



Variables cardiopulmonares y ergométricas máximas de atletas mexicanas y mexicanos

Javier Padilla-Pérez,* María Cristina Eguía-Lis-Gutiérrez*

RESUMEN

Material y métodos. No existen trabajos comparativos entre atletas mexicanas y mexicanos relacionados con la adaptación fisiológica del deporte. Se estudió si entre grupos del deporte por géneros existían diferencias en potencia aerobia máxima relativa a la masa corporal total ($\dot{V}O_{2\max}$ Rel) entonces también las habría en términos de frecuencia cardiaca, $\dot{V}O_2$, PulO_2 y potencia ergométrica (Pot) máximas. Mediante una prueba ciclo-ergometría de esfuerzo máximo de circuito abierto, a 2,240 m de altitud, se midieron la frecuencia cardiaca (FC, latidos \cdot min $^{-1}$), la captación pulmonar de oxígeno ($\dot{V}O_2$, mL \cdot min $^{-1}$), la ventilación espirada (\dot{V}_e , mL \cdot min $^{-1}$) y el pulso de O_2 ($\text{PulO}_2 = \dot{O}_2/\text{FC}$, mL $O_2\cdot$ latido $^{-1}$) de 14 hombres (M) y 15 mujeres (F) atletas de natación (3M, 5F); 1,500 metros planos (mp) (5M, 3F), 10 mil mp (4M, 5F), y maratón (2M, 2F). **Resultados.** Los parámetros máximos resultaron M > F (prueba t-Student, P < 0.05) (excepto FC: $182.2 \pm 15 \equiv 187.0 \pm 20$ latidos \cdot min $^{-1}$, respectivamente) en Pot: $231.1 \pm 27 > 180.0 \pm 24$ (Watts); en índice de Pot: $4.0 \pm 0.3 > 3.4 \pm 0.3$ (W \cdot kg $^{-1}$); en $\dot{V}O_2$: $3.3 \pm 0.6 > 2.4 \pm 0.5$ (mL \cdot min $^{-1}$); $\dot{V}O_2$ Rel: $58.8 \pm 9.1 > 45.1 \pm 9.1$ (mL \cdot min $^{-1}\cdot$ kg $^{-1}$); y en PulO_2 : $18.3 \pm 3.2 > 13.1 \pm 3.0$ (mL $O_2\cdot$ latido $^{-1}$). Valores mayores de potencias ergométricas y aerobias máximas, absoluta y relativa en M comparados con F, se explican por la conocida constitución biológica diferente entre géneros desde el punto de vista fisiológico, por los efectos de mayor adaptación y adecuación fisicodeportiva cardiovascular y neuromuscular periféricos en atletas M, lo que se reflejó en un efecto positivo que el acondicionamiento fisicodeportivo crónico tiene en los sistemas corporales. **Conclusión.** Es posible distinguir entre géneros de grupos del deporte con diferente grado de adecuación fisicodeportiva de resistencia central (pulso de oxígeno) y periférica ($\dot{V}O_{2\max}$ Rel) y ergométrica entre géneros.

Palabras clave: Atletas mexicanas y mexicanos, captación pulmonar de O_2 , frecuencia cardiaca, pulso de oxígeno, presión arterial.

ABSTRACT

Material and methods. There are no comparative studies between Mexican female and Mexican male athletes related to sport physiological adaptation. We studied whether between sport groups by gender there were some differences in maximum aerobic power relative to total body mass ($\dot{V}O_{2\max}$ Rel) would then also be in terms of heart rate, $\dot{V}O_2$, PulO_2 and ergometer power (Pot) maximum. Using a cycle-ergometer maximum test effort and an open spirometric circuit method to measure at 2,240 m altitude, heart rate (HR, beats \cdot min $^{-1}$), lung uptake of oxygen ($\dot{V}O_2$, mL \cdot min $^{-1}$), expired ventilation (\dot{V}_e , mL \cdot min $^{-1}$) and O_2 pulse ($\text{PulO}_2 = \dot{O}_2/\text{FC}$, mL $O_2\cdot$ beat $^{-1}$) of 14 males (M) and 15 females (F) athletes from swimming (3M, 5F), 1,500 dm (5M, 3F), 10,000 dm (4M, 5F) and marathon (2M, 2F) sport specialties. **Results.** The maximum parameters were M > F (t-Student test, P < 0.05) (except FC: $182.2 \pm 15 \equiv 187.0 \pm 20$ beats \cdot min $^{-1}$, respectively) in Pot: $231.1 \pm 27 > 180.0 \pm 24$ (Watts); Pot index: $4.0 \pm 0.3 > 3.4 \pm 0.3$ (W \cdot kg $^{-1}$), $\dot{V}O_2$: $3.3 \pm 0.6 > 2.4 \pm 0.5$ (mL \cdot min $^{-1}$); $\dot{V}O_2$ Rel: $58.8 \pm 9.1 > 45.1 \pm 9.1$ (mL \cdot kg $^{-1}\cdot$ min $^{-1}$), and PulO_2 : $18.3 \pm 3.2 > 13.1 \pm 3.0$ (mL $O_2\cdot$ beat $^{-1}$). Male greater aerobic power and maximal ergometric, absolute and relative values, compared F, are explained by the well known biological constitution differ between gender from the physiological standpoint, the effects of sport fitness adaptation, the increased cardiovascular and neuromuscular peripheral adjustment in M athletes. This was reflected in a positive effect that the chronic sport fitness conditioning has on body systems. **Conclusion.** One can distinguish gender sport groups with different degrees of both central endurance (oxygen pulse) and peripheral endurance ($\dot{V}O_{2\max}$ Rel) and also gender ergometric sport fitness adequacy.

Key words: Mexican athletes, pulmonary O_2 uptake. Heart rate. Oxygen pulse. Blood pressure.

* Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad las mujeres participan con éxito en todos los deportes y actividades físicas; la relación entre factores genéticos, ambientales, método de entrenamiento y estilo de vida es determinante en el rendimiento deportivo.¹ Varios estudios examinaron la diferencia entre género masculino y femenino desde el punto de vista fisiológico, determinantes del rendimiento en diversas disciplinas en deportistas altamente capacitados.^{2,3} Por ejemplo, las diferencias de género relacionadas con la respuesta hormonal (testosterona y cortisol) al entrenamiento de resistencia fíicodeportiva pueden determinar cualquier diferencia definitiva de género.⁴

Las mujeres comparadas con los hombres también tienen valores numéricos más bajos de potencia aerobia máxima, hematocritos, concentraciones de hemoglobina⁵ y potencia ergométrica,⁶ así como diferencias en la composición corporal.⁷ Las diferencias mayores de dimensión corporal y composición corporal entre géneros comienzan a partir de la pubertad; si bien la mujer por el efecto de sus hormonas femeninas tiende a acumular mayor adiposidad corporal que el hombre, algunas corredoras de distancia son excepcionalmente delgadas (ectomorfas).⁸

Aunque no existe diferencia entre géneros en cuanto a la fuerza para la misma cantidad de masa músculo-esquelética, la mujer desarrolla menos fuerza corporal que un hombre de estatura y edad similares, porque ella tiene menor área de corte transversal de fibras musculares.⁹ En consecuencia, la capacidad para el desempeño del ejercicio por kilogramo de masa corporal total en mujeres en promedio es menor que la del hombre en corta, mediana y larga distancia del desempeño de resistencia, tanto en términos absolutos como relativos.⁶ Por lo general, la mujer tiene valores numéricos menores de potencia aerobia máxima relativa a su masa corporal total en relación con el hombre, debido a la mayor adiposidad femenina y en menor medida al menor contenido de hemoglobina, lo que resulta en contenido menor de oxígeno en sangre arterial.^{5,7} En general, existe un componente biológico inherente e inalterable para las diferencias en capacidad aerobia entre géneros.¹⁰

Estado actual

En el alto nivel de rendimiento la mayoría de las mujeres atletas (F) entrenan a un igual o menor número de kilómetros con igual o menos sesiones de entrenamiento por semana, pero con una intensidad que puede ser semejante o superior, respectivamente, a los atletas masculinos (M). Por lo tanto, al comparar las características fisiológicas de las mujeres atletas con sus homólogos masculinos es im-

portante tener en cuenta las diferencias en el tipo de entrenamiento relacionado con el género, lo que se ha reportado en la literatura internacional.^{2,7} Sin embargo, no se encontró ningún estudio centrado en el impacto del género en atletas mexicanos en términos de los factores fisiológicos relacionados con su rendimiento físicoatlético.

Justificación

La cuantificación de diferencias significativas entre atletas mexicanos de ambos géneros no se ha estudiado para su potencial aplicación en sus programas de adecuación fíicodeportiva.

Propósito

Estudiar si entre grupos de atletas mexicanos de ambos géneros hay diferencias de signos vitales y datos máximos de potencia ergométrica y su índice; frecuencia cardíaca, potencia aerobia absoluta y relativa y pulso de oxígeno (ergo-espirometría cardiopulmonar).

Hipótesis

Si entre grupos del deporte por géneros existen diferencias en $\dot{V}O_{2\max}$. Rel entonces también las habrá en términos de frecuencia cardíaca, $\dot{V}O_2$, PuO_2 y potencia ergométrica.

MATERIAL Y MÉTODOS

Voluntarios

En este estudio participaron atletas voluntarios ($n = 29$) del género masculino ($n = 14$) y femenino ($n = 15$) clínicamente sanos, sin antecedentes heredofamiliares ni padecimiento de alguna enfermedad o contraindicación reciente para hacer una prueba de esfuerzo máximo conforme a lo estipulado por el *American College of Sport Medicine* (1986). El criterio de inclusión de atletas voluntarios en lugar de hacer un estudio prospectivo aleatorio se debió a que es claro que éste sería imposible en la realidad del deporte de alto rendimiento.

Este trabajo se aprobó por el Comité Ético local de la Escuela Superior de Medicina del Instituto Politécnico Nacional y se obtuvo el consentimiento de todas las personas voluntarias.

Grupos

La muestra total de atletas constó de nadadores (3M Y 5F); corredores de 1,500 metros planos (mp) (5M, 3F), 10



mil mp (4M, 5F) y de maratón (2M, 2F). Se incluyeron atletas de alto rendimiento del Comité Olímpico Mexicano, de la Confederación Deportiva Mexicana y del Instituto Politécnico Nacional, agrupados con base en sus características de desempeño físicodeportivo, tales como 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.

Antropometría general

La edad cronológica se computó al restar la fecha de nacimiento de cada voluntario a la fecha del momento del estudio. La estatura y la masa corporal se midieron con una báscula clínica con estadiómetro integrado con base en la técnica de Tanner.^{8,11}

Signos vitales

Con excepción de la temperatura corporal. Cada voluntario se sentó 20 min, seguido de mediciones clínicas de la FC (FCR) y FR (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 observación visual, palpatoria y auscultatoria.¹¹

Prueba de esfuerzo máximo

La $\dot{V}O_{2max}$ se midió en la Ciudad de México a 2,240 m de altitud, con un sistema directo de respirometría de circuito abierto durante el último minuto de cada carga de trabajo creciente hasta lograr el máximo (prueba de esfuerzo máximo). El volumen-minuto espirado fue medido con un gasómetro Tissot propiedad del Instituto Nacional de Enfermedades Respiratorias de la Secretaría de Salud. Del volumen-minuto espirado se midió la concentración de O_2 con un analizador electroquímico de O_2 (Medical Analyzer IL404). Con estos datos se calculó la $\dot{V}O_{2max}$ para la condición estándar de dicho gas (STPD).

La $\dot{V}O_{2max}$ se definió como el $\dot{V}O_2$ obtenido durante el mayor poder de desempeño físico (Potmax) 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 FC se monitoreó 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 la mañana (7:00-10:30 h). 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 PAS y PAD se calculó la presión arterial media (PAM, mmHg):

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

Ejemplo:

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

$$PAM = 93.33 \text{ (mmHg)}$$

- **Estimación del índice de masa corporal total (IMC).** 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:

$$IMC = 68 \text{ (kg)} / 1.70 \text{ (m}^2\text{)} = 23.53 \text{ (kg} \cdot \text{m}^2\text{)}$$

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

$$IP_{max} = Pot_{max} \text{ (Watts)} / MCT \text{ (kg)}$$

Ejemplo:

$$IP_{max} = 225 \text{ (Watts)} / 63 \text{ (kg)} = 3.5 \text{ (W} \cdot \text{kg}^{-1}\text{)}$$

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

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

Ejemplo:

$$\dot{V}O_{2max} \text{ Rel} = 3,000 \text{ (mL} \cdot \text{min}^{-1}\text{)} / 63 \text{ (kg)}$$

$$= 47.62 \text{ (mL} \cdot \text{kg}^{-1} \cdot \text{min}^{-1}\text{)}$$

- **Cálculo del pulso de oxígeno.** El PulO_2 se obtuvo al dividir la $\text{VO}_{2\text{max}}$ Abs entre la FC_{max} :

$$\text{PulO}_2 = \text{VO}_2 (\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}) / \text{FC} (\text{latidos} \cdot \text{min}^{-1})$$

Ejemplo:

$$\text{PulO}_2 = 3,000 (\text{mL} \cdot \text{min}^{-1}) / 175 (\text{latidos} \cdot \text{min}^{-1}) = 17.14$$

La velocidad promedio ($\text{m} \cdot \text{seg}^{-1}$) de desempeño fisicoatlético de cada atleta se calculó mediante un procedimiento computado.¹¹

Análisis estadístico

Se aplicaron procedimientos de estadística descriptiva en los datos de antropometría, signos vitales y de ergoespirometría máximos. La comparación de estos datos entre los atletas de ambos géneros se basó en la prueba t no pareada de Student y se consideró significativa para un nivel de $p < 0.05$.¹²

Cuadro 1. Características antropométricas de atletas.

Variable	Mujeres		Hombres		Valor de t
	Promedio \pm DE ¹	Rango	Promedio \pm DE	Rango	
Tamaño del grupo ²	15		14		
Edad (años)	19.6 \pm 4.8	13-29	23.0 \pm 5.4	13-33	NS
Estatuta (cm)	160.0 \pm 5.7	149-175	169.4 \pm 5.0	160-175	4.8***
Masa corporal total (kg)	52.4 \pm 6.7	45-72	57.4 \pm 5.0	49-64	2.3*
Masa corporal magra (kg)	45.0 \pm 5.1	38-60	50.3 \pm 4.0	43-56	1.3***
Adiposidad subcutánea (%)	15.0 \pm 2.1	11-19	12.3 \pm 1.1	10-14	4.2***
Índice de masa corporal ($\text{kg} \cdot \text{m}^{-2}$)	33.0 \pm 3.2	29-42	20.0 \pm 2.0	17-24	1.3***

Los asteriscos son diferencias significativas entre grupos (prueba t-Student, * $P < 0.05$; ** $P < 0.001$; NS = no significativa). ¹Desviación estándar. ²Natación (5♀, 3♂) + 1,500 mp (3♀, 5♂) + 10 mil mp (5♀, 4♂) + maratón (2♀, 2♂). mp: metros planos.

Cuadro 2. Signos vitales y velocidad promedio de atletas.

Variable	Mujeres		Hombres		Valor de t
	Promedio \pm DE ¹	Rango	Promedio \pm DE	Rango	
Tamaño del grupo ²	15		14		
Frecuencia cardíaca ($\text{lat} \cdot \text{min}^{-1}$)	60.0 \pm 11	42-75	54.0 \pm 8.0	40 - 66	NS
Frecuencia respiratoria ($\text{ciclos} \cdot \text{min}^{-1}$)	18.2 \pm 4.0	12-25	16.4 \pm 4.2	Dic-28	NS
Presión arterial (mmHg)					
Diastólica	67.0 \pm 10	50-90	67.4 \pm 7.2	60 - 85	NS
Sistólica	106.0 \pm 8.0	90-120	105.4 \pm 12	90 - 140	NS
Media	80.0 \pm 9.0	63-97	80.0 \pm 8.4	70 - 103	NS
Velocidad media ($\text{m} \cdot \text{s}^{-1}$)	3.047 \pm 1.5	1.3-5.3	4.871 \pm 2.1	1.3 - 6.7	2.8*

Los asteriscos son diferencias significativas entre grupos (prueba t-Student, * $P < 0.009$; NS: no significativa). ¹Desviación estándar. ²Natación (5♀, 3♂) + 1,500 mp (3♀, 5♂) + 10 mil mp (5♀, 4♂) + maratón (2♀, 2♂). mp: metros planos.

RESULTADOS

Las características antropométricas generales, los signos vitales y la velocidad promedio, así como los datos ergoespirométricos máximos de la muestra de atletas se muestran en los cuadros 1, 2 y 3 respectivamente.

Femenino vs. masculino

- **Antropometría general.** Si bien no hubo diferencias en edad cronológica entre géneros, el grupo M resultó mayor ($P < 0.05$) en estatura y masas corporal total y magra comparado con las atletas F (Cuadro 1). Por otro lado, el grupo M resultó menor ($P < 0.05$) en adiposidad corporal subcutánea e índice de masa corporal (Cuadro 1).
- **Signos vitales y velocidad promedio.** La velocidad promedio de desempeño fisicoatlético fue mayor ($P < 0.05$) en el grupo M comparado con el grupo F (Cuadro 2), pero las frecuencias cardíaca y respiratoria, así como

**Cuadro 3.** Características ergo-espirométricas máximas de atletas.

Variable	Mujeres		Hombres		Valor de t
	Promedio \pm DE ¹	Rango	Promedio \pm DE	Rango	
Tamaño del grupo ²	15		14		
Potencia ergométrica (Watts)	180.0 \pm 24	150-225	232.1 \pm 27	175-250	5.6*
Índice de potencia ergométrica (W•kg ⁻¹)	3.4 \pm 0.3	03-4	4.0 \pm 0.3	03-4	4.7*
Frecuencia cardíaca (latidos•min ⁻¹)	187.0 \pm 20	152-230	182.2 \pm 15	164-210	NS
O ₂ absoluto ³ (L•min ⁻¹)	2.4 \pm 0.5	1.7-3.3	3.3 \pm 0.6	03-4	4.5*
O ₂ relativo ⁴ (mL•min ⁻¹ •kg ⁻¹)	45.1 \pm 9.0	33-61	58.0 \pm 9.1	42-74	3.9*
Pulso de O ₂ (mLO ₂ •latido ⁻¹)	13.1 \pm 3.0	9-18	18.3 \pm 3.2	14-24	4.5*

Los asteriscos son diferencias significativas entre grupos (prueba t-Student, *P < 0.001; NS: no significativa). ¹Desviación estándar.

²Natación (5♀, 3♂) + 1,500 mp (3♀, 5♂) + 10 mil mp (5♀, 4♂) + maratón (2♀, 2♂). mp: metros planos. ³Potencia aerobia máxima absoluta de oxígeno. ⁴Potencia aerobia máxima de oxígeno relativa a la masa corporal total.

las presiones arteriales sistólica, diastólica y media no resultaron significativamente diferentes (P > 0.05) entre géneros (Cuadro 2).

- **Respuesta ergométrica máxima.** La potencia ergométrica y el índice de potencia ergométrica máximas fueron mayores (P < 0.05) en los atletas del género M comparado con el F (Cuadro 3).
- **Respuesta cardiopulmonar máxima.** Excepto por la frecuencia cardíaca máxima (P > 0.05), las potencias aerobias absoluta y relativa máximas, al igual que el pulso de oxígeno y la eliminación de bióxido de carbono máximos resultaron mayores en el grupo M (P < 0.05) comparado con el F (Cuadro 3).

DISCUSIÓN

Análisis entre atletas femeninas vs. masculinos

En este trabajo se contrastaron por primera vez las características ergo-espirométricas en algunas especialidades deportivas de atletas mexicanas de alto rendimiento y su contraparte, los atletas mexicanos; con las limitaciones que todo estudio transversal pueda tener, ante la posibilidad de que las diferencias encontradas entre géneros puedan deberse en parte a entrenamientos fisicodeportivos diferentes entre géneros y entre las propias especialidades deportivas.

Antropometría general

La antropometría general se determinó para evaluar en parte el efecto del género en las características estructurales concomitantes con alto dominio de las diversas actividades deportivas¹³ de este estudio. No fue una sorpresa que

la estatura y masas corporal total y magra fueran significativamente mayores en los hombres, al contrario de la adiposidad corporal, como se observó en otros trabajos.² El ejercicio tiene poco o ningún efecto sobre la estatura.¹⁴ El entrenamiento regular resulta en una disminución de la adiposidad corporal total e incrementa la masa corporal magra y la masa corporal total;¹³ la mayor adiposidad corporal (y menor tejido no adiposo) de una mujer en comparación con un hombre de estatura similar se acompaña de un tejido adiposo con una actividad metabólica más baja que la del tejido muscular.¹⁵

Signos vitales y velocidad promedio

Al considerar que la velocidad promedio de desempeño fisicoatlético fue significativamente mayor en el grupo M comparado con el grupo F, en este estudio contrasta el hecho de que la frecuencia cardíaca y las presiones arteriales sistólica, diastólica y media no resultaran significativamente diferentes entre géneros. Esta adaptación crónica al acondicionamiento fisicodeportivo similar en términos de signos vitales, excepto temperatura corporal (no estudiada en este trabajo), y frecuencia respiratoria (sin cambios) indica que las adaptaciones crónicas al entrenamiento deportivo^{2,5} impactan de manera similar al sistema cardiovascular de ambos géneros. Incluso entre géneros no se han encontrado diferencias significativas de presión arterial diastólica durante el ejercicio ni en la recuperación.¹⁶

Respuesta ergométrica máxima

Como se esperaba, la potencia ergométrica y el índice de potencia ergométrica máximas fueron mayores en los hombres que en las mujeres. La capacidad para el desempeño del ejercicio por kilogramo de masa corporal total en

mujeres en promedio es considerablemente menor que la del hombre en corta, mediana y larga distancia del desempeño de resistencia, tanto en términos absolutos como relativos.⁶ Lo que se explica por el hecho de que una menor resistencia muscular esquelética se debe a una menor fuerza muscular corporal en las mujeres en contraste con la de los hombres.^{2,17}

Respuesta cardiopulmonar máxima

La frecuencia cardíaca máxima similar entre géneros, las potencias aerobias absoluta y relativa máximas mayores en hombres, al igual que el pulso de oxígeno y la eliminación de bióxido de carbono máximo (no reportado en este estudio) mayor en hombres que en mujeres se explican por un mayor efecto central y periférico cardiovascular crónico al entrenamiento deportivo en el componente de resistencia fisicodeportiva^{1,11} en los hombres que en las mujeres.⁶ Esto significaría que además del efecto de género por sí mismo, en los parámetros de la respuesta cardiopulmonar máxima, mediante la comparación de rendimiento de hombres vs. mujeres, se debería a la utilización de métodos de entrenamiento diferentes, como son el de alta velocidad vs. de baja velocidad.²

Se sabe que las mujeres que no entrenan a una intensidad equivalente a la del umbral del lactato afectan su capacidad de resistencia fisicodeportiva, aunque entre hombres y mujeres el costo energético de correr no es significativamente diferente, ya que parece que la clave para el rendimiento ha sido la intensidad más que el volumen de entrenamiento.^{2,18} La velocidad de entrenamiento no sólo asegura que la demanda del sistema cardiovascular esté en su máximo, sino que determina la generación de la fuerza muscular que puede ser determinante para el rendimiento.¹⁷

Contraste que no es posible en este estudio al no disponer de dicha información; entre géneros los signos vitales fueron similares, además de que la respuesta cardiopulmonar máxima en las mujeres se acompaña de una mayor frecuencia cardíaca máxima respecto a los hombres,¹⁶ lo cual no ocurrió en este estudio; por el contrario la frecuencia cardíaca máxima no resultó menor en ellas, aunque el pulso de oxígeno sí fue menor en las mujeres. No obstante, el pulso de oxígeno es la cantidad absorbida de éste durante el periodo de un ciclo cardíaco (sístole más diástole) y depende del volumen-latido (factor central) menor en la mujer y de la diferencia arteriovenosa (componente periférico de resistencia fisicodeportiva), también menor en la mujer.^{1,5,7}

Todo indica que la mayor respuesta cardiopulmonar máxima observada en hombres vs. mujeres de este estudio se debió en parte a una variabilidad biológica de género, cuan-

titivamente mayor en los hombres que en las mujeres, que al efecto de métodos de entrenamiento diferentes, sobre todo porque los métodos de entrenamiento de los géneros de atletas de cada especialidad deportiva fueron del mismo entrenador. No obstante, a menudo es difícil delimitar la categoría de entrenamiento en los hombres al igual que en las mujeres;⁷ sobre todo porque el tamaño de la masa músculo-esquelética contráctil contribuiría en gran medida a las diferencias de capacidad aerobia entre géneros.⁶

CONCLUSIÓN

Mediante una prueba de ciclo-ergo-espirometría de esfuerzo máximo es posible observar diferencias de grupos del deporte de alto rendimiento a partir de diferencias en resistencia central (pulso de oxígeno) y periférica ($\dot{V}O_{2\max}$ Rel) así como ergométrica entre géneros de atletas mexicanos.

AGRADECIMIENTO

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 facilidades que brindaron en las instalaciones a su digno cargo. Este trabajo fue apoyado por la Escuela Superior de Medicina (ESM) del Instituto Politécnico Nacional (IPN), gracias al desarrollo experimental de los proyectos de investigación científica apoyados por la ESM (SEPI), IPN (EDD; CGEPI: 20070298 & 20080619), COFAA y CONACyT: 23151. Asimismo, nuestro agradecimiento a todos los estudiantes voluntarios y colaboradores en investigación, personal de apoyo a la docencia, personal docente y autoridades de la ESM y también, a las distinguidas autoridades del IPN por su apoyo académico-administrativo.

REFERENCIAS

1. Padilla JP, Castillo-Hernández MC, Castillo-Henkel C. Estimation of Submaximal Exercise Stroke Volume of Mexican Athletes. JEPonline 2011; 14(3): 80-90.
2. Billat V, Lepretre PM, Heugas AM, Laurence MH, Salim D, Koralsztejn JP. Training and Bioenergetic Characteristics in Elite Male and Female Kenyan Runners. Med Sci Sports Exerc 2003; 35(2): 297-304.
3. Saltin B, Gollnick PD. Skeletal muscle adaptability. In: Peachey LD, Adrian PH, Geiger SR. Handbook of Physiology: Skeletal muscle. Bethesda: American Physiology Society; 1983, p. 550-631.
4. Cureton KJ, Collins MA, Hill DW, McElhannon FM Jr. Muscle hypertrophy in men and women. Med Sci Sports Exerc 1988; 20(4): 338-444.



5. Katch FI, McArdle WD, Pechar GS, Czula R. Maximal Oxygen Intake, Endurance Running Performance, and Body Composition in College Women. *Research Quarterly* 1973; 44: 301-12.
6. Åstrand P-O. Principles in ergometry and their implications in sports practice. *Sports Medicine* 1984; 1: 1-5.
7. Joyner MJ. Physiological limiting factors and distance running: influence of gender and age on record performances. *Exerc Sport Sci Rev* 1993; 21: 103-33.
8. Tanner JM. The physique of the Olympic Athletes. London, England: Allen & Unwin; 1964.
9. Gollnick PD, Åstrand P-O, Hermansen LA. Esfuerzo físico y fatiga. Padilla PJ (Compilador). México, D.F.: Escuela Superior de Medicina, Instituto Politécnico Nacional; 1984, p. 1-207.
10. Buskirk ER, Hodgson JL. Age and aerobic power: the rate of change in men and women. *Fed Proc* 1987; 46(5): 1824-9.
11. Padilla JP, Martínez EL, Olvera GS, Ojeda PC, Caudillo DP. Dinámica cardiopulmonar durante una prueba de esfuerzo máximo en atletas mexicanos de resistencia. *Arch Inst Cardiol Méx* 2000; 70: 268-84.
12. Zar JH. Biostatistical analysis. 3rd. ed. New Jersey City: Prentice Hall; 1996, p. 179-225, 372, 404-17.
13. Thorland WC, Johnson GO, Fagot TG, Sharp GD, Hammer RW. Body composition and somatotype characteristics of junior Olympic athletes. *Med Sci Sports Exercise* 1981; 13(5): 332-8.
14. Larson RL. Physical activity and the growth and development of bone and joint structures. In: Rarick GL (ed.). *Physical activity: Human growth and development*. 1974: 32-59.
15. Cunningham JJ. Body composition and resting metabolic rate: the myth of feminine metabolism. *Am J Clin Nutr* 1982; 36: 721-6.
16. Mellrowickz H, Smoldka VN. *Ergometry: basics of medical exercise testing*. Baltimore, EU: Urban & Schwarzenberg; 1981.
17. Noakes TD. Implications of exercise testing for prediction of athletic performance: a contemporary perspective. *Med Sci Sports Exerc* 1988; 20: 319-30.
18. Billat VL, Demarle A, Slawinski J, Paiva M, Koralsztejn JP. Physical and training characteristics of top-class marathon runners. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 2089-97.

Solicitud de sobretiros:

Javier Padilla P. MD, MSc
 Fisiología del Ejercicio
 Escuela Superior de Medicina, 3er. piso
 Instituto Politécnico Nacional
 Casco de Santo Tomás, DMH
 C.P. 11340, México, D.F.
 Tel.: (55) 5729-6300, Ext./Fax 62733
 Correo electrónico: japadillap@ipn.mx