



Rev. Cub. Med. Dep. & Cul. Fís. 2016; Vol. 11, Núm. 1 ISSN: 1728-922X

Artículo original

Comportamiento de la función respiratoria en remeros cubanos durante un test remoergométrico de 2000 m

Behavior of respiratory function in cuban rowers set by remoergometric stress test of 2000 meters

Autores

MsC. Rita María Martínez la Rosa ⁽¹⁾, DraC. María Elena González Revuelta ⁽²⁾

Dr. Armando Llera Crespo ⁽³⁾

⁽¹⁾ Especialista en Medicina del Deporte, Máster en Control Médico del entrenamiento Deportivo

⁽²⁾ DraC. Medicas, Máster en Control Médico del Entrenamiento, Especialista en Fisiología Normal y Patológica, Profesora Titular y Consultante, Investigadora Titular. mariele@infomed.sld.cu

⁽³⁾ Dr Armando Llera Crespo Especialista en Medicina del Deporte

Palabras clave: remo ergometría , función respiratoria , test de 2000 m.

Resumen

Con el objetivo de caracterizar la función respiratoria de remeros durante un test de 2000 m, se estudiaron 29 atletas del Equipo Nacional de Cuba, 21 del sexo masculino (10 peso abierto HPA y 11 peso ligero HPL) y 8 del sexo femenino (4 peso abierto MPA y 4 peso ligero MPL) acoplado un remoergómetro CONCEPT 2 a un analizador de gases ERGOCIT AT PLUS. Se realizó un estudio descriptivo y analítico de corte transversal, determinándose diferentes variables ergoespirométricas tales como frecuencia respiratoria, la ventilación minuto, la relación VD/VT y los equivalentes ventilatorios de O₂ y CO₂ en el reposo, a los 1000 m. y al final de la prueba. Los datos fueron registrados y posteriormente analizados con el paquete estadístico SSPS 17,

determinándose las estadísticas descriptivas de todas las variables durante los tres momentos antes referidos, lo que nos permitió caracterizar la función respiratoria, de los atletas durante el test. Los hombres mostraron valores más elevados de ventilación minuto que las mujeres, a expensas de la frecuencia respiratoria, así como elevados valores de la relación VD/VT sobre todo durante el tramo de los primeros 1000 metros, denotando un mayor compromiso de la eficiencia ventilatoria. Los resultados encontrados permitieron hacer recomendaciones al plan de entrenamiento.

Palabras claves; remoergometría, función respiratoria, test de 2000 m.

Abstract

In order to characterize the respiratory function of Cuban rowers during a stress test of 2000 m, 29 athletes of the National Team of Cuba, 21 males (10 open weight MPA and 11 lightweight MPL) and 8 females (4 open weight FPA and 4 lightweight FPL) coupling a Concept2 rowing ergometer to a gas analyzer ERGOCIT AT PLUS. A descriptive and analytic cross-sectional study, determining ergospirometric different variables such as respiratory rate, minute ventilation, the VD / VT ratio and ventilatory equivalent of O₂ and CO₂ in the rest, at 1000 meters, and the end of the test, was performed. Data were recorded and later analyzed with the statistical package SPSS 17, determining descriptive statistics of all variables during the three mentioned moments, which allowed us to characterize the respiratory function of athletes during the test. Men showed higher values of minute ventilation than women, at the expense of the respiratory rate and higher values of VD / VT ratio especially during the flight of the first 1000 meters, denoting a greater commitment of ventilatory efficiency. Results allowed to make recommendations to the training plan.

Keywords; remoergometric test, respiratory function , test of 2000 meters.

INTRODUCCIÓN

El remo es un deporte que al igual que otros es el resultado de la combinación de principios fisiológicos, bioquímicos y biomecánicos y el logro de un buen desempeño es una consecuencia de la integración de estos aspectos que darán como resultado la implementación de una técnica apropiada de remada

(1). El deporte de Remo es ampliamente practicado a nivel mundial cosechándose notales resultados en los últimos tiempos, lo que en gran medida responde no solo al régimen de entrenamiento, sino también a los recursos disponibles para llevar a cabo el control de éste..

El desarrollo científico técnico cada día se hace más vertiginoso y se muestra en los diferentes contextos de la sociedad, ya sea en la esfera económica, social y deportiva. Esto último se ve reflejado en los adelantos del vestuario ,implementos deportivos y en el uso de tecnología de punta, que potencializan el desenvolvimiento de los deportistas, así como en el desarrollo y aplicación de los conocimientos que brindan las ciencias aplicadas al deporte para llevar a cabo estudios que desde el punto de vista fisiológico, biomecánico, y bioquímico permiten evaluar y apoyar la conducción del entrenamiento.

Aunque en nuestro país ya se cuenta con algunos de estos recursos se carece sin embargo de otros que resultan de gran importancia para la realización de pruebas biomédicas, las que necesariamente deben ser realizadas con cierta periodicidad durante un ciclo de preparación ,como parte del control médico del entrenamiento deportivo.

Una de las pruebas biomédicas de mayor importancia por la información que brinda en relación al rendimiento funcional de los remeros son las pruebas ergométricas que se realizan con el remoergómetro (2,3,4,5).

En nuestro país se tiene experiencia en la realización de test máximos de remoergometría desde hace más de 20 años. Uno de los test ergométricos que con sistematicidad se utiliza para la evaluación funcional de los remeros es el test máximo de 2000 metros (m). Sin embargo, la evaluación del rendimiento funcional se hace habitualmente de forma indirecta a partir de la determinación de las variables que brinda el remoergómetro.

De todos es conocidos que para una mayor precisión en la determinación del rendimiento funcional aerobio se requiere realizar la determinación directa, de los gases intercambiados durante la respiración del deportista en el transcurso de la prueba de esfuerzo, constituyendo los datos de aquí emanados, resultados más exactos para evaluar el rendimiento funcional que manifiestan ^(5,6)

Hasta la fecha actual no había sido posible en nuestro medio determinar el comportamiento de variables ergoespirométricas así como de las relaciones que se establecen entre ellas, por lo que fue un objetivo del presente trabajo analizar el comportamiento de la función respiratoria durante la realización de un test de 2000 metros realizado sobre un remoergómetro ,con la utilización de un analizador de gases!

MATERIAL Y MÉTODOS

Se realizó un estudio prospectivo, transversal, de carácter descriptivo, consistente en el análisis de 29 pruebas de esfuerzo, realizadas a remeros priorizados del equipo nacional durante los dos últimos años, 21 del sexo masculino y 8 del sexo femenino, de ellos 10 hombres peso abierto (HPA), 11 hombres peso ligero (HPL) y 4 mujeres en cada categoría,

Dichas pruebas fueron realizadas acoplando el remoergómetro CONCEPT 2 a un equipo analizador de gases ERGOCIT AT PLUS de fabricación cubana disponible en el departamento de pruebas ergométricas del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular.

El protocolo para las pruebas de esfuerzo consistió en reproducir sobre el remoergómetro la metodología para realizar un test máximo de 2000 m (metros), realizando un calentamiento de 10 minutos al 85% de la máxima intensidad en el Remoergómetro previo calentamiento fuera de éste de otros 10 minutos con ejercicios generales y de estiramiento. Una vez concluido el calentamiento los remeros descansaron sobre el ergómetro durante 60s, tiempo a partir del cual se procedió a acoplar al deportista al analizador de gases colocándoles una máscara para la respiración a través de ella, y permitir así el flujo de los gases hacia el analizador. El analizador a su vez se mantuvo conectado a una computadora que dispone de un software diseñado

específicamente para la interpretación de los cambios de los volúmenes gaseosos, así como otros cambios del patrón respiratorio producidos durante la prueba de esfuerzo.

Todos los parámetros ergoespirométricos fueron determinados en el reposo (al final del calentamiento), al final de los primeros 1000 metros y al finalizar el test y fueron convenientemente registrados, graficados y visualizados a través de la pantalla de la computadora.

Las variables respiratorias registradas fueron: Frecuencia respiratoria (respiraciones /min) , Ventilación minuto (l/min), relación entre volumen del espacio muerto y volumen corriente (VD/VT) así como los equivalentes ventilatorios de O₂ y CO₂ los que se consideran buenos indicadores de la eficiencia respiratoria.

Se confeccionó una planilla para la recogida de la información confeccionándose con los resultados una base de datos para su ordenamiento y posterior procesamiento. Las pruebas se agruparon para su análisis según el sexo y categoría de peso de los remeros.

Se determinaron las estadísticas descriptivas utilizando como medidas de tendencia central la media (X) y como medida de dispersión la desviación estándar (DS) de las variables, así como los valores mínimos y máximos de todas las variables estudiadas en cada uno de los momentos de la determinación.

Las limitaciones de este estudio estuvieron dadas por la imposibilidad de poder registrar cuantitativamente los momentos de la arrancada y del sprint final durante el test de 2000 metros, ya que se tuvieron que acomodar nuestras observaciones a los tiempos prefijados al equipo de análisis de gases por el personal que atiende el servicio de rehabilitación del Instituto de Cardiología y Cirugía Cardiovascular, lugar en el que se realizaron las determinaciones y al que se le agradece la cooperación para la realización de este trabajo. Tampoco se pudo realizar las determinaciones en otras etapas de la preparación ni incluir un número mayor de deportistas debido a limitaciones de tiempo con el uso del analizador de gases.

RESULTADOS

En el gráfico 1 se muestran los resultados de la función respiratoria en los hombres de ambas categorías de peso.



Gráfico 1 Relaciones entre la frecuencia respiratoria, la ventilación minuto y la relación VD/VT en remeros de categorías abierta y ligera. Fuente: Base de datos Canal de Remo José Smith Comas, 2012-2013

Como puede observarse, en el gráfico 1 tanto en los remeros de categoría abierta como ligera, la frecuencia respiratoria y la ventilación minuto parten del reposo con valores altos. (79 y 78 resp/min) y (25 y 26 l/min) en HPA, y HPL respetivamente. Una vez iniciada la prueba, y durante los primeros 1000 m, (tramo que incluye una arrancada intensa), la frecuencia respiratoria, y la ventilación alcanzan valores muy elevados (167 y 163 resp/min) y (160 y 136 l/min) en HPA, y HPL respetivamente.

En los primeros 1000m, la relación VD/VT también se incrementa notablemente, pero una vez superados los 1000 metros, aún cuando la frecuencia respiratoria y la ventilación continúan elevándose, (184 y 181 resp/min) y (167 y 182 l/min) en HPA, y HPL respetivamente, lo hacen de una forma menos rápida es decir con una pendiente de ascenso menos elevada, por lo que aunque la relación VD/VT sigue elevada se observa una discreta disminución con relación a la etapa inicial

En el gráfico 2 se muestran los resultados de la función respiratoria de las mujeres en ambas categorías de peso.

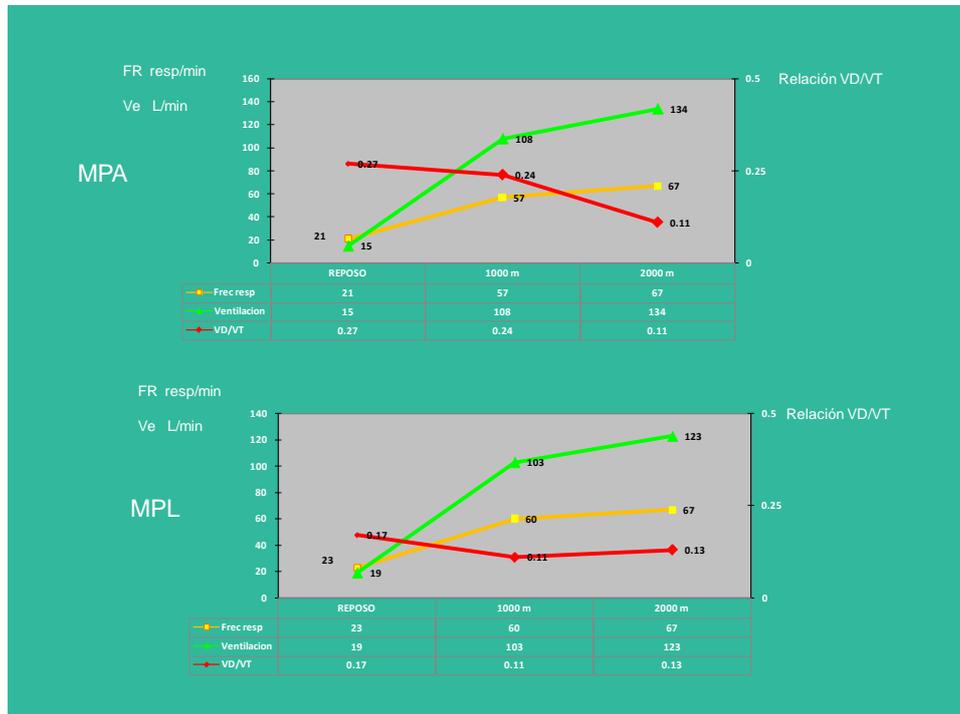
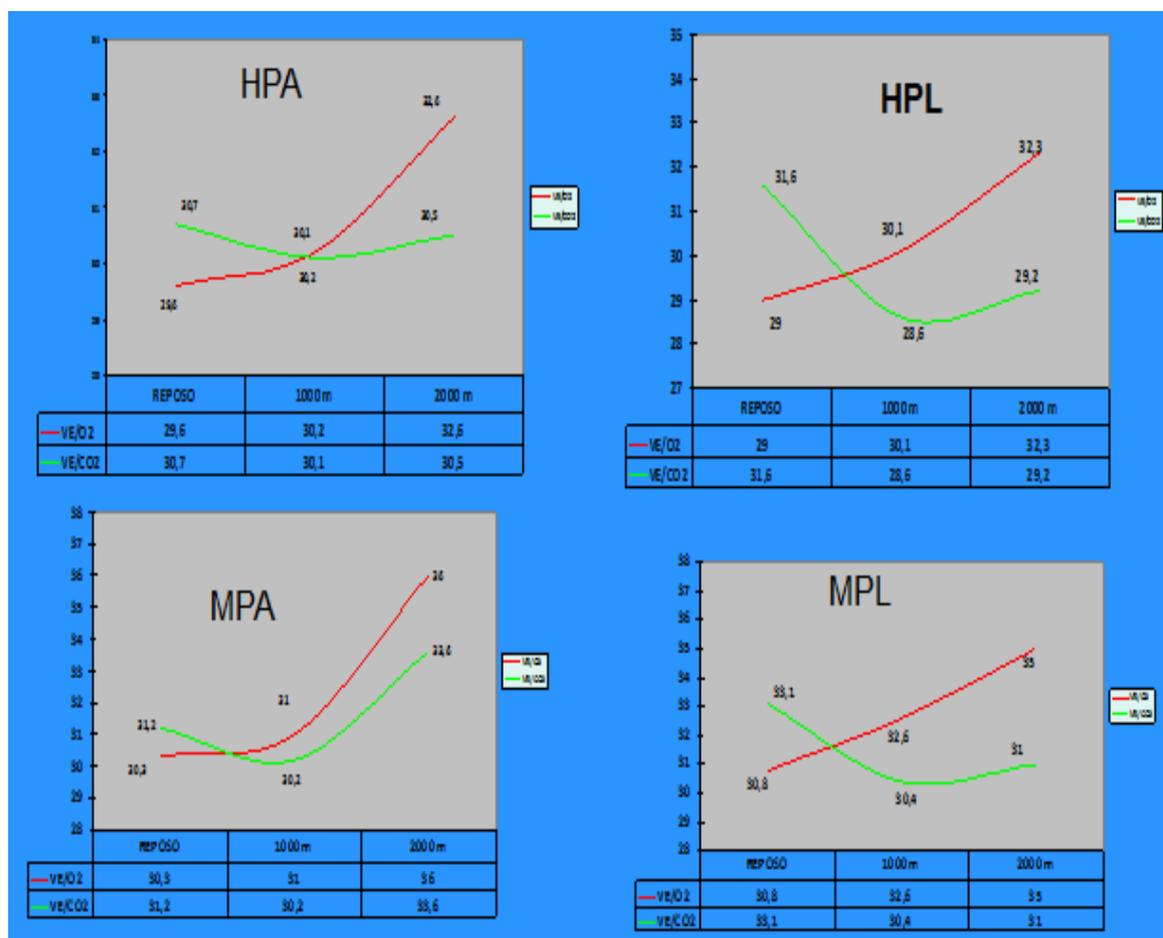


Gráfico 2 Relaciones entre la frecuencia respiratoria, la ventilación minuto y la relación VD/VT en remeras de categorías abierta y ligera Fuente: Base de datos Canal de Remo José Smith Comas, 2012-2013

Como puede observarse en el caso de las mujeres de ambas categorías de peso, los valores de frecuencia respiratoria y ventilación minuto muestran un comportamiento similar al de los hombres pero los valores alcanzados resultan ser mucho más bajos que en aquellos, durante toda la prueba incluyendo los valores de reposo, mientras que en la relación VD/VT se observa una tendencia a su disminución durante el transcurso de la prueba con excepción de los últimos 1000m en las MPL donde se observa una muy discreta tendencia a aumentar (0,11 a 0,13)

El gráfico 3 muestra el comportamiento de los equivalentes ventilatorios de Oxígeno y CO₂ (V_e/O_2) y V_e/CO_2), en ambos sexos y categorías de peso.



Como puede verse en el gráfico 3 el V_e/O_2 estuvo en los rangos de 29 a 31 para los hombres y de 30 a 31 para las mujeres mientras que el V_e/CO_2 estuvo entre 30,7 y 31,6 para los hombres y de 31,2 a 33,1 para las mujeres.

En relación al V_e/O_2 su comportamiento fue bastante homogéneo en ambos sexos y categorías, mostrando un incremento ligero desde el inicio de la prueba, pero haciéndose más marcado a partir de los 1000 m, para alcanzar su mayor valor al final del test. Sólo en el caso de las mujeres peso ligero, el aumento del equivalente de O₂ fue menos acuciante en el último tramo de la prueba aunque también fue manifiesto.

En el caso del V_e/CO_2 en ambos sexos y categorías se observó una tendencia a disminuir su valor en los primeros 1000 m para después volverse a incrementar de forma marcada durante los últimos 1000 m.

DISCUSIÓN

La frecuencia respiratoria, el volumen de ventilación pulmonar y la ventilación minuto caracterizan el patrón respiratorio de un sujeto, tanto en condiciones de reposo como durante un esfuerzo.

Durante un esfuerzo que crece en su intensidad, se producen cambios simultáneos de la frecuencia respiratoria y del volumen de ventilación pulmonar, de manera tal que a medida que el esfuerzo crece, la frecuencia respiratoria y el volumen de ventilación crecen proporcionalmente hasta un nivel de intensidad de la carga a partir de la cual aunque la frecuencia respiratoria siga creciendo, el volumen de ventilación pulmonar comienza entonces a disminuir ^(8,9).

En cuanto a la relación VD/VT , se conoce que a medida que la intensidad del esfuerzo crece y aumenta el flujo de aire a través de las vías respiratorias, se incrementan tanto el volumen corriente como el espacio muerto (que es aquel donde no se produce el intercambio de gases), aunque el espacio muerto tiende a crecer proporcionalmente menos que el volumen corriente, por lo que la relación VD/VT se mantendrá dentro de valores relativamente estables o con tendencias a la disminución mientras las cargas se mantienen relativamente bajas o con una intensidad moderada lo que garantiza un adecuado intercambio de gases ⁽⁸⁾.

Sin embargo, en esfuerzos de mayor intensidad en la medida que la

intensidad de la ventilación crece, el espacio muerto continuará creciendo, pero el volumen de ventilación pulmonar no podrá seguir creciendo de forma proporcional sino que por el contrario se verá comprometido por el incremento de la frecuencia respiratoria, entonces la relación VD/VT comenzará a aumentar indicando un deterioro de la eficiencia ventilatoria. Debe destacarse que el aumento de la relación VD/VT es un indicador de pérdida de la eficiencia respiratoria dependiente de cambios morfofuncionales del aparato respiratorio ⁽⁸⁾.

Debemos señalar que en un test de 2000 m se requiere un esfuerzo intenso desde el comienzo (lo que constituye la fase de arrancada) para luego lograr una cierta estabilización en el trabajo y finalmente cerrar con un esfuerzo máximo.

Como pudo observarse en el sexo masculino así como en ambas categorías de peso, la frecuencia respiratoria y la ventilación minuto parten del reposo con valores altos, encontrándose valores de frecuencia respiratoria de 79 y 78 respiraciones por minuto en HPA y HPL respectivamente y en el caso de la ventilación con valores de 25 y 26 l/min en cada categoría.

Este resultado lo hacemos dependiente no sólo a la intensidad del esfuerzo realizado durante el calentamiento sino también al esfuerzo sobreañadido a la respiración al colocárseles la máscara para la recolección de los gases durante la prueba, ya que al colocar la misma los deportistas en su totalidad se quejaron de dificultad para respirar, se mostraron intranquilos y este comportamiento a nuestro juicio determinó un incremento adicional de la frecuencia respiratoria, (debido a un componente psíquico notable), lo que posiblemente también limitó el aumento del volumen corriente en el inicio de la prueba .

Una vez iniciada la prueba y durante los primeros 1000 m, (tramo que incluye una arrancada intensa), la frecuencia respiratoria y la ventilación fueron muy elevadas. En los hombres de ambas categorías la frecuencia respiratoria alcanzó valores por encima de las 160 respiraciones por minuto, mientras que la ventilación mostró cifras también muy elevadas, de 160 l/min en la categoría de HPA y de 136 l/min en la categoría de HPL, aunque inferiores a los valores reportados por Hagerman durante un test de remoergometría de 2000 m, donde se reportaron valores de ventilación pulmonar de 200 l/min ⁽¹⁰⁾.

Como puede verse fueron los HPA los que más modificaron su función respiratoria durante el tramo inicial. Estos resultados se corresponden con los valores reportados durante esfuerzos muy intensos en atletas de resistencia muy entrenados (8,11, 12, 13).

En este primer tramo, la relación VD/VT se incrementó notablemente debido posiblemente a la disminución del volumen corriente ante valores tan elevados de frecuencia respiratoria, lo que indica una ineficiencia relativa de la ventilación.

Sin embargo una vez superados los 1000 metros, aun cuando la frecuencia respiratoria y la ventilación continúan elevándose, lo hacen de una forma menos rápida es decir con una pendiente de ascenso menos elevada, por lo que aunque la relación VD/VT continúa estando elevada, se ve una discreta disminución con relación a la etapa inicial, sobre todo en los HPA lo que denota una discreta mejoría de la eficiencia respiratoria durante los últimos 1000 metros, tramo en el que está comprendida la etapa de estabilización de las funciones.

En el caso de las mujeres de las dos categorías los valores de frecuencia y ventilación resultan ser mucho más bajos que en los hombres durante toda la prueba incluyendo los valores de reposo. Ambas categorías parten de valores ligeramente elevados de frecuencia respiratoria en el inicio del test lo que está justificado plenamente por el calentamiento realizado y aunque en el primer tramo la frecuencia respiratoria se eleva a (57 y 60 resp/min) en MPA y MPL respectivamente lo hace hasta un valor que se puede considerar aceptable para esfuerzos de intensidad moderada (8). Vale la pena señalar que las mujeres mostraron un menor rechazo a la máscara que los hombres, lo que conjuntamente con una menor intensidad del esfuerzo inicial puede justificar los resultados que se encontraron en ellas.

En la ventilación se alcanzaron valores de 108 y 103 litros por minuto en MPA y MPL respectivamente, lo que se corresponde con los valores reportados en la literatura para esta variable durante esfuerzos intensos. Sin embargo según Hagerman en estudios con remeros elites en el test de 2000 metros en remoergómetro se encontró valores de ventilación minuto de 170 l/min en mujeres, muy superiores a los encontrados en este trabajo (8, 10, 11, 12, 13).

Al ser más bajos los valores de frecuencia respiratoria, el límite que esta variable impone al aumento del volumen de ventilación pulmonar se atenúa y se favorece la eficiencia de la ventilación, no presentándose iguales limitaciones a cuando se trabaja con valores de frecuencia respiratoria y ventilación pulmonar tan elevados como ocurrió en el caso de los hombres. Por esta razón, la relación VD/VT en las mujeres se comportó de forma diferente a lo observado en los hombres es decir se observó una tendencia a su disminución durante el transcurso de la prueba lo que sin lugar a dudas está en correspondencia con una mejor eficiencia ventilatoria durante la misma, lo que se considera que está determinado posiblemente por un menor esfuerzo desarrollado durante la ejecución de la prueba de esfuerzo (8, 12).

En relación con los equivalentes ventilatorios de (Ve/O_2) y Ve/CO_2 , son frecuentemente utilizados durante la prueba ergoespirométrica para delimitar los umbrales ventilatorios, así como el máximo esfuerzo, En el reposo los Ve/O_2 y Ve/CO_2 pueden encontrarse en valores entre 35 y 25, siendo el Ve/CO_2 , ligeramente superior al del O_2 . López Chicharro ha reportado valores de Ve/O_2 de 23 a 25 y de 30 para el Ve/CO_2 (11).

Como pudo verse en el gráfico 3, los hombres y las mujeres mostraron valores del Ve/O_2 y Ve/CO_2 en el reposo ligeramente elevados en relación a lo reportado López Chicharro(11) estando el Ve/O_2 en los rangos de 29 a 31 para los hombres y de 30 a 31 para las mujeres mientras que el Ve/CO_2 estuvo entre 30,7 y 31,6 para los hombres y de 31,2 a 33, 1 para las mujeres.

A cargas relativamente estables y bajas, estos equivalentes pueden mantenerse con poca variación o reducirse ligeramente, indicando la existencia de una eficiencia respiratoria adecuada. Sin embargo cuando la intensidad de la carga se va elevando y el esfuerzo del atleta se incrementa, ambos equivalentes tienden a incrementarse, denotando la pérdida progresiva de esta eficiencia.

El comportamiento mostrado por estos indicadores en el presente trabajo se corresponde con lo reportado en la literatura, denotando un compromiso de la eficiencia respiratoria desde el inicio de la prueba lo que alcanza su máxima expresión al final de la misma. Se corresponden estos resultados con lo observado de la relación VD/VT en este trabajo

El incremento más tardío del V_e/CO_2 también se observó en este trabajo lo que atribuimos al fenómeno de tamponamiento isocápnico del ácido láctico que se produce, por lo que los cambios provocados por su acumulación en sangre pueden resultar más tardíos sobre la ventilación ⁽¹⁴⁾.denotando la pérdida progresiva de esta eficiencia.

BIBLIOGRAFIA

1. Llera C A. Control Médico del Entrenamiento en Remo. Conferencia impartida en IMD, La Habana : IMD; 2004.
2. Herreros A. La escuela de Remo. Educación. Física y Deportes.[Internet]. 1998 [citado 15 oct 2010]; 3(12): [aprox. 6 p.]. Disponible en: <http://www.efdeportes.com>
3. Seiler S. "Física y fisiología de la remada rápida". [Internet]. 2008 [citado 20 may 2012]. Disponible en: www.rowersworld.com.
4. Valdés Cubilla SL. Variables fisiológicas en tests máximos de remoergometría en remeros cubanos. Análisis de un cuatrienio. [Tesis]. La Habana : IMD; 2009.
5. Hartmann, U. And Mader, Modelling of metabolic conditions in rowing through post-exercise simulation. 1993 Coach 4: 1 –15.
6. Fox EL. "Fisiología del Deporte". Buenos Aires : Médica Panamericana 1989.
7. Hartmann, U. Querschnittuntersuchungen and Leistungsrunderernim Flachland und Längsschnittuntersuchungen an Eliteruderern in der Höhe mittels eines zweistufigen. Tests auf einem GJESSING – Ruderergometer. Konstanz: Hartung-Gorre. 1987.
8. González ME. Fisiología del ejercicio: respuestas y adaptaciones provocadas por el ejercicio físico y el entrenamiento.1ra, Ed. La Habana: Ed. Deportes; 2013. "en prensa" p 92-198.
9. Pancorbo Sandoval AE. "Medicina del deporte y ciencias aplicadas al alto rendimiento y la salud. Editora EDUCS da Universidad de Caxias do São Pablo, Brasil. São Pablo : OMS; 2002.
10. Hagerman FC. "Applied physiology of rowing".Sports Med. 1984; 1: 303 –26.
11. López Chicharro J, Fernández Vaquero VA. Fisiología del Ejercicio Cáp. 11. Respuestas y adaptaciones cardiovasculares al ejercicio 2da. ed. Ed. Médica Panamericana, Madrid. 1998.
12. González G J. Fisiología de la actividad física y el deporte. Madrid: Ed. Interamericana McGraw Hill; 1995.
13. Villamil Cabo J. Validez y fiabilidad del método de la frecuencia cardíaca para la valoración del metabolismo aeróbico-anaeróbico en remeros de alto nivel. Tesis doctoral. edita: universidad de Oviedo, 2009 nº 64 ISBN: 978-84-692-8948-8.
14. Scheuermann BW, Kowalchuk JM, Paterson DH, Cunningham DA. Carbonic anhydrase inhibition delays plasma lactate appearance with no effect on ventilatory threshold. J Appl Physiol. 2000 Feb; 88(2):713-21.

