

Revista del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

Volumen
Volume **14**

Número
Number **1**

Julio-Septiembre
July-September **2001**

Artículo:

Estudio comparativo de la fisiología
del ejercicio en grupos de deportistas
mexicanas de diferentes
especialidades.

Derechos reservados, Copyright © 2001:
Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias

**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](#)



www.Medigraphic.com

Estudio comparativo de la fisiología del ejercicio en grupos de deportistas mexicanas de diferentes especialidades

Javier Padilla Pérez*

Palabras clave: Velocidad media, rampa, máximo, deportes, mujeres, mexicanas.

Key words: Mean speed, ramp, maximum, sports, women, Mexican.

RESUMEN

Introducción: Se estudió la frecuencia cardiaca (FC), presiones arteriales sistólica, diastólica y media; la potencia máxima ($Pot_{máx}$) e índice de potencia máxima ($IP_{máx}$); la frecuencia cardiaca máxima ($FC_{máx}$); la captación máxima de oxígeno ($\dot{V}O_{2máx}$) y el pulso máximo de O_2 ($PulO_{2máx}$) de mexicanas deportistas, para indagar si con ellas era posible distinguir una adaptación físico-deportiva de resistencia, de proporción diferente, entre grupos del deporte.

Material y métodos: Atletas de karate-do (n = 6), 1,500 metros planos (mp) medio fondo, (n = 8), resistencia (n = 10) y 100m de natación (n = 8). Realizaron una prueba ergométrica creciente de esfuerzo máximo, sentadas en un cicloergómetro electrónico con espirometría de circuito abierto y a 2,240m de altitud.

* Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional, México, D.F.
COFAA, COTEPABE, CONACYT.

Correspondencia:

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

Trabajo recibido: 13-IX-2001; Aceptado: 26-IX-2001

Resultados: En todos los grupos se observó una relación positiva entre $PulO_{2máx}$ y $\dot{V}O_{2máx}$, pero negativa entre $PulO_{2máx}$ y $FC_{máx}$ en natación y entre la velocidad media de competición y $FC_{reposito}$ en el grupo de resistencia. El análisis *post-hoc* mostró similar $FC_{máx}$, $\dot{V}O_{2máx}$ y $PulO_{2máx}$ en todos los grupos. Karate-do mostró mayor $FC_{reposito}$ y menores $Pot_{máx}$ e $IP_{máx}$ respecto a natación, 1,500mp y el de resistencia.

Conclusiones: El grupo de karate-do fue el menos favorecido por los indicadores de adaptación en resistencia físico-deportiva musculoesquelética ($Pot_{máx}$ e $IP_{máx}$) y central ($FC_{reposito}$) comparado con los de natación, medio fondo y de resistencia. Solamente entre las nadadoras fue significativa la proporción inversa entre $PulO_{2máx}$ y la $FC_{máx}$.

ABSTRACT

Introduction: The resting heart rate (HR), resting arterial blood systolic pressure, diastolic pressure and mean arterial pressure; maximal power output (Pot_{max}), maximal index of power (IP_{max}); HR_{max} , maximal oxygen uptake ($\dot{V}O_{2max}$) and maximal O_2 pulse ($PulO_{2max}$) of Mexican athletes of different sport profits were recorded, to test if endurance performance adjustments of different proportions can be distinguished between sport groups.

Material and methods: Female volunteers practiced karate-do (n = 6), 1,500 dash meters (dm) (middle fond, n = 8), endurance (n = 10) and 100 m swimming (n = 8). They all performed an increasing ergometric test of maximum strength while seated on an electronic cycle-ergometer in an open spirometric system and at 2,240 m altitude.

Results: All groups showed a positive relationship between $\text{PulO}_{2\text{max}}$ and $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$; however, it was negative between $\text{PulO}_{2\text{max}}$ and HR_{max} for swimmers, and also negative between sport mean speed and $\text{HR}_{\text{resting}}$ for the endurance group. The post-hoc analysis showed similar HR_{max} , $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ and $\text{PulO}_{2\text{max}}$ in all sports groups. Karate-do showed greater $\text{HR}_{\text{resting}}$ and lower Pot_{max} and IP_{max} than swimming, 1,500 dm and endurance groups.

Conclusion: The skeletal muscle (Pot_{max} , IP_{max}) and central (resting HR) indicators of endurance performance adjustments, were lower in karate-do compared to swimming, 1,500 dm and endurance groups. The inverse relationship between $\text{PulO}_{2\text{max}}$ and HR_{max} was only significant among the swimming group.

INTRODUCCIÓN

Las mujeres responden al ejercicio y a un entrenamiento intenso como ocurre en los hombres^{1,2}, pero hace falta estudiar a atletas mexicanas de alto rendimiento, de diversas especialidades deportivas, para retroalimentar sus programas de adecuación físico-deportiva y contribuir al conocimiento de la fisiología del ejercicio y sus aplicaciones potenciales en el área biomédica. Existen diferencias entre las cifras promedio antropométricas y fisiológicas del desempeño físico-deportivo más allá de los 10-12 años de edad cronológica³, pero después de la pubertad y en el mismo deporte, las diferencias entre hombres y mujeres de alto rendimiento tienden a ser menores⁴, por lo que sólo pueden observarse diferencias notorias entre sexos, en atributos físicos y de funcionamiento fisiológico en respuesta al ejercicio, debido a un estilo de vida diferente³ (v.gr, sedentarismo). Una capacidad de rendimiento es la resistencia físico-deportiva, requisito previo y decisivo para un rendimiento adecuado en varias especialidades deportivas. Las adaptaciones a largo plazo, inducidas por un entrenamiento de resistencia físico-deportiva consisten en la adquisición de un programa motor estereotipado para un deporte, en el que están involucradas de modo significativo las fibras musculoesqueléticas tipo I y la capacidad del metabolismo energético corporal para oxidar lípidos y glucosa están aumentadas; la capilarización muscular cardíaca y esquelética están también aumentadas y la captación, transporte y utilización de oxígeno se expresan como un $\dot{V}\text{O}_2$ aumentado⁵.

La captación máxima de oxígeno ($\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$) es un indicador objetivo de capacidad aerobia⁶ o de la evaluación funcional de los sistemas cardiovascular, respiratorio, hemodinámico y muscular. El valor numérico de $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ se relaciona con el rendimiento deportivo y es mayor en hombres comparados con mujeres, así como (mayor) en personas entrenadas comparadas con las que no lo están. Sin embargo, el $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ relativo a la masa corporal total ($\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}\text{Rel}$) resulta similar o con diferencias mínimas al compararlo en hombres con mujeres^{5,7}. También, se sabe que una mejoría en el rendimiento físico-deportivo de resis-

cia, no depende exclusivamente de un aumento del $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ sino, de una mayor capacidad de utilización de O_2 por la masa musculoesquelética, ya que al ser entrenada de forma particularmente específica, mejora su contractilidad, sus mecanismos de control nervioso central y neuromuscular^{5,8,9}.

La capacidad de transporte y utilización de oxígeno dependen más de la adecuación físico-deportiva y del potencial biológico de la persona, que de su sexo⁷. Los valores numéricos de $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ serán más cercanos entre ambos sexos para el mismo deporte, que para deportes diferentes; sin embargo, en deportes de resistencia, los hombres de alto rendimiento poseen en general mayor $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ que su contra parte femenil⁷. El $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}\text{Rel}$ comparado con el $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}\text{Abs}$ absoluto ($\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}\text{Abs}$), es la mejor medida de evaluación de diferencias de potencia aerobia entre sexos (1 a 10% menor en mujeres)⁷ y de un deporte comparado con otro en capacidad de resistencia físico-deportiva⁷. En consecuencia, $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}\text{Rel}$ representa una diferencia biológica de la aptitud central (cardiopulmonar) y periférica (hematovascular y respiración celular musculoesquelética) que depende del estado de entrenamiento^{7,10}. Los valores más altos de $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ se observan en deportes que poseen un componente aerobio y que demandan un esfuerzo sostenido durante períodos de tiempo prolongados⁷.

Propósito. Estudiar una probable disparidad físico-deportiva entre resistencias central y periférica mediante ergoespirometría, de probables diferencias en frecuencia cardíaca ($\text{FC}_{\text{reposo}}$), presiones arteriales sistólica (PAS), diastólica (PAD) y media (PAM), en potencia e índice de potencia máximos (Pot_{max} , IP_{max}); así como en FC máxima (FC_{max}), $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ y en pulso máximo de O_2 ($\text{PulO}_{2\text{max}}$) de mexicanas de alto rendimiento en deportes distintos y con velocidad media (VM, $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$) de competición diferente.

Hipótesis. Si los signos vitales $\text{FC}_{\text{reposo}}$, PAS, PAD y PAM, así como los datos de ergoespirometría Pot_{max} , IP_{max} ; FC_{max} , $\dot{V}\text{O}_{2\text{max}}$ y $\text{PulO}_{2\text{max}}$ de mexicanas de alto rendimiento de deportes distintos, están caracterizadas por una adaptación físico-deportiva de resistencia de proporción diferente, entonces deberán observarse diferencias significativas entre grupos del deporte para dichas variables.

MATERIAL Y MÉTODOS

Voluntarios. Se estudiaron voluntarias, clínicamente sanas, sin historia clínica de padecer una enfermedad crónica o un padecimiento reciente durante los últimos tres meses y sin contraindicaciones para realizar una prueba de esfuerzo máximo¹¹. Cada atleta de alto rendimiento aceptó por escrito, participar voluntariamente después de haberle informado sobre los posibles riesgos y beneficios del experimento. Basado en que las atletas de alto rendimiento tienen, en sus programas, entrenamientos a diferentes altitudes, no se consideró si las participantes eran o no residentes del área metropolitana de la ciudad de México.

Al no contar con suficientes atletas de alto rendimiento para determinar por muestreo estadístico el tamaño de la muestra por especialidad deportiva, un total de 32 atletas disponibles formaron la muestra total, que contaban con una marca o tiempo de su mejor desempeño físico-deportivo o con una posición en el escalafón (*ranking*) nacional¹²⁻¹⁴ o internacional¹⁵, dentro de su especialidad deportiva; estas fueron cuatro grupos (del deporte): de karate-do, medio fondo, resistencia (RES) y natación; formados específicamente por: karatekas (n = 8); corredoras de medio fondo (n = 8), desde 800m planos (mp) con intervalo de velocidad media (VM) de 6.2 a 4.2 (m·s⁻¹) hasta 1,500mp con VM = {6.3 a 5.0, m·s⁻¹}; caminantes de 10km (n = 7) con VM = {3.8 a 2.7, m·s⁻¹} y maratonistas (n = 3) con VM = {4.2 a 3.8, m·s⁻¹} (RES = 10); así como de natación (n = 8) de 100m con VM = {1.6 a 1.1, m·s⁻¹} en diversos estilos (libre, pecho, dorso, mariposa y combinado).

Antropometría general. Las técnicas de antropometría general se basaron en las de Martin y Saller¹⁶ y Tanner¹⁷.

Prueba de esfuerzo máximo. Todas las voluntarias realizaron una sola vez, una prueba ergométrica de esfuerzo creciente de rampa bifásica, a 2,240m de altitud, descrita previamente^{9,18}. En esta prueba de espirometría de circuito abierto se midió la respuesta de $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ y, la eliminación máxima de dióxido de carbono ($\dot{V}CO_{2\text{máx}}$) en el momento en que la persona lograba su potencia ergométrica máxima ($Pot_{\text{máx}}$), pedaleando sentada sobre una bicicleta ergométrica (*Collins, Pedal Mate*). Del volumen espirado (\dot{V}_e) y colectado en un gasómetro *Tissot* (propiedad del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de la Secretaría de Salud), se calculó el volumen minuto de la captación de O_2 ($\dot{V}O_2$) y de la eliminación de CO_2 ($\dot{V}CO_2$) durante el último minuto de cada carga de potencia ergométrica. Las concentraciones de oxígeno y de bióxido de carbono fueron medidas con analizadores de tipo electroquímico para el O_2 (*Medical Analyzer IL404*) e infrarrojo para el CO_2 (*Medical Analyzer IL200*). Con estos datos se calcularon el $\dot{V}O_{2\text{máx}}$, $\dot{V}CO_{2\text{máx}}$ y $\dot{V}_{e\text{máx}}$. El $\dot{V}O_{2\text{máx}}$ se definió como el $\dot{V}O_2$ pico obtenido al momento de la fatiga ergométrica ($Pot_{\text{máx}}$) y frecuencia cardiaca máxima ($FC_{\text{máx}}$, latidos min⁻¹) semejante a la $FC_{\text{máx}}$ estimada (220, latidos min⁻¹ - edad cronológica, años). La carga inicial de potencia fue de 50 Wats (W) durante los dos primeros minutos, seguida de un incremento de 25W cada dos minutos, hasta que la voluntaria ya no pudo sostener una frecuencia de pedaleo de 60 revoluciones por minuto^{9,18}. La FC se monitoreó electrónicamente. Se calculó el $\dot{V}O_{2\text{máx}} \text{ Rel}$ (mL·min⁻¹·kg⁻¹) al dividir el $\dot{V}O_{2\text{máx}} \text{ Abs}$ (mL·min⁻¹) entre la masa corporal total (MCT, kg). Se estimó el $IP_{\text{máx}}$ (W·kg⁻¹) al dividir la $Pot_{\text{máx}}$ (W) por la MCT (kg). La presión arterial en reposo fue medida clínicamente a través de observación visual, palpatoria y auscultatoria mediante un estetoscopio y un esfigmomanómetro de columna de mercurio (Boum) con la atleta en posición sentada; la presión arterial media (PAM, mmHg) se calculó de la PAS (mmHg) y de la PAD (mmHg)

(PAM = PAS + (PAS-PAD) /3). El $PuO_{2\text{máx}}$ (mL·latido⁻¹) se obtuvo al dividir el $\dot{V}O_{2\text{máx}} \text{ Abs}$ (mL·min⁻¹) por la $FC_{\text{máx}}$ (latidos min⁻¹). La VM (m·s⁻¹) se calculó para natación (100m), medio fondo (1,500mp) y RES (caminata de 10km, 42,195m de maratón), al dividir la distancia del evento competitivo (m) por el tiempo total empleado (s).

Análisis estadístico. Los datos de antropometría general: edad, estatura, MCT e índice de MCT (IMC = MCT/estatura, m²); de VM (m·s⁻¹); de respuestas ergométrica ($Pot_{\text{máx}}$ y $IP_{\text{máx}}$) y cardiopulmonar máximas ($\dot{V}O_{2\text{máx}} \text{ Abs}$, $\dot{V}O_{2\text{máx}} \text{ Rel}$, $PuO_{2\text{máx}}$ y $FC_{\text{máx}}$) fueron analizados mediante un análisis de varianza (ANOVA). Cuando los resultados del ANOVA fueron significativos a 0.05 o mejores, se utilizó el método de *Student-Newman-Keuls* (análisis *post-hoc*) para localizar diferencias entre las clases de grupo. En la comparación entre grupos se tomó en cuenta el efecto del tamaño de la muestra, para descartar el error estadístico tipo I según Cohen¹⁹; en todos los casos donde hubo diferencias significativas entre grupos, el efecto del tamaño de las muestras fue bastante pequeño (< 0.2)¹⁹ y en consecuencia se descartó la posibilidad de diferencias falsas positivas entre grupos. El análisis de coeficientes de correlación de Pearson (r) y la regresión lineal se aplicaron entre las variables antropométricas, ergométricas y cardiopulmonares máximas, para evaluar el grado de relación existente entre ellas²⁰.

RESULTADOS

Las características antropométricas, signos vitales, velocidad media y de ergoespirometría máxima de los grupos del deporte, se muestran en la Tabla I. La relación existente entre $FC_{\text{máx}}$ y $\dot{V}O_{2\text{máx}} \text{ Abs}$ con $PuO_{2\text{máx}}$, así como entre velocidad media y frecuencia cardiaca de reposo por grupos, se muestran en la Tabla II. Sólo el grupo de natación, a pesar de ser tener menos edad, pero capacidad aerobia máxima similar respecto al resto de los grupos del deporte, mostró una relación inversa y significativa entre $FC_{\text{máx}}$ y $\dot{V}O_{2\text{máx}} \text{ Abs}$: $\dot{V}O_{2\text{máx}} \text{ Abs}_{\text{natación}} = 7.205 - (0.027 FC_{\text{máx}})$, n = 8, r = -0.80 y p < 0.03. En consecuencia, el grupo de natación fue el único grupo que también mostró una relación inversa y significativa entre $FC_{\text{máx}}$ y $PuO_{2\text{máx}}$ (Tabla II).

Análisis *post-hoc* entre grupos del deporte. Signos vitales. Sólo la FC_{reposo} resultó significativamente mayor en karate-do ($F_{\text{índice}} = 5$, p < 0.005) comparado con los grupos de medio fondo y RES (Tabla I).

VM. La VM resultó significativamente diferente ($F_{\text{índice}} = 136$, p < 0.001) entre grupos de tiempos y marcas: natación < RES < medio fondo (Tabla I).

Respuesta ergométrica máxima. En karate-do resultaron menores $Pot_{\text{máx}}$ ($F_{\text{índice}} = 5$, p < 0.01) e $IP_{\text{máx}}$ ($F_{\text{índice}} = 5$, p < 0.005) comparados con lo de natación, medio fondo y RES (Tabla I).

Tabla I. Características antropométricas, signos vitales, velocidad media y ergoespirometría máxima por grupos del deporte.

Variable	Natación ¹	Medio fondo ²	Karate-Do	Resistencia ³
Tamaño del grupo	(8)	(8)	(6)	(10)
Edad (años)	17.4 (7) ⁴	20 (4)	21 (6.0)	22 (4)
Estatura (cm)	161.0 (7.0)	158.2 (5.3)	153.0 (3.4)	157.2 (5.1)
Masa corporal total (kg)	53.0 (9.2)	52.0 (5.0)	52.5 (6.4)	50.0 (3.7)
Índice de masa corporal (kg m ⁻²)	33.0 (5.0)	33.0 (2.5)	34.4 (4.1)	31.1 (2.0)
<i>Signos vitales:</i>				
Frecuencia cardiaca (latidos min ⁻¹)	63.0 (10)	53.0 (6.4) ^a	71.3 (5.3) ^b	60.0 (11) ^a
Frecuencia respiratoria (ciclos min ⁻¹)	20.0 (3.7)	17.0 (4.0)	17.0 (3.0)	17.2 (4.0)
Presión arterial sistólica (mmHg)	106.1 (10)	97.0 (12)	109.2 (7.4)	101.3 (5.5)
Presión arterial diastólica (mmHg)	69.0 (10)	58.1 (17)	68.0 (6.1)	66.0 (13)
Presión arterial media (mmHg)	81.2 (9)	71.0 (15)	81.4 (6)	77.4 (10)
Velocidad media (m s ⁻¹)	1.4 (0.1) ^a	5.0 (0.5) ^b	No aplicable	3.3 (0.5) ^c
<i>Respuesta máxima:</i>				
Potencia ergométrica (Watts)	156.3 (50) ^a	172 (28) ^a	113 (21) ^b	165 (21) ^a
Índice de potencia (W kg ⁻¹)	3.0 (0.9) ^a	3.3 (0.4) ^a	2.2 (0.5) ^b	3.4 (0.6) ^a
$\dot{V}O_2$ Abs ⁵ (l min ⁻¹)	2.4 (0.6)	2.4 (0.6)	2.3 (1.0)	2.1 (0.5)
$\dot{V}O_2$ Rel ⁶ (mL min ⁻¹ kg ⁻¹)	46.0 (10)	47.0 (10)	45.0 (20)	43.2 (11)
Frecuencia cardiaca (latidos min ⁻¹)	181.0 (16)	165.0 (13)	180.0 (22)	180.0 (23)
Frecuencia cardiaca estimada (l min ⁻¹)	193.1 (3.0)	198.6 (1.3)	201.8 (0.4)	205.2 (1.9)
Pulso de oxígeno (mL latido ⁻¹)	14.0 (4.2)	14.4 (3.4)	13.0 (5.2)	12.0 (3.0)

1: 100 metros en diversos estilos; 2: 1,500 metros planos; 3: 10 kilómetros caminata y 42,195 metros; 4: Promedio ± (desviación estándar) por grupo; 5: Captación de oxígeno absoluta; 6: Captación de oxígeno relativa a la masa corporal total. Los superíndices en letras diferentes son diferencias significativas (p < 0.05) entre grupos, localizados mediante el análisis *post-hoc* Student-Newman-Keuls.

Tabla II. Correlación y regresión lineal entre FC_{máx} y $\dot{V}O_{2máx}$ Abs con PulO_{2máx}, así como entre velocidad media y frecuencia cardiaca de reposo por grupos.

Regresión (Y' = intercepto ± pendiente X), correlación (r) lineal y nivel de significancia				
PulO _{2máx} (Y') versus $\dot{V}O_{2máx}$ Abs (X)				
Y' _{Natación}	= -3.74 + (7.21 X)	n = 8	r = 0.98	p < 0.001
Y' _{Medio fondo}	= 2.11 + (5.16 X)	n = 8	r = 0.95	p < 0.001
Y' _{Karate-do}	= 1.69 + (4.82 X)	n = 6	r = 0.96	p < 0.003
Y' _{Resistencia}	= 1.79 + (4.73 X)	n = 10	r = 0.88	p < 0.001
PulO _{2máx} (Y') versus FC _{máx} (X)				
Y' _{Natación}	= 53.77 - (0.22 X)	n = 8	r = -0.85	p < 0.007
Velocidad media (Y') versus frecuencia cardiaca de reposo				
Y' _{Resistencia}	= 5.363 - (0.03 X)	n = 10	r = -0.76	p < 0.01

Abreviaturas: ($\dot{V}O_{2máx}$) captación máxima de oxígeno absoluta (Abs); (PulO_{2máx}) pulso máximo de oxígeno; (FC_{máx}) frecuencia cardiaca máxima; (n) tamaño de la muestra; (Y') variable dependiente estimada; X = variable independiente experimental; (r) Coeficiente de correlación de Pearson.

DISCUSIÓN

$Pot_{m\acute{a}x}$, $IP_{m\acute{a}x}$ y $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ disminuyen con la edad y también lo hacen con la falta de acondicionamiento físico-deportivo^{20, 21}. Asimismo, estas cifras máximas son menores en las mujeres, comparadas con los hombres y en las personas enfermas comparadas con las sanas²¹.

$Pot_{m\acute{a}x}$, $IP_{m\acute{a}x}$, $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, Rel , $FC_{m\acute{a}x}$ y $PulO_{2m\acute{a}x}$ no resultaron diferentes entre los grupos estudiados en este trabajo, porque las características antropométricas y metabólicas fueron similares. En cambio, los indicadores de la respuesta central ergométrica máxima ($\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, $FC_{m\acute{a}x}$ y $PulO_{2m\acute{a}x}$) similares, y los indicadores de la respuesta ergométrica periférica máxima ($Pot_{m\acute{a}x}$, $IP_{m\acute{a}x}$) menores en el grupo de karate-do, seguramente significan una disparidad entre el acondicionamiento físico-deportivo cardiopulmonar y musculoesquelético en estas atletas. Esta puede ser la explicación de por qué la $FC_{reposito}$ fue mayor en promedio en el grupo de karate-do comparado con los de medio fondo y resistencia^{9,23}.

Análisis post-hoc entre grupos. Signos vitales. La observación de que sólo la $FC_{reposito}$ resultó numéricamente mayor en karate-do comparado con medio fondo y RES significa que karate-do fue el menor preparado en acondicionamiento de resistencia físico-deportiva^{2,24,25} (en este caso se comprobó la hipótesis original); lo que ya ha sido observado, en una población de atletas mexicanos de alto rendimiento de diversos deportes, pero del sexo masculino⁹.

Velocidad media de competición. Una VM de competición deportiva, significativamente diferente entre grupos (natación < RES < medio fondo) no fue una sorpresa y se explica porque en deportes acuáticos como la natación (v.gr, 100m) la VM desarrollada es menor que la que se obtiene en eventos de atletismo de tiempos y marcas (v.gr, 100mp)¹⁵; sobre todo entre distancia diferentes, como las de este artículo (natación = 100m; medio fondo = 1,500mp; RES = 10km caminata y 42,195m) donde la VM fue menor no sólo entre el grupo acuático y los deportes de marcas y tiempos de medio fondo y RES; sino que, entre medio fondo y RES también la VM fue diferente entre ellos, porque la VM disminuye al aumentar la distancia de competición deportiva¹¹. Además, también se sabe que, los atletas de resistencia físico-deportiva tienden a ser vagotónicos^{9,23} (v.gr, $FC_{reposito}$ menores a las del sujeto "fisiológico") y ello coincide con nuestra observación de una relación moderada entre $FC_{reposito}$ y VM en RES. En contraste con estas diferencias de desempeño competitivo físico-deportivo entre grupos, está la observación de que la $FC_{m\acute{a}x}$ y el $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ (Abs y Rel) ergométricos no resultaron diferentes entre estos grupos (natación, karate-do, medio fondo y RES); esto se explica porque, de acuerdo con observaciones previas de otros investigadores¹⁰, la potencia aerobia máxima no es el único factor del desempeño físico-deportivo, pues la economía del correr y del desempeño físico-deportivo de resistencia de atletas de alto rendimiento, juegan por igual un papel importante en ello^{26,27}. Entonces, considerando que sobre todo natación, medio fondo y RES¹²⁻

¹⁴ fueron de alto rendimiento; en estos tres grupos, el componente físico-deportivo de resistencia, fue de proporción similar porque $FC_{reposito}$, $FC_{m\acute{a}x}$, $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$, Abs y Rel no resultaron diferentes entre grupos, donde el menos preparado en este sentido fue karate-do.

Respuesta ergométrica máxima. Tuvimos especial cuidado en aplicar una función ergométrica creciente que no causara fatiga prematura y que no fuera prolongada⁹, con el fin de lograr una producción de potencia tan uniforme como fuera posible, y con ello la medición y comparación de $Pot_{m\acute{a}x}$, $IP_{m\acute{a}x}$ y $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ confiables. Se sabe que estas variables son indicadores de la resistencia ergométrica musculoesquelética^{20,26}, por lo tanto, se pudo concluir que las atletas del grupo de karate-do recibieron una preparación menor en lo que se refiere a la capacidad periférica para realizar mayor trabajo en un tiempo determinado. En contraste, la falta de diferencia significativa en $\dot{V}O_{2m\acute{a}x}$ (Abs o Rel) y $PulO_{2m\acute{a}x}$ refleja una preparación similar por lo que toca a la resistencia físico-deportiva cardiopulmonar, lo cual ya ha sido observado en atletas mexicanos²². Trabajos experimentales recientes²⁷⁻²⁹ parecen demostrar que los músculos respiratorios compiten con los de las extremidades pélvicas por el flujo sanguíneo y el trabajo que el ejercicio intenso demanda por parte de los músculos respiratorios puede comprometer el aporte de sangre a las extremidades. Es por ello que suponemos que un menor acondicionamiento físico-deportivo periférico de los integrantes del grupo de karate-do puede explicar la menor $Pot_{m\acute{a}x}$ e $IP_{m\acute{a}x}$ de este grupo en comparación con los otros.

Respuesta cardiopulmonar máxima. El hallazgo de una $FC_{reposito}$ mayor en el grupo de karate-do comparado con medio fondo y RES y la relación inversa entre la $FC_{reposito}$ y la velocidad media de competición en los estos dos últimos grupos también reflejan la importancia de una adecuada preparación para mantener un alto consumo de oxígeno durante el ejercicio prolongado^{26,30,31}, así como la disociación entre los componentes cardiopulmonar y musculoesquelético en la resistencia físico-deportiva de las especialidades en karate-do estudiadas por nosotros.

El presente es el primer trabajo que estudia atletas mexicanas de alto rendimiento. Creemos que lo pequeño de los grupos comparados y la ausencia de uno de mujeres no entrenadas para el deporte no invalida nuestros resultados, que son comparables a los referidos en la literatura mundial. Esperamos sirva de referencia a estudios futuros sobre este interesante tema.

CONCLUSIONES

En todos los grupos estudiados, se confirmó la conocida proporción directa entre el pulso máximo de oxígeno y el consumo máximo de oxígeno observado mediante una prueba de ejercicio ergométrico.

Solamente entre las nadadoras fue significativa la proporción inversa entre pulso máximo de oxígeno y la frecuencia cardíaca máxima.

Aunque los indicadores de adaptación físico-deportiva cardiopulmonar como son la frecuencia cardiaca máxima, el consumo máximo de oxígeno y el pulso máximo de oxígeno, fueron similares entre los grupos. Nuestra hipótesis se comprobó en el grupo de karate-do; su frecuencia cardiaca en reposo y sus indicadores de la adaptación físico-deportiva musculoesquelética, tales como la máxima potencia y el índice de máxima potencia, fueron menores, comparados con los de los de natación, medio fondo y de resistencia.

Agradecimientos

Expresamos nuestra gratitud a todos los atletas, entrenadores, personal y autoridades del Comité Olímpico Mexicano-Centro Deportivo Olímpico Mexicano y Confederación Deportiva Mexicana 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 (CGEPI:990-286 & CGEPI:2000-2001), Comisión de Operación y Fomento de Actividades Académicas (COFAA) y Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONACyT:23151). Asimismo, nuestro agradecimiento a todos los estudiantes (voluntarios, colaboradores en investigación y PIFIs), personal de apoyo a la docencia, personal docente y autoridades de la ESM; al ingeniero Francisco Javier Cabrera Ortiz, SEPI-ESIME; a la exprofesora del IPN Ma. de Los Angeles Padilla P, y también a las distinguidas autoridades del IPN por su apoyo académico y administrativo. Expresamos nuestro agradecimiento al Dr. Celso García Espinosa y al H. Consejo Editorial del INER, SSA, por sus valiosas sugerencias para con esta comunicación.

REFERENCIAS

- Kilbom A. *Physical training in women*. J Clin Lab Invest 1978;28(119 Suppl):1S-34S.
- Cunningham DA, Hill JS. *Effect of training on cardiovascular response to exercise in women*. J Appl Physiol 1975;39:891-895.
- Wilmore JH. *The applications of science to sport: physiological profiles of male and female athletes*. Can J Appl Physiol 1979;27:25-31.
- Burke EJ, Brush FC. *Physiological and anthropometric assessment of successful teenage female distance runner*. Res Quart 1979;50:180-187.
- Newman G. *Capacidad de rendimiento. Libro olímpico de la medicina del deporte*. Vol.1. Barcelona: Dayma, 1988:99-107.
- Dragan I. *Capacidad física general. Libro olímpico de la medicina del deporte*. Vol.1. Barcelona: Dayma, 1988:92-95.
- Drinkwater B. *Entrenamiento de mujeres deportistas. Libro olímpico de la medicina del deporte*. Vol.1. Barcelona: Dayma, 1988:92-95.
- Komadel L. *Descubrimiento del potencial de rendimiento. Libro olímpico de la medicina del deporte*. Vol.1. Barcelona: Dayma, 1988:286-297.
- Padilla JP, Eguía Lis MaCG, Licea JM, Taylor AW. *Capacidad aerobia y actividad deportiva en mexicanos de 13 a 56 años de edad*. Arch Inst Cardiol Mex 1998; 68: 224-231.
- Bassett DR, Howley ET. *Limiting factors for maximum oxygen uptake and determinants of endurance performance*. Med Sci Sports Exerc 2000;32:70-84.
- American College of Sport Medicine. *Guidelines for evaluation of health status prior to exercise testing and prescription. Guidelines for Exercise Testing and Prescription. 4th rev ed*. Philadelphia: Lea & Febiger, 1991:1-313.
- García RCh. *Atletismo 1984*. México, DF: Federación Mexicana de Atletismo, 1984: 1-48.
- García RCh. *Atletismo 1985*. México, DF: Federación Mexicana de Atletismo, 1985: 1-64.
- Federación Mexicana de Atletismo: *Anuario 1989*. México, DF: Comisión Nacional del Deporte de la Secretaría de Educación Pública y Confederación Deportiva Mexicana, 1989: 1-44.
- Baker LL. *The olympic record. The official results of the organization committee of the XXIIIrd olympiad*. Los Angeles: Los Angeles Organizing Committee, 1984: 217-222.
- Martin R, Saller K. *Lehrbuch der anthropologie I*. Stuttgart, Germany: Fisher, 1975.
- Tanner JM. *The physique of the olympic athlete*. London: Allen & Unwin, 1964.
- Padilla JP, Licea JM, Olvera GS, Durán LCh, López JIC. *Cinética del intercambio gaseoso y la frecuencia cardiaca durante una prueba de esfuerzo creciente en atletas mexicanos*. Rev Inst Nal Enf Resp Mex 1999;12:87-96.
- Cohen J. *Things I have learned (so far)*. Am Psychol 1990;45:1304-1312.
- Zar JH. *Biostatistical analysis*. 3rd ed. New Jersey: Prentice Hall, 1996: 179-225, 372, 404-417.
- Mellerowicz H, Smodlaka VN. *Measurement and evaluation of maximal ergometric power. Ergometry. Basics of medical exercise testing*. Baltimore: Urban & Schwarzenberg, 1981;55-61.
- Padilla JP, Ojeda PC, Fernández YCh, Licea JM. *Pulso máximo de oxígeno en atletas de alto rendimiento*. Rev Inst Nal Enf Resp Mex 2000;13:73-84.
- Crawford MH, Maron BJ. *El corazón del deportista*. Clin Med Nor 1992;2:205-302.
- Ekblom B, Åstrand P-O, Saltin B, Stenterg J, Wallström B. *Effect of training on circulatory response to exercise*. J Appl Physiol 1968;24:518-528.
- Bernard O, Ouattara S, Maddio F, Jiménez C, Charpenet A, Melin B, et al. *Determination of the velocity associated with $\dot{V}O_{2max}$* . Med Sci Sports Exerc 2000; 32: 464-470.
- Conley DL, Krahenbul G. *Running economy and distance running performance of highly trained athletes*. Med Sci Sports Exerc 1980;12:357-360.
- Brill PA, Macera CA, Davis DR, Blair SN, Gordon N. *Muscular strength and physical function*. Med Sci Sports Exerc 2000;32:412-416.
- Harms CA. *Effect of skeletal muscle demand on cardiovascular function*. Med Sci Sports Exerc 2000;32:94-99.
- Savard G, Kiens B, Saltin B. *Limb blood flow in prolonged exercise: Magnitude and implications for cardiovascular control during muscular work in man*. Can J Sport Sci 1987;12(Suppl): 89S-101S.
- Grassi B. *Skeletal muscle $\dot{V}O_2$ on-kinetics: set by O_2 delivery or by O_2 utilization? New insights into an old issue*. Med Sci Sports Exerc 2000;32:108-116.
- Hepple RT. *Skeletal muscle: microcirculatory adaptation to metabolic demand*. Med Sci Sports Exerc 2000;32:117-123.