

Revista Médica del Hospital General de México

Volumen
Volume **65**

Número
Number **4**

Octubre-Diciembre
October-December **2002**

Artículo:

Variables cardiopulmonares del reposo y ergoespirométricas de atletas mexicanos de alto rendimiento

Derechos reservados, Copyright © 2002:
Sociedad Médica del Hospital General de México, AC

Otras secciones de este sitio:

- ☞ Índice de este número
- ☞ Más revistas
- ☞ Búsqueda

Others sections in this web site:

- ☞ *Contents of this number*
- ☞ *More journals*
- ☞ *Search*



Hedigraphic.com



VARIABLES CARDIOPULMONARES DEL REPOSO Y ERGOESPIROMÉTRICAS DE ATLETAS MEXICANOS DE ALTO RENDIMIENTO

Javier Padilla Pérez,* Patricia Ojeda Cruz,*
Óscar López Santiago,* Yolanda Morales Godos*

RESUMEN

Introducción: Se compararon la frecuencia cardiaca y la presión arterial del reposo de grupos mexicanos del deporte de alto rendimiento, a partir de diferencias significativas de la captación máxima de oxígeno ($\dot{V}O_{2\max}$) relativa a la masa corporal total ($\dot{V}O_{2\max}\text{Rel}$). **Material y métodos:** Los voluntarios ($N = 69$) fueron no entrenados ($NOE_{n=12}$), y deportistas ($n = 57$): $KRS_{(n=36)}$ = karate-do + remo + soccer y, $MFM_{(n=21)}$ = medio fondo (atletas de 800 y 1,500 metros planos + 5 mil y 10 mil metros planos + caminata de 20 y 50 km) + maratón. La frecuencia cardiaca se midió por auscultación y la presión arterial con esfigmomanómetro. Se aplicó una prueba máxima de ergoespirometría con medición directa de $\dot{V}O_2$ a 2,240 metros de altitud. **Resultados:** NOE y $KRS > MFM$ en frecuencia cardiaca (63 ± 1 y $61 \pm 2 > 53 \pm 3$, latidos·min $^{-1}$, respectivamente) y en $\dot{V}O_{2\max}\text{Rel}$ (38 ± 3 y $46 \pm 1 > 56 \pm 3$, mL·kg $^{-1}$ ·min $^{-1}$, respectivamente). **Discusión:** Estas diferencias de frecuencia cardiaca del reposo y de $\dot{V}O_{2\max}\text{Rel}$ se explican por diferentes grados de adecuación fisicodeportiva de resistencia, existente entre grupos. **Conclusión:** Se concluye que es posible distinguir grupos del deporte con diferente grado de adecuación fisicodeportiva de resistencia central (frecuencia cardiaca) y periférica ($\dot{V}O_{2\max}\text{Rel}$).

Palabras clave: Atletas, mexicanos, deportes, resistencia, frecuencia cardiaca, captación máxima de oxígeno, $\dot{V}O_{2\max}$.

ABSTRACT

Introduction: Were compared the resting heart rate (FC) and the resting arterial pressure (AP) of Mexican groups of the high-performance sport, as of meaningful differences of the maximum oxygen uptake ($\dot{V}O_{2\max}$) related to the total body mass ($\dot{V}O_{2\max}\text{Rel}$). **Methods:** The volunteers ($N = 69$) were untrained (UNT = 12), and sportsmen ($n = 57$): $KRS_{(n=36)}$ = karate-do + rowers + soccer and, $MFM_{(n=21)}$ = middle fond (athletes of 800 and 1500 dash m + 5000 and 10000 dash m + walkers of 20 km and 50 km) + marathon. The heart rate was measured by auscultation and the arterial pressure with sphygmomanometer. We applied a maximum effort test on cycle-ergometer of ergo-spirometry with direct measurement of $\dot{V}O_2$ at 2240 m of altitude. **Results:** UNT and KRS > MFM in both heart rates (63 ± 1 and $61 \pm 2 > 53 \pm 3$, beats·min $^{-1}$, respectively) and $\dot{V}O_{2\max}\text{Rel}$ (38 ± 3 and $46 \pm 1 > 56 \pm 3$, mL·kg $^{-1}$ ·min $^{-1}$, respectively). **Discussion:** These differences of heart rate of the rest and of $\dot{V}O_{2\max}\text{Rel}$, are explained by different degrees of appropriateness sport-physical endurance, existing between groups. **Conclusions:** It is conclude, that it is possible to distinguish sport groups with different degree of appropriateness central endurance (FC) and peripheral endurance ($\dot{V}O_{2\max}\text{Rel}$).

Key words: Athletes, Mexican, sports, endurance, heart rate, $\dot{V}O_{2\max}\text{Rel}$.

INTRODUCCIÓN

Una capacidad de rendimiento es la resistencia fisicodeportiva (resistencia cardiovascular y musculoesquelética), requisito previo y decisivo para un rendimiento

adecuado en varias especialidades deportivas.¹ La resistencia cardiovascular es un componente del estado de salud, relacionado con la aptitud física, y es la habilidad de los sistemas cardiovascular, hemático y respiratorio para aportar oxígeno (O_2) al cuerpo durante ejercicio ligero (v.gr., caminata), moderado (v.gr., trote) o intenso (v.gr., 10 mil metros planos y maratón), pero prolongado (v.gr., 10 o 15

* Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional.

minutos de duración).² La captación máxima de O_2 ($\dot{V}O_{2\text{máx}}$) es aquella que se observa en una persona durante su esfuerzo ergométrico también máximo (potencia ergométrica máxima). La $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ es un indicador de capacidad aerobia o de la evaluación funcional de los sistemas cardiovascular, respiratorio, hemodinámico y muscular.³

La resistencia musculoesquelética es la habilidad de una persona para mantener una fuerza específica isométrica o una determinada potencia específica (v.gr., prueba ergométrica de esfuerzo máximo) mediante una combinación de contracciones musculares concéntricas y excéntricas; es decir, a mayor resistencia musculoesquelética mayor potencia ergométrica máxima.^{1,4} Al dividir la potencia ergométrica máxima en watts entre la masa corporal total (MCT) en kg, se obtiene el índice de potencia ergométrica máxima (IP_{máx}), un indicador de resistencia ergométrica musculoesquelética, también mayor en entrenados en resistencia fisicodeportiva.⁵

Con el acondicionamiento fisicodeportivo de resistencia, aumenta la actividad enzimática de las fibras musculoesqueléticas (sobre todo en las de tipo I o lentas), por lo que la capacidad del metabolismo energético corporal, para oxidar lípidos (disminuye la adiposidad corporal subcutánea) y glucosa están aumentadas; existe un incremento de la gluconeogénesis, en los depósitos de glucógeno (muscular y hepático) y de triglicéridos musculares; la capilarización muscular cardiaca y esquelética están también aumentadas y la captación, transporte y utilización de oxígeno se expresan como un $\dot{V}O_2$ aumentado.^{2,6} Un aumento de la $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ concomitante con una mayor capacidad de utilización de O_2 por la masa musculoesquelética² disminuye el índice de masa corporal total (IMC, kg·estatura en m^2), un indicador general de un estilo de vida positivo.⁷ En consecuencia, las personas con una $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ numéricamente alta en su potencial biológico, tienen una condición previa favorable para un mejor desempeño fisicodeportivo de resistencia.^{1,6} Estas personas, al igual que los deportistas de alto rendimiento en resistencia, poseen cifras de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ significativamente superiores a las de una población promedio.^{1,6}

Finalmente, al dividir el $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ (absoluto) entre la MCT en kg, obtenemos el $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ relativo a la MCT ($\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$). El $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$, comparado con el absoluto ($\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Abs}$), es la mejor medida de evaluación de diferencias de potencia aerobia entre un deporte comparado con otro en capacidad de resistencia fisicodeportiva.^{3,6,8} En consecuencia, $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$ representa una diferencia real (biológica) de la aptitud

central (cardiopulmonar) y periférica (hematóvascular y respiración celular musculoesquelética) que depende del estado de entrenamiento.⁴

El valor numérico de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ se relaciona con el nivel o rendimiento deportivo y es mayor en entrenados en deportes de resistencia fisicodeportiva (v.gr., 10 mil metros planos, caminata de 20 y 50 km, maratón y ciclismo de ruta), así como en personas entrenadas comparadas con las que no lo están.^{1,6} Los valores numéricos mayores de $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$ se observan en deportes que poseen un componente aerobia numéricamente alto y que demandan un esfuerzo sostenido durante periodos prolongados.^{6,8} Además, con el entrenamiento aerobia, el corazón aumenta su tamaño,⁹ su volumen de eyección¹⁰ y con ello disminuye la frecuencia cardiaca (FC),¹¹ pero el gasto cardiaco de reposo y máximo están aumentados en atletas de especialidades como el maratón, ciclismo de ruta, corredores de campo traviesa y atletas de caminata.^{5,9,12} Es más, el número de capilares por fibra musculoesquelética también aumenta y ello se acompaña de un estado de reposo de predominio vagotónico pues la presión arterial (PA) disminuye ligeramente.^{13,14}

Toda actividad deportiva tiene en proporción variable un componente aerobia (v.gr., $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Abs}$) de resistencia fisicodeportiva (v.gr., $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$) y de promoción de la salud (v.gr., MCT e IMC idóneos), ya que en atletas de resistencia fisicodeportiva el volumen cardiaco es mayor, y su frecuencia cardiaca¹⁰ y presión arterial del reposo son menores; lo que no ha sido estudiado en atletas mexicanos de alto rendimiento.

El propósito de este trabajo fue comparar entre grupos de diversas especialidades del deporte mexicano de alto rendimiento las frecuencias cardíacas y presiones arteriales (sistólica, diastólica y media) de reposo con base en el componente de resistencia fisicodeportiva, la $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$, de cada especialidad deportiva. La hipótesis de este trabajo fue la siguiente: Si entre grupos del deporte existen diferencias en $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$, entonces también las habrá en el sistema cardiovascular en términos de frecuencia cardíaca y presión arterial del estado de reposo.

MATERIAL Y MÉTODOS

Voluntarios. Cooperaron en este estudio, sujetos voluntarios masculinos clínicamente sanos, sin antecedentes heredofamiliares, ni de padecimiento reciente de alguna enfermedad o contraindicación para hacer una prueba de esfuerzo máximo conforme a lo estipulado por el *American College of Sport Medi-*

ne.¹⁵ Este trabajo fue aprobado por el Comité Ético local de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional, y se obtuvo por escrito el consentimiento de cada voluntario. La muestra total (N = 69) se dividió en no entrenados (n = 12) y deportistas (n = 57). El criterio de inclusión de los no entrenados fue que no tuvieran una historia de participación regular en programas de entrenamiento (previo o actual), ejercicio físico o actividad deportiva. Los deportistas fueron atletas de alto rendimiento del Comité Olímpico Mexicano, de la Confederación Deportiva Mexicana y del Instituto Politécnico Nacional de diferentes deportes, agrupados con base en sus características de desempeño fisicodeportivo, tales como tener tiempos o logros similares para una misma distancia o evento deportivo y, en su caso, por su posición en el escalafón oficial (nacional o internacional) de su especialidad deportiva.¹⁶⁻²⁰

Grupos. Del conjunto de deportistas se formaron seis grupos del deporte a saber, karate-do (n = 14) con cintas verdes, cafés y negras; remo (n = 12) de la especialidad de 2,000 metros; soccer (n = 10) de una reserva profesional; medio fondo (n = 6) integrado por atletas de 800 y 1,500 metros planos, así como de 5 mil y 10 mil metros planos; caminata (n = 8) de 20 y 50 km; y maratón (n = 7).⁵

El grupo de no entrenados y los seis grupos del deporte se reagruparon de acuerdo a su $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$ en sólo tres (3G); es decir, no entrenados, KRS_(n = 36) = karate-do + remo + soccer y, MFM_(n = 21) = medio fondo + caminata + maratón.

Antropometría general. La edad cronológica se computó al restar a la fecha del momento del estudio la de nacimiento de cada voluntario. La estatura y la masa corporal se midieron en una báscula clínica (BAME) con estadiómetro integrado con base en la técnica de Tanner.^{12,21}

Signos vitales (excepto temperatura corporal). Cada voluntario estuvo 20 minutos sentado, seguido de mediciones clínicas de la FC (FCR) y frecuencia respiratoria (FRR) auscultadas mediante un estetoscopio; así como de la presión arterial (PAS y PAD) mediante un esfigmomanómetro de columna de mercurio (Boum) a través de observaciones visual, palpatoria y auscultatoria.¹²

Prueba de esfuerzo máximo. La $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ fue medida con un sistema directo de respirometría de circuito abierto durante el último minuto de cada carga de trabajo creciente, hasta lograr el esfuerzo máximo (prueba de esfuerzo máximo). El volumen espirado fue medido con un gasómetro Tissot propiedad del Instituto Nacional de Enfermedades Res-

piratorias de la Secretaría de Salud. Del volumen espirado se midió la concentración de $\dot{V}O_2$ con un analizador electroquímico de O_2 (Medical Analyzer IL404), y la de CO_2 con un analizador infrarrojo de CO_2 (Medical Analyzer IL200). Con estos datos se calculó la $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ para la condición estándar de dicho gas (STPD). La $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ fue definida como la $\dot{V}O_2$ obtenida durante el mayor poder de desempeño físico ($Pot_{\text{máx}}$) al pedalear sentado y de modo continuo en una bicicleta ergométrica electrónica (Collins, Pedal Mate) durante una prueba de ejercicio de poder físico creciente.⁶ Dicha prueba ergométrica inició con 50 watts (W) durante los dos primeros minutos iniciales; enseguida, los incrementos fueron de 25 W por cada minuto hasta que el sujeto voluntario no pudiera sostener una frecuencia de pedaleo de 60 revoluciones por minuto. La frecuencia cardíaca (FC) fue monitoreada electrónicamente durante el estado de reposo y enseguida cada minuto durante el desarrollo de dicha prueba. Cada prueba de esfuerzo máximo se llevó a cabo por las mañanas (7:00-10:30 horas). Los deportistas hicieron dicha prueba al final de su temporada competitiva.

Formulario. Los siguientes cálculos fueron computados:

Cálculo de la presión arterial media. De la presión arterial sistólica (PAS) y presión arterial diastólica (PAD) se calculó la presión arterial media (PAM, mmHg):

$$PAM = PAD \text{ (mmHg)} + [(PAS \text{ (mmHg)} - PAD \text{ (mmHg)})/3]$$

Ejemplo, $PAM = 80 \text{ mmHg} + [(120 \text{ (mmHg)} - 80 \text{ (mmHg)})/3]$
 $= 93.33 \text{ (mmHg)}$

Estimación del índice de masa corporal total. La MCT (kg) se dividió entre la estatura en m^2 para calcular el IMC ($kg \cdot m^{-2}$):

$$IMC = MCT \text{ (kg)} / \text{Estatura} \text{ (m}^2\text{)}$$

Ejemplo, $IMC = 68 \text{ (kg)} / [1.70 \text{ (m)}]^2$
 $= 23.53 \text{ (kg} \cdot \text{m}^{-2}\text{)}$

Estimación del índice de potencia máxima. El $IP_{\text{máx}}$ ($W \cdot kg^{-1}$) se obtuvo al dividir la potencia ergométrica máxima ($Pot_{\text{máx}}$) por la MCT:

$$IP_{\text{máx}} = Pot_{\text{máx}} \text{ (watts)} / MCT \text{ (kg)}$$

Ejemplo, $IP_{\text{máx}} = 225 \text{ (watts)} / 63 \text{ (kg)}$
 $= 3.5 \text{ (W} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)}$

Cálculo de la captación máxima de oxígeno relativo a la masa corporal total. El $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Abs}$ fue dividido entre la masa corporal total (MCT) para obtener el $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$ a la MCT ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$):

$$\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel} = O_{2\text{máx}}\text{Abs} (\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}) / \text{MCT} (\text{kg})$$

Ejemplo, $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel} = 3000 (\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}) / 63 (\text{kg}) = 47.62 (\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1})$

Análisis estadístico. Se aplicaron procedimientos de estadística descriptiva y, mediante el coeficiente de Pearson, se buscó una posible relación entre los datos de antropometría general, signos vitales, ergometría máxima y cardiopulmonares máximos. Éstos fueron también tratados mediante un análisis de varianza (ANOVA), cuando el ANOVA mostró ser significativo para un nivel de 0.05 o mejor ($p < 0.05$), el análisis *post-hoc* de Student-Newman-Keuls permitió identificar diferencias significativas entre dichas variables.²²

RESULTADOS

Las características antropométricas generales, signos vitales, ergoespirométricos y cardiopulmonares máximos de la muestra de atletas y de los siete grupos se muestran en los cuadros I y II, respectivamente.

Antropometría general. A pesar de que el análisis *post-hoc* mostró que la estatura fue mayor en remo comparado con no entrenados, karate-do, soccer, medio fondo, caminata y maratón ($F_{\text{índice}} = 5$, $p < 0.001$) (Cuadro II), sólo se observó que la MCT resultó mayor en remo respecto a maratón ($F_{\text{índice}} = 4$, $p < 0.005$) (Cuadro II), mientras que el IMC fue mayor en no entrenados comparados con maratón ($F_{\text{índice}} = 3$, $p < 0.02$) (Cuadro II).

Signos vitales. El análisis *post-hoc* permitió observar que la FCR fue mayor en karate-do comparado con remo, soccer, medio fondo, caminata y maratón ($F_{\text{índice}} = 5$, $p < 0.001$) (Cuadro II).

Respuesta ergométrica máxima. El análisis *post-hoc* mostró que la potencia ergométrica máxima fue similar entre no entrenados y karate-do, pero ambos grupos resultaron menores comparados con remo, soccer, medio fondo, caminata y maratón ($F_{\text{índice}} = 11$, $p < 0.001$) (Cuadro II); lo que también se observó para el $IP_{\text{máx}}$; es decir, no entrenados y karate-do, fueron también menores en $IP_{\text{máx}}$ comparados con remo, soccer, medio fondo, caminata y maratón ($F_{\text{índice}} = 10$, $p < 0.001$) (Cuadro II).

Respuesta cardiopulmonar máxima. El análisis *post-hoc* mostró una menor $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Abs}$ en no entrenados comparados los de medio fondo y maratón, mientras que soccer fue menor respecto a remo ($F_{\text{índice}} = 4$, $p < 0.004$) (Cuadro II). El $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$ re-

Cuadro I. Características de la muestra de atletas.

Variable	Promedio \pm error estándar de la media	Rango
<i>Antropometría general</i>		
Edad (años)	24.0 \pm 0.7	15 - 45
Estatura (cm)	172.0 \pm 0.8	160 - 184
Masa corporal total (kg)	64.2 \pm 1.0	52 - 79
Índice de masa corporal total ($\text{kg}\cdot\text{m}^{-2}$)	22.0 \pm 0.2	17 - 26
<i>Signos vitales</i>		
Frecuencia respiratoria (ciclos· min^{-1})	18.0 \pm 0.8	12 - 44
Frecuencia cardiaca (latidos· min^{-1})	59.0 \pm 1.5	39 - 93
Presión arterial sistólica (mmHg)	109.4 \pm 2.0	80 - 140
Presión arterial diastólica (mmHg)	68.0 \pm 1.0	50 - 86
Presión arterial media (mmHg)	82.1 \pm 1.3	107 - 73
<i>Ergometría máxima</i>		
Potencia (watts)	225.0 \pm 5.0	150 - 300
Índice de potencia ($\text{W}\cdot\text{kg}^{-1}$)	4.0 \pm 0.1	2 - 4
<i>Captación máxima de oxígeno</i>		
$\dot{V}O_2$ ($\text{L}\cdot\text{min}^{-1}$)	3.1 \pm 1.0	2 - 5
$\dot{V}O_2$ ($\text{mL}\cdot\text{kg}^{-1}\cdot\text{min}^{-1}$)	50.0 \pm 1.4	31 - 74

Cuadro II. Características de un grupo de no entrenados y seis grupos del deporte.

Variable	No entrenado (10)	Karate-Do (14)	Remo (12)	Soccer (10)	Medio fondo (6)	Caminata (8)	Maratón (7)
<i>Antropometría general</i>							
Edad (años)	27 ± 4	25 ± 2	21 ± 1	20 ± 1	23 ± 2	25 ± 1	29 ± 2
Estatura (cm)	170 ± 2 ^a	170 ± 1 ^a	178 ± 1 ^b	172 ± 2 ^a	171 ± 2 ^a	171 ± 1 ^a	169 ± 2 ^a
MCT (kg)	68 ± 2	63 ± 2	71 ± 2 ^a	64 ± 2	62 ± 1	63 ± 2	59 ± 2 ^b
IMC (kg· m ⁻²)	24 ± 1 ^a	22 ± 1	22 ± 0.4	22 ± 0.3	21 ± 0.3	22 ± 1	21 ± 1 ^b
<i>Signos vitales</i>							
FR (ciclos· min ⁻¹)	20 ± 1	16 ± 1	16 ± 1	23 ± 2	23 ± 6	16 ± 1	17 ± 1
FC (latidos· min ⁻¹)	63 ± 1	69 ± 3 ^a	54 ± 2 ^b	59 ± 1 ^b	55 ± 2 ^b	55 ± 6 ^b	50 ± 4 ^b
PAS (mmHg)	111 ± 7	114 ± 3	113 ± 4	107 ± 2	98 ± 5	105 ± 3	112 ± 4
PAD (mmHg)	72 ± 7	71 ± 2	63 ± 3	69 ± 1	62 ± 2	69 ± 2	73 ± 3
PAM (mmHg)	85 ± 7	85 ± 2	80 ± 3	82 ± 1	74 ± 3	81 ± 3	86 ± 3
<i>Ergometría máxima</i>							
Potencia (watts)	185 ± 10 ^a	191 ± 9 ^a	260 ± 9 ^b	225 ± 5 ^b	233 ± 14 ^b	225 ± 11 ^b	225 ± 8 ^b
IP (W· kg ⁻¹)	2.8 ± 0.2 ^a	3.0 ± 0.1 ^a	3.7 ± 0.1 ^b	3.5 ± 0.1 ^b	3.8 ± 0.1 ^b	3.6 ± 0.1 ^b	3.9 ± 0.1 ^b
<i>Captación máxima de oxígeno</i>							
VO ₂ (L· min ⁻¹)	2.5 ± 0.2 ^a	2.9 ± 0.1	3.3 ± 0.2 ^c	3.0 ± 0.1 ^d	3.7 ± 0.4 ^b	3.3 ± 0.2	3.5 ± 0.4 ^b
VO ₂ (mL· min ⁻¹ · kg ⁻¹)	38 ± 3 ^{a,d}	46 ± 2 ^{a,d,f}	47 ± 2 ^a	46 ± 3 ^{a,d}	61 ± 6 ^b	52 ± 4 ^{d,e}	59 ± 4 ^c

Los diferentes superíndices en letras para cada renglón son diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores promedio ± error estándar de la media, identificados mediante un análisis *post-hoc* (Student-Newman-Keuls)

sultó mayor en medio fondo comparado con no entrenados, karate-do, remo y soccer, al mismo tiempo que maratón fue mayor comparado con no entrenados, karate-do, soccer y caminata y, finalmente, caminata tuvo mayor VO_{2máx} Rel que karate-do ($F_{índice} = 6$, $p < 0.001$) (*Cuadro II*). Esto último (las diferencias significativas de VO_{2máx} Rel entre conjuntos de grupos) nos indujo reagrupar los siete grupos mencionados (*Cuadro II*), en sólo tres, previamente denominados 3G (no entrenados KRS y MFM) para hacer más notorias dichas diferencias significativas (*Cuadro III*). El análisis *post-hoc* de la antropometría general en 3G, mostró una MCT menor en el grupo MFM (medio fondo + caminata + maratón) ($F_{índice} = 4$, $p < 0.02$), pero no se observaron diferencias significativas entre los integrantes de 3G en el IMC (*Cuadro III*). Los signos vitales en 3G, resultaron con una FCR menor en el grupo MFM ($F_{índice} = 4$, $p < 0.02$), pero no se observaron diferencias significativas entre los integrantes de 3G en la presión arterial (*Cuadro III*). La ergometría máxima en 3G, mostró una potencia ergométrica máxima menor en el grupo de no entrenados comparado con KRS y MFM ($F_{índice} = 5$, $p < 0.009$) (*Cuadro III*), mientras que IP_{máx} resultó significativamente diferente entre los integrantes de

3G ($F_{índice} = 16$, $p < 0.001$) (*Cuadro III*). La potencia aerobia máxima en 3G resultó significativamente diferente entre los integrantes de 3G en VO_{2máx} Abs ($F_{índice} = 6$, $p < 0.005$) (*Cuadro III*) y en VO_{2máx} Rel ($F_{índice} = 13$, $p < 0.001$) (*Cuadro III*). Sin embargo, como la prueba de normalidad no se cumplió para el VO_{2máx} Rel, se utilizó el análisis no paramétrico de varianza por rangos de Kruskal-Wallis método de comparación múltiple de Dunn²² y se encontró lo mismo que para la FCR, es decir, sólo se observó una VO_{2máx} Rel mayor en el grupo MFM comparado con los dos grupos restantes (KRS y no entrenados) ($H = 16$, $p < 0.001$) (*Cuadro III*). Sin embargo, si bien la relación entre FCR y VO_{2máx} Rel fue inversa como se esperaba, ésta resultó ser baja en la muestra total ($r = -0.40$, $N = 67$, $p < 0.002$) y en los grupos del deporte ($r = -0.34$, $N = 57$, $p < 0.01$).

DISCUSIÓN

Análisis post-hoc entre grupos del deporte. Antropometría general. No obstante que fueron observadas la mayor estatura y masa corporal total en remo, el indicador general del estilo de vida (IMC) entre grupos del deporte (karate-do, remo, soccer, medio fon-

do, caminata y maratón) fue similar entre ellos, lo que habla del beneficio que la actividad física regular tiene sobre la constitución corporal;^{1,5,7} mientras que el IMC mayor en no entrenados comparado con maratón, representa los casos extremos (no entrenado *versus* entrenado en resistencia fisicodeportiva) de esta regularidad.

Signos vitales. La FCR mayor en karate-do comparado con remo, soccer, medio fondo, caminata y maratón se explicaría por un lado porque la práctica del karate-do se caracteriza por la ejecución rápida o explosiva de técnicas defensivas y ofensivas en las que predomina el componente anaerobio sobre el componente aerobio, lo que causaría una menor adaptación hacia un mayor volumen de eyección acompañado de una FCR menor. Por otro lado, en personas clínicamente sanas, una FCR aumentada en deportistas, también puede deberse a un estado de fatiga,²³⁻²⁵ estrés mental y condiciones ambientales,²⁶ lo que también pudo ser responsable en menor grado de la mayor FCR observada en karate-do.

Respuesta ergométrica máxima. La potencia ergométrica máxima y el IP_{máx} fueron similares entre no entrenados y karate-do, pero ambos grupos resul-

taron menores (en potencia ergométrica máxima y en IP_{máx}) comparados con remo, soccer, medio fondo, caminata y maratón. Ello significa que no entrenados y karate-do fueron los grupos de menor resistencia musculoesquelética (periférica).^{1,4}

Respuesta cardiopulmonar máxima. $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Abs.}$

Una menor $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Abs}$ en no entrenados comparada con la de medio fondo y maratón no fue una sorpresa ya que ello ha sido observado previamente;^{4,5} mientras que soccer tuvo menor potencia aerobia absoluta comparado con remo, probablemente debido a que remo fue más alto y de mayor MCT que soccer.

$\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel.}$ Al observar que $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$ causó un conjunto de grupos con diferencias significativas de adaptación fisicodeportiva en términos de $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{Rel}$,¹² se justificó su reagrupación en 3G para observar lo siguiente:

Antropometría general en 3G. El hecho de que la MCT fue menor en el grupo MFM, pero no hubo diferencias significativas entre los integrantes de 3G en el IMC, confirmó lo que ya hemos descrito para los seis grupos del deporte (no diferencias de IMC entre ellos).

Cuadro III. Características de los grupos 3G.

Variable	No entrenados	Karate-do + remo + soccer	Maratón + caminata + medio fondo
<i>Antropometría general</i>			
Edad(años)	27 ± 4	22 ± 1	25 ± 1
Estatura (cm)	170 ± 2	173 ± 1	170 ± 1
Masa corporal total (kg)	68 ± 2 ^a	66 ± 1 ^a	61 ± 1 ^b
Índice de masa corporal (kg· m ⁻²)	24 ± 1	22 ± 0	21 ± 0
<i>Signos vitales</i>			
Frecuencia respiratoria (ciclos· min ⁻¹)	20 ± 1	18 ± 1	18 ± 2
Frecuencia cardiaca (latidos· min ⁻¹)	63 ± 1 ^a	61 ± 2 ^a	53 ± 3 ^b
Presión arterial sistólica (mmHg)	111 ± 7	112 ± 2	103 ± 3
Presión arterial diastólica (mmHg)	72 ± 7	68 ± 1	66 ± 2
Presión arterial media (mmHg)	85 ± 7	82 ± 1	80 ± 2
<i>Ergometría máxima</i>			
Potencia (watts)	185 ± 10 ^a	224 ± 6 ^b	225 ± 7 ^b
Índice de potencia (W· kg ⁻¹)	2.7 ± 0.2 ^a	3.4 ± .1 ^b	3.7 ± 0.1 ^c
<i>Captación máxima de oxígeno</i>			
$\dot{V}O_2$ (L· min ⁻¹)	2.6 ± 2 ^a	3.0 ± 0.1 ^b	3.4 ± 0.2 ^c
$\dot{V}O_2$ (mL· min ⁻¹ · kg ⁻¹)	38 ± 3 ^a	46 ± 1 ^b	56 ± 3 ^{c,*}

Los diferentes superíndices en letras para cada renglón son diferencias significativas ($p < 0.05$) entre los valores promedio ± error estándar de la media, identificados mediante un análisis *post-hoc* (Student-Newman-Keuls)

Frecuencia cardiaca de reposo en 3G. La observación de una FCR menor en MFM confirma que en atletas cuya especialidad deportiva existe un componente significativo de preparación en resistencia fisicodeportiva, repercute también a nivel central cardiovascular;⁹⁻¹¹ sin embargo, nos sorprendió que no se observaran diferencias significativas de presión arterial entre los integrantes de 3G, por lo que sólo se confirmó parcialmente nuestra hipótesis.^{13,14}

Ergometría máxima en 3G. Tampoco fue una sorpresa una potencia ergométrica máxima menor en el grupo de no entrenados comparado los grupos KRS y MFM, ya que los entrenados tienen mayor resistencia musculoesquelética;^{1,4} por la misma razón, $\dot{V}O_{\text{máx}}$ resultó significativamente diferente entre los integrantes de 3G. Ello se explica por una intensidad de ejercicio ergométrico diferente entre grupos, seguramente debido a su capacidad de desempeño fisicodeportivo también diferente.^{1,5,27}

Potencia aerobia máxima ($\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Abs}$ y $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Rel}$) en 3G. En general y de acuerdo a lo esperado con el reagrupamiento de los siete grupos en 3G, resultó significativamente diferente entre los integrantes de 3G la $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Abs}$ y $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Rel}$, lo que se explica por una diferencia significativa en preparación fisicodeportiva de resistencia,^{1,5,12} mayor en MFM, seguido por KRS y no entrenados.^{2,6,8} Ello coincidió parcialmente con lo planteado en nuestra hipótesis original. No obstante, la hipótesis original se comprobó para la FCR y $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Rel}$, aunque desafortunadamente la relación entre FCR y $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Rel}$ fue baja al tomarse en cuenta el análisis de varianza de comparación múltiple para $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Rel}$; es decir, sólo se observó una $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Rel}$ mayor (como se observó también para la FCR) en el grupo MFM comparado con KRS y no entrenados. Ello se interpretó como una regularidad en la adaptación fisicodeportiva de resistencia a nivel central (FCR) y periférico ($\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Rel}$) y coincide con la aseveración de que es posible observar diferencias en aptitud fisicodeportiva de resistencia entre deportistas de alto rendimiento^{1,3,5} y que esta última es mayor en atletas de medio fondo y fondo.^{2,5,6,8}

En conclusión, es posible observar diferencias de frecuencia cardiaca de reposo entre grupos del deporte de alto rendimiento a partir de diferencias en $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Rel}$, ya que existe una respuesta significativa en el sistema cardiovascular (central) y musculoesquelético (periférico) en términos de estas dos variables (FCR y $\dot{V}O_{2\text{máx}}\text{ Rel}$, respectivamente) al componente de resistencia fisicodeportiva, que caracteriza a cada atleta y que es mayor en especialidades deportivas de medio fondo y fondo.

AGRADECIMIENTOS

Expresamos nuestra gratitud a todos los atletas, entrenadores, personal y autoridades del Comité Olímpico Mexicano (COM)-Centro Deportivo Olímpico Mexicano (CDOM) por su cooperación y por las facilidades que brindaron en las instalaciones a su digno cargo.

Este trabajo fue posible gracias al desarrollo experimental de los proyectos de investigación científica apoyados por la ESM, IPN (CGPI:990-286, 200849 y 20021241EDD y PIFIs), Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA) y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT:23151). Asimismo, nuestro agradecimiento a todos los miembros del personal de apoyo a la docencia, personal docente y autoridades de la ESM, así como a las distinguidas autoridades del IPN por su apoyo académico administrativo.

BIBLIOGRAFÍA

1. Padilla JP. *Esfuerzo físico deportivo*. México, DF: Dirección de Publicaciones. Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional, SEP (en prensa).
2. Saltin B, Gollnick PD. Skeletal muscle adaptability. In: Peacheay LD, Adrian PH, Geiger SR. *Handbook of physiology: Skeletal muscle*. Bethesda: American Physiology Society, 1983; 550-631.
3. Padilla JP, E. Maldonado S, Licea MJ. Características fisiológicas de mexicanas de natación, karate-do, medio fondo y resistencia. *Arch Inst Cardiol Mex* (en revisión).
4. Bassett DR, Howley ET. Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 70-84.
5. Padilla JP, Eguía LGMC, Licea MJ, Taylor AW. Capacidad aerobia y actividad deportiva en Mexicanos de 13 a 56 años de edad. *Arch Inst Cardiol Mex* 1998; 68: 224-231.
6. Astrand PO. Principles in ergometry and their implications in sports practice. *Sports Medicine* 1984; 1: 1-5.
7. Pérruse L, Leblanc C, Bouchard C. Intergeneration transmission of physical fitness in the Canadian Population. *Can J Sport Sci* 1988; 13: 8-14.
8. Gollnick PD, Astrand PO, Hermansen LA. *Esfuerzo físico y fatiga*. Padilla PJ (Compilador). México, DF: Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional, 1984; 1-207.
9. Pelliccia A, Maron BJ, Spataro AS, Proschman MA, Spirito P. The upper limit of physiologic cardiac hypertrophy in highly trained elite athletes. *N Engl J Med* 1991; 324: 295-301.
10. Lamb DR. *Physiology of exercise: Responses and adaptations*. New York: MacMillan, 1984; 211.
11. Meyer BB, Lemley KJ. Utilizing exercise to affect the symptomatology of fibromyalgia: A pilot study. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 1691-1697
12. Padilla JP, Martínez LE, Olvera SG, Ojeda CP, Caudillo PD. Dinámica cardiopulmonar durante una prueba de esfuerzo máximo en atletas Mexicanos de resistencia. *Arch Inst Cardiol Mex* 2000;70: 268-284.
13. Shin K, Minamitani H, Onishi S, Yakamasaki H, Lee M. Autonomic differences between athletes and nonathletes: Spectral analysis approach. *Med Sci Sports Exerc* 1997; 29: 1482-1490.
14. Coyle EF. Integration of the physiological factors determining endurance performance ability. *Exerc Sports Sci Rev* 1995; 23: 25-63.

15. American College of Sport Medicine. *Guidelines for evaluation of health status prior to exercise testing and prescription. Guidelines for Exercise Testing and Prescription*. 3rd ed. Philadelphia: Lea & Febiger, 1986; 1-30.
16. García RC. *Atletismo 1984*. México, DF: Federación Mexicana de Atletismo, 1984; 1-56.
17. García RC. *Atletismo 1985*. México, DF: Federación Mexicana de Atletismo, 1985; 1-65.
18. Baker LL. *The olympic record*. The Official Results of the Organization Committee of the XXIII Olympiad. Los Angeles: Los Angeles Organizing Committee, 1984; 217-222.
19. Comité Organizador de los Juegos Olímpicos de la XIX Olimpiada. *Resultados Finales de los Juegos de la XIX Olimpiada, México 1968*. México, DF: Comité Olímpico Mexicano, 1968; 100-220.
20. Federación Mexicana de Atletismo «Anuario 1989». México, DF: Comisión Nacional del Deporte de la Secretaría de Educación Pública y Confederación Deportiva Mexicana, 1989; 22.
21. Tanner JM. *The physique of the olympic athletes*. London, England, Allen & Unwin, 1964.
22. Zar JH. *Biostatistical analysis*. 3rd ed. New Jersey City: Prentice Hall, 1996, 179-225, 372, 404-417.
23. Padilla JP, Eguía LGMC. *Fatiga*. Poli-Medicina 1986; 14: 12-19.
24. Dressendorfer RH, Wade CE, Scuff JH. Increased morning heart rate in runners: A valid sign of overtraining? *Physician Sportmed* 1985; 13: 77-86.
25. Padilla, JP, Eguía LGMC, Sánchez RJ et al. Fatiga aguda por trabajo en cicloergómetro. *Acta Médica* 1983; (19): 53-59.
26. Pichot V, Roche F, Gaspoz JM, Enjolras FE, Antoniadis A et al. Relation between heart rate variability and training load in middle-distance runners. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 1729-1736.
27. Salem G, Wang MY, Young JT, Marion M, Greendale GA. Knee strength and lower- and higher- intensity functional performance in older adults. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: 1679-1684.

Dirección para correspondencia:

Dr. Javier Padilla P

Instituto Politécnico Nacional
Escuela Superior de Medicina
Fisiología del Ejercicio
Prolongación Salvador Díaz Mirón
esquina Plan de San Luis,
Edificio de Gobierno 3er piso
011340 México D.F.
Tel: 52(5)729-6300 y 729-6000, ext. 62733,
ext. Fax: 62801
E-mail: jppgenius@hotmail.com