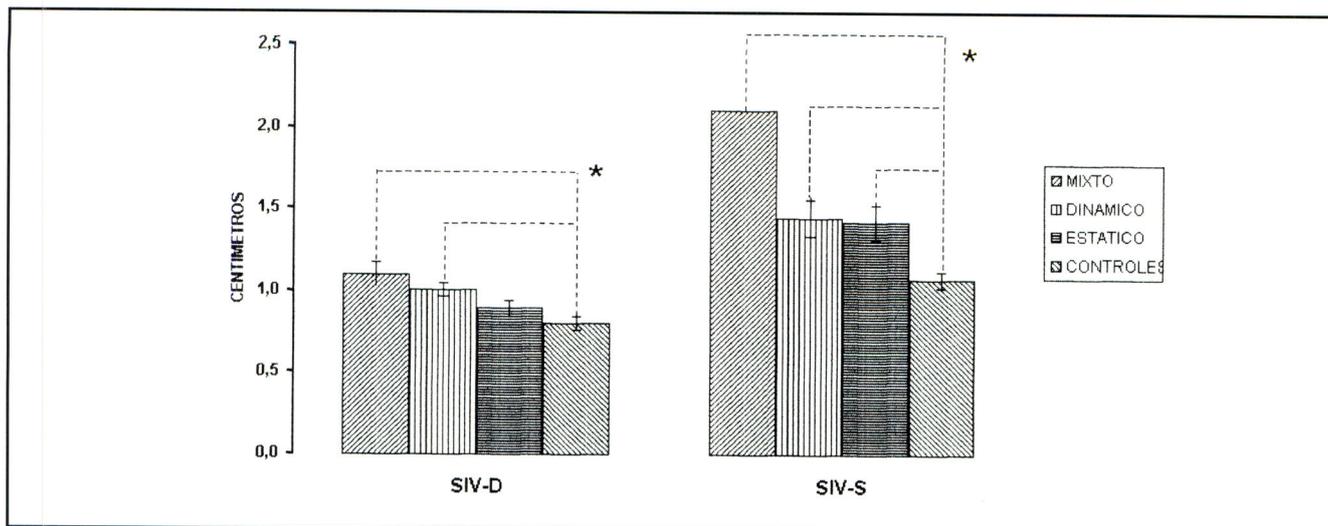


Figura 2. Grosor septal

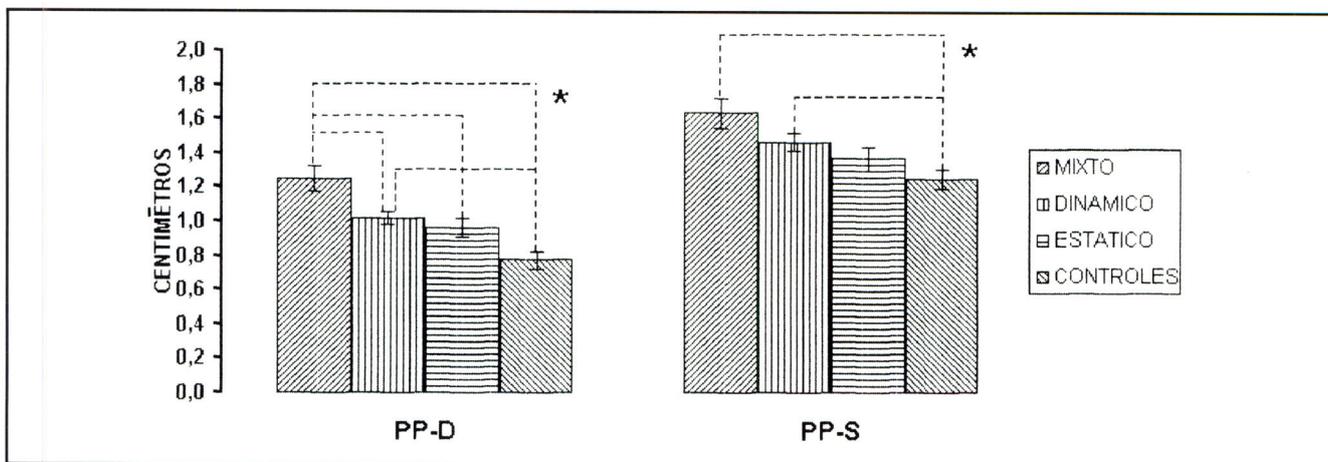


Figura 3. Grosor de la pared posterior

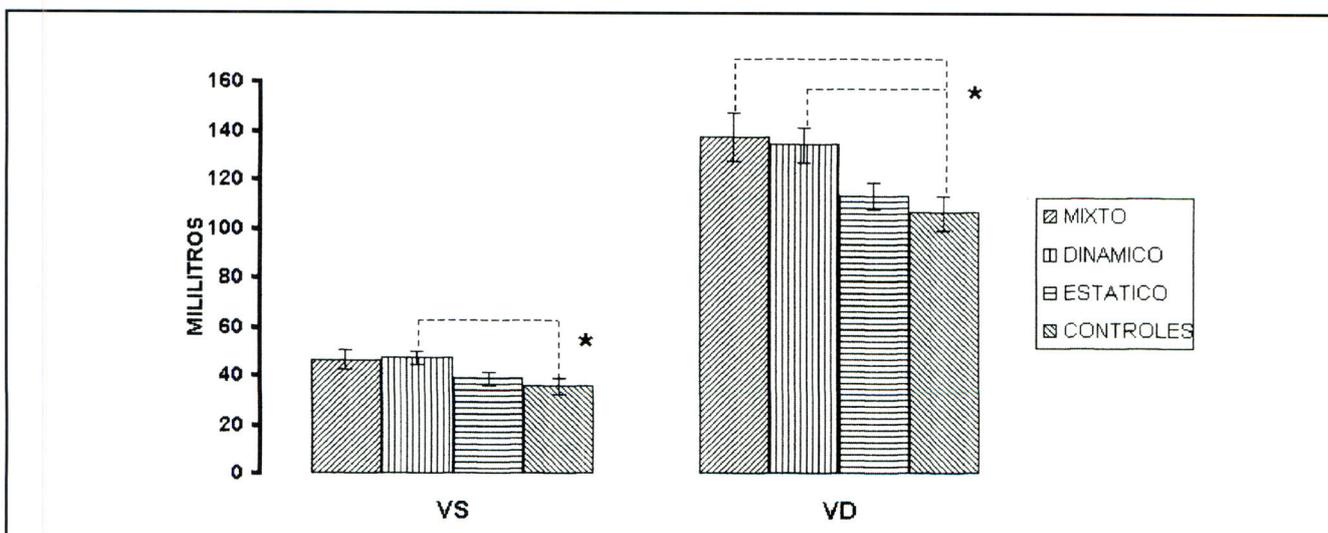


Figura 4. Volumen sistólico - diastólico

co versus los controles (ANOVA $F_{44,3} = 3,334$, $p = 0,028$. Bonferroni: 2 versus 4, $t = 2,804$ $p < 0,05$). Así como el grupo mixto y el dinámico fue superior en volumen diastólico con relación al grupo control (ANOVA $F_{44,3} = 3,789$, $p = 0,017$. Bonferroni: 1 versus 4, $t = 2,549$; 2 versus 4, $t = 2,804$).

El grupo mixto tuvo significativamente un mayor grosor relativo (Figura 5) en relación con el control (ANOVA $F_{44,3} = 6,802$, $p < 0,001$. Bonferroni: 1 versus 4, $t = 4,495$ $p < 0,05$) y mayor masa miocárdica (Figura 6) que todos los grupos (ANOVA $F_{44,3} = 13,37$, $p < 0,001$. Bonferroni: 1 versus 2, $t = 2,791$; 1 versus 3, $t = 4,122$; 1 versus 4, $t = 5,559$, $p < 0,05$). Así mismo, el grupo dinámico tuvo mayor masa miocárdica que el grupo control (Bonferroni: 2 versus 4, $t = 4,187$, $p < 0,05$).

Adicionalmente, el índice de masa (Figura 7) es significativamente mayor en el grupo mixto que en los grupos estáticos y los controles (ANOVA $F_{44,3} = 12,53$, $p < 0,001$. Bonferroni: 1 versus 4, $t = 5,16$; 1 versus 3, $t = 3,47$,

$p < 0,05$); adicionalmente el grupo dinámico superó significativamente a los controles (Bonferroni: 2 versus 4, $t = 4,917$, $p < 0,05$).

Los resultados ecocardiográficos presentados no separan varones de mujeres en los cuatros grupos estudiados, siendo importante aclarar que el grupo dinámico estuvo integrado exclusivamente por varones.

Al hacer el análisis independiente entre varones y mujeres (Tabla 2), si bien no hay significancia estadística por lo pequeño de los grupos y un bajo poder de la muestra se observa una tendencia similar a la del grupo completo, es decir, hay mayor grosor del septum interventricular y de la pared posterior en los deportistas que en los controles, siendo los deportes de componente mixto, así como los de componente predominantemente dinámico los más destacados tanto en sístole como en diástole.

Los volúmenes sistólicos cuando se analizan separadamente no ofrecen diferencias significativas en el grupo de varones. Los volúmenes diastólicos siguen siendo mayores

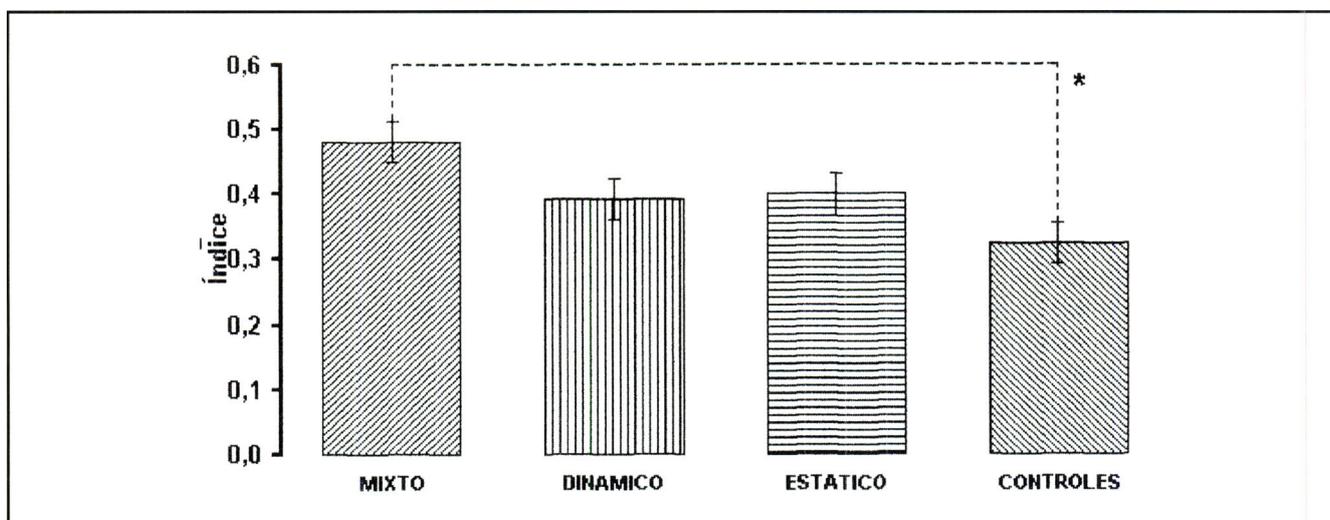


Figura 5. Grosor relativo.

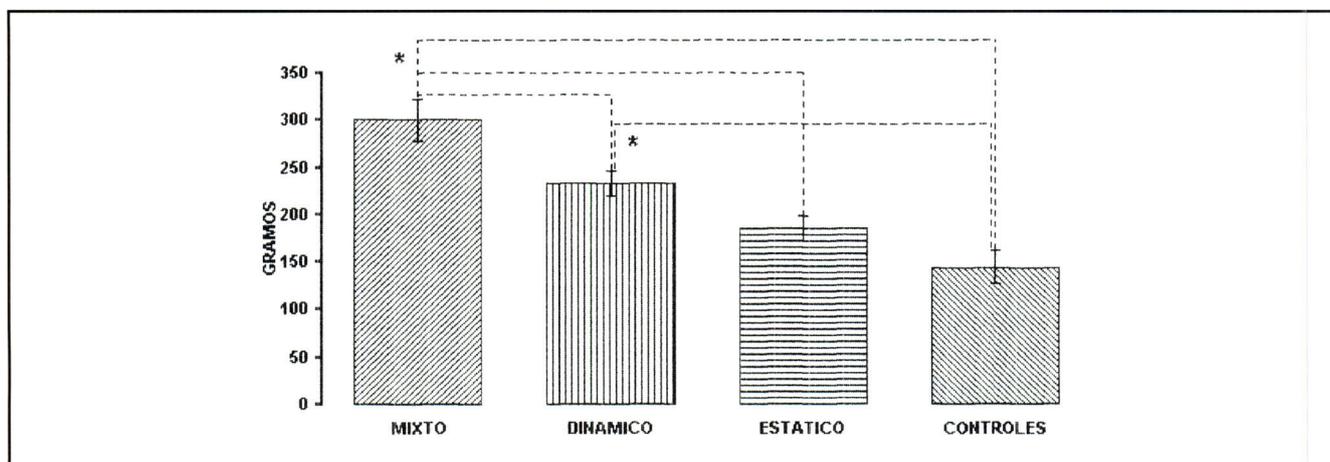


Figura 6. Masa miocárdica.

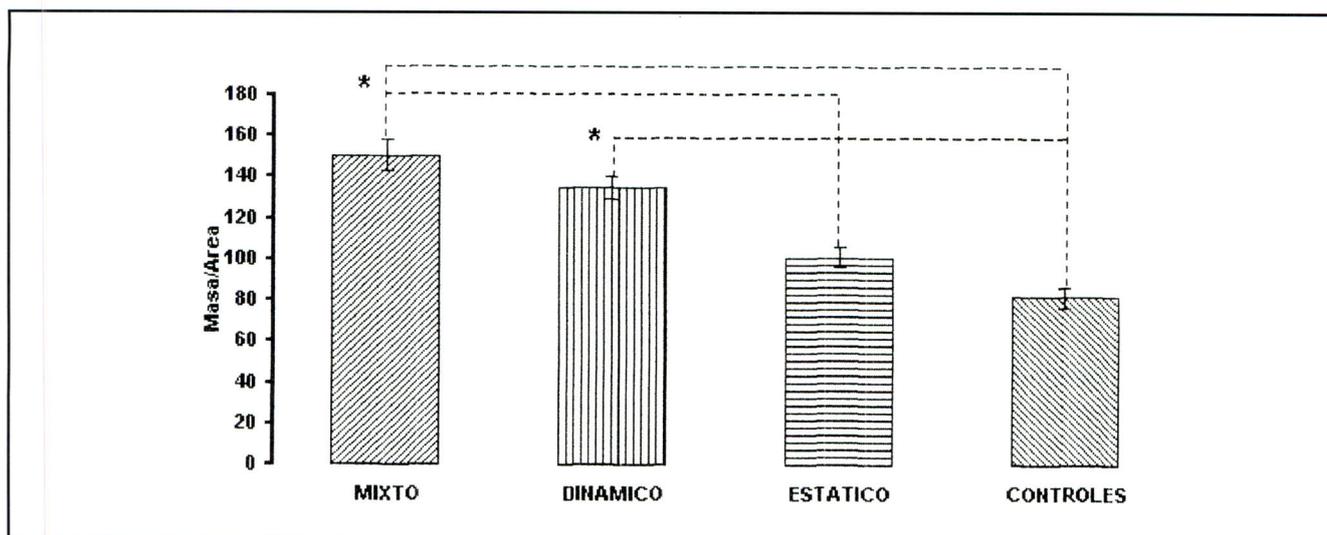


Figura 7. Índice de masa.

en los varones de componente mixto o eminentemente dinámico, pero igualmente sin significancia estadística. En las mujeres existe una tendencia a mayores volúmenes diastólicos en las deportistas en relación con sus controles.

Un ANOVA de dos vías sobre el índice de masa, donde un factor es el género y el otro es el tipo de deporte, indica que el índice de masa sigue siendo de hipertrofia ventricular, la diferencia es estadísticamente significativa en los varones de deportes de componente mixto o altamente dinámico en relación con los deportistas de componente eminentemente estático y los controles (ANOVA: para tipo de deporte: $F_{43,3} = 7,215$, $p < 0,001$; para género: $F_{43,1} = 13,88$, $p < 0,001$. Bonferroni dentro de género: $t = 3,807$, $p < 0,05$. Bonferroni dentro de tipo de deporte: 1 versus 4, $t = 3,93$; 2 versus 4, $t = 4,121$, $p < 0,05$). En las mujeres estudiadas, en relación con el índice de masa se observó una tendencia similar a la de los varones.

Discusión

Los sujetos a quienes se les realizó estudio antropométrico estuvieron agrupados de acuerdo con los lineamientos emitidos por el Colegio Americano de Cardiología (9), según la modalidad deportiva. Aunque este estudio no fue diseñado para evaluar un perfil antropométrico completo, sí es posible extraer algunas conclusiones del físico corporal, lo cual permite comparar los resultados ajustados al modelo de proporcionalidad.

El grupo mixto estuvo conformado por tres luchadores de diferentes categorías de masa corporal, un boxeador en una categoría de peso muy inferior a los anteriores y dos patinadores de trayectos cortos. La complexión muestra un predominio de la recia, excepto la del boxeador que es pequeña. El somatotipo está balanceado entre el tejido adiposo y el muscular para los dos patinadores y el boxeador, mientras que en los luchadores hay un muy fuerte componente endomórfico y un fuerte componente muscu-

lar con relativa baja talla. El índice de masa corporal es muy alto para los luchadores y aceptable para los demás integrantes del grupo.

El grupo dinámico estuvo conformado por cuatro mujeres y dieciséis varones. El somatotipo grupal muestra el predominio de la mesomorfia, al discriminarlo por el tipo de deporte, el de las dos atletas es del tipo central (no existe predominio de ningún componente), caso diferente a las dos patinadoras en las que hay ligera endomorfia; todo el grupo muestra una baja talla relativa, características poblacionales similares para este tipo de actividad deportiva. La complexión del físico corporal femenino del grupo es pequeña y media, que relacionada con el peso, indica un aumento del tejido adiposo en detrimento de la masa activa.

El grupo estático estuvo conformado por cuatro mujeres y tres varones. Dentro de las mujeres hubo dos lanzadoras de martillo y dos pesistas de categorías de peso ligeras; las lanzadoras son de complexión medio recia y recia, con exceso de grasa, con altos índices de masa corporal y pesos inadecuados; el somatotipo predominante es la endomorfia, y una baja talla relativa; las pesistas tuvieron un menor índice de masa corporal, una complexión pequeña y pequeña media, con un peso adecuado que se relaciona con los límites de las categorías en que compiten, el somatotipo es balanceado con un discreto predominio del componente adiposo. El grupo de varones muestra exceso de peso, índice de masa corporal de moderado a alto valor, complexión recia y somatotipo con ligero predominio de la mesomorfia sobre la endomorfia; la relación entre estos dos componentes es muy importante como control de entrenamiento y para los criterios de prevención en salud y factores de riesgo.

El grupo control estuvo integrado por cinco varones y cinco mujeres universitarios, con bajos niveles de actividad física habitual, pero con buen estado de salud. El grupo femenino presentó un índice de masa corporal adecuado

pero con predominio de grasa central, siendo el somatotipo endomórfico. El grupo masculino tuvo predominio de la muscularidad con altos valores de tejido adiposo tanto central como periférico y con índices de masa corporal próximos al valor mayor de la normalidad para factores de riesgo. En general, el grupo control exhibe un incremento del peso corporal a expensas de la grasa tanto central como periférica.

Las variaciones cardíacas relacionadas con el ejercicio han sido descritas desde hace más de un siglo (18), siendo conocidas como el "corazón del atleta", presentándose una serie de adaptaciones morfológicas y funcionales; se desconoce la totalidad de los factores fisiológicos que llevan a este fenómeno (19). Desde el punto de vista ecocardiográfico el deporte de alta selección, con arduas y continuadas sesiones de entrenamiento, produce en nuestros atletas un aumento de los diámetros y volúmenes ventriculares principalmente cuando la modalidad deportiva tiene un gran componente dinámico. Lo mismo ocurre con el grosor de sus paredes como se constata con la literatura (8, 20, 21), observándose una hipertrofia ventricular indistinguible en ocasiones de estados patológicos (22, 23), caracterizándose por conservar una función diastólica dentro de límites normales (21, 24).

Cuando se comparan los resultados entre los grupos de deportistas, fueron las modalidades de componente mixto y dinámico las que desarrollaron mayor espesor en la pared posterior, mayor masa e índice de masa miocárdica en relación con los demás grupos. Igualmente, la modalidad mixta desarrolla un mayor grosor relativo que el grupo control. Estos dos grupos califican para hipertrofia ventricular. Consecuentemente con el aumento de la masa y del índice de masa está dado por aumento en el grosor de la pared septal y la pared posterior, así como en los diámetros sistólico y diastólico en el grupo dinámico y mixto, hallazgo concordante con lo encontrado en un metaanálisis hecho en Holanda (25).

A pesar de lo descrito en la literatura (26), no hubo diferencias estadísticamente significativas en el volumen latido medido en los diferentes grupos de deportistas y en los controles. Con respecto a la fracción de expulsión, ésta fue normal en todos los deportistas y controles, sin existir diferencias significativas entre grupos.

Parece correcto afirmar que la sobrecarga de volumen del ventrículo izquierdo (deportes dinámicos) compensa el estrés sistólico de la pared, hipertrofiando dichas paredes (1). Igualmente, la sobrecarga de presión de los deportes estáticos que hipertrofian las paredes ventriculares también compensan el estrés de pared dilatando la cavidad y conservando así un equilibrio entre masa y volumen con un grosor relativo dentro de lo normal (24-28).

Finalmente, este es un estudio observacional en un pequeño grupo de deportistas, que no permite extrapolar los resultados a los atletas colombianos en general, pero permite tener por primera vez en nuestra zona geográfica una

visión de los cambios morfológicos cardíacos que induce el ejercicio. Se requiere de una muestra mayor de deportistas colombianos para obtener una evidencia que permita generalizar estos hallazgos.

Summary

Introduction: the physical activity demands some physiological body changes in the muscular and the cardiovascular system.

Aim: to compare anthropometry and echocardiographic changes secondary to longest training in elite athletes.

Methods: descriptive and cross-sectional study in 33 elite athletes and 10 controls. They were classified in three groups according to the kind of exercise: dynamic, static and combined (dynamic and static). Echocardiographic patterns were systolic and diastolic diameter, wall thickness, stroke volume, ejection fraction and left ventricular mass.

Results: there were no differences in the ejection fraction, stroke volume and systolic wall stress. Differences were found in septum thickness, posterior wall thickness in dynamic and combined groups. This findings suggest morphological changes similar to left ventricular hypertrophy.

Key words: anthropometry, athletes, cardiology, echocardiography, physiology.

Referencias

1. Chaves AM, Meló G, Bautista LE, Vesga BE. Cambios en la morfología cardíaca generados por el ejercicio. *Salud UIS* 1998; 29: 76-81
2. Astrand R. Fisiología del trabajo físico. Tercera edición. Buenos Aires: Editorial Médica. Panamericana, 1992
3. Fleck S. Cardiovascular adaptations to resistance training. *Med Sci Sports* 1988; 20: 146-151
4. Michael H. El Corazón del Deportista. *Cardiol Clin* 1992
5. Laurenceaus JL, Turcot J, Rumesnil J. Estudio ecocardiográfico del corazón de atleta. En: Broustet JP, ed. *Cardiología deportiva*. París: Toray - Masson SA, 1980
6. Melgarejo RL. ¿Qué es y para qué sirve la ecocardiografía - Doppler?. En: memorias del VIII Curso de Actualización Médico - Quirúrgica. Bogotá: ASMEDAS Cundinamarca, 1990
7. Feigenbaum. Echocardiography. Fifth Edition. New York: Harvey; 1995: 104 - 111
8. Marón BJ. Structural features of the athlete heart as defined by echocardiography. *J Am Coll Cardiol* 1986; 7: 190 - 203
9. Colegio Americano de Cardiología. Vigésima sexta conferencia. Bethesda, Maryland, 1994
10. Documenta, Geigy. Tablas científicas. Séptima edición. Basilea, Suiza: Geigy, 1975: 546
11. Malina RM, Bouchard C. Growth, Maturation, and Physical Activity. Illinois: Human Kinetics Books, 1991: 65-85
12. Ross WD, Marfell - Jones MJ. Kinanthropometry. In: Physiological testing of the high - performance athlete. Illinois: Human Kinetics Books, 1991: 223-307
13. Camacho J. Apuntes sobre composición corporal en atletas. Cuadernillo Coldeportes Antioquia, 1985
14. Jáuregui G. Acerca de la grasa corporal. Documentos Coldeportes Nacional 1990
15. Lohman TG, Martorell R. Anthropometric Standardization Reference Manual. Illinois: Human Kinetics Books Champaign, 1991
16. Schallant RC. HURST'S The Heart. Eight Edition, New York: McGraw Hill; 1994:383
17. Dirección de Desarrollo Científico y Tecnológico, Ministerio de Salud de Colombia. Normas científicas, técnicas y administrativas para la investigación en salud. Resolución No. 008430 de 1993. Bogotá, D.C. 1993

18. **Oliveira JA, Silva A, Lira E.** Coracao de atleta em desportistas deficientes de elite. *Ar Bras Cardiol* 1997; **69**: 385-388.
19. **Boraita A, Serratos L.** El corazón del deportista. *Rev Esp Cardiol* 1998; **51**: 356-368
20. **Oakley D.** The athlete's heart. *Heart* 2001; **86**: 722-726.
21. **Douglas PS, O'Toole ML, Heller WD, Reichek N.** Left ventricular structure and function by echocardiography in ultraendurance athletes. *Am J Cardiol* 1986; **58**: 805-809.
22. **Hildick DJR, Shapiro LM.** Echocardiographic differentiation of pathological and physiology left ventricular hypertrophy. *Heart* 2001; **85**: 615-619.
23. **Lattanzi F.** Normal ultrasonic myocardial reflectivity in athletes with increased left ventricular mass. A tissue characterization study. *Circulation* 1992; **85**: 1.828-1834.
24. **Colan SD, Sanders SP, McPerson D, Borow KM.** Left ventricular diastolic function in elite athletes with physiologic cardiac hypertrophy. *J Am Coll Cardiol* 1985; **6**: 545-549.
25. **Pluim BM, Zwiderman AH, Van der Laarse A, Van der Wall E.** The athlete's heart. A meta-analysis of cardiac structure and function. *Circulation* 1999; **100**: 336-344.
26. **Percy RF, Conetta DA, Miller AB.** Echocardiographic assessment of the left ventricular of endurance athletes just before and after exercise. *Am J Cardiol* 1990; **65**: 1.140-1.144.
27. **Fagard R.** Cardiac structure and function in cyclists and runners. Comparative echocardiographic study. *Br Heart J* 1984; **52**: 124-129.
28. **Mitchell JH, Whaskell PB.** Classification of sports. *Med Sci Sport Exer* 1994; **26**: 5.242s-5.245s.