



Artículo original

**CONSUMO DE OXÍGENO, CAPACIDAD VENTILATORIA, HEMOGLOBINA  
Y HEMATOCRITO EN CICLISTAS VENEZOLANOS SOMETIDOS A  
OXIGENACIÓN HIPERBÁRICA.**

**OXYGEN UPTAKE, VENTILATORY CAPACITY AND THE  
CONCENTRATION OF RED BLOOD CELLS AND HEMOGLOBIN IN  
VENEZUELAN CYCLISTS UNDER THE INFLUENCE OF HYPERBARIC  
OXYGENATION.**

**Gilberto Mendoza \*, María Elena González Revuelta \*\***

\*Medico Cirujano. Especialista en medicina hiperbárica Ecografista Integral  
Magister en Control Médico del Entrenamiento Deportivo. Docente en la  
UPTAEB. en el área de fisiología del ejercicio y primeros auxilios Venezuela.  
Email: [otrebliq23@hotmail.com](mailto:otrebliq23@hotmail.com)

\*\* DrC, Especialista en Fisiología Normal y Patológica. Magister en Control  
Médico del Entrenamiento Deportivo. Profesora Titular y Consultante.  
Investigadora Auxiliar .IMD  
Email: [mariele@infomed.sld.cu](mailto:mariele@infomed.sld.cu)

**RESUMEN**

Se realizó un estudio experimental, prospectivo, longitudinal de cohorte transversal en 8 ciclistas venezolanos, con el objetivo de determinar la influencia de la oxigenación hiperbárica sobre el consumo de oxígeno, la capacidad ventilatoria y la concentración de glóbulos rojos y hemoglobina. Para el estudio los ciclistas fueron agrupados aleatoriamente en un grupo control y otro experimental de 4 ciclistas cada uno. A todos se les determinó el VO<sub>2</sub> máximo mediante pruebas de esfuerzo, hasta el agotamiento en un veloergómetro, la concentración de hemoglobina y hematocrito así como la capacidad vital forzada mediante espirometría en diferentes momentos de un macrociclo. El grupo experimental recibió 20 sesiones de oxigenación hiperbárica durante 1 hora, después del entrenamiento, hasta completar 10 sesiones a mediados de la preparación general y otras 10 a mediados de la especial. Solo se observó tendencia a la mejoría del MVO<sub>2</sub>, en el grupo experimental a lo largo del macrociclo, aunque no todas las comparaciones realizadas intragrupo, así como con el grupo control arrojaron diferencias estadísticamente significativas para un nivel de  $p \geq 0,05$ . El resto de las variables estudiadas en el grupo experimental no sufrieron modificaciones estadísticamente significativas a lo largo del macrociclo ni tampoco con respecto al grupo control. Se concluye que la oxigenación hiperbárica ejerció una influencia positiva, en el rendimiento funcional aerobio de los sujetos experimentales, favoreciendo en alguna medida el transporte de oxígeno a los

músculos, así como una mejor recuperación metabólica y fisiológica de los deportistas. Los resultados se muestran en tablas y gráficos.

**Palabras claves:** oxigenación hiperbárica , rendimiento aerobio, ciclismo de pista.

## **ABSTRACT**

An experimental , prospective, longitudinal and cross cohort study was performed with 8 Venezuelan cyclists, in order to determine the influence of hyperbaric oxygenation on oxygen uptake, ventilatory capacity and the concentration of red blood cells and hemoglobin. To study the cyclists were grouped randomly into a control group and an experimental, 4 riders each. All were determined VO<sub>2</sub>max by exercise tests to exhaustion on a cycling ergometer, hemoglobin concentration and hematocrit as well as forced vital capacity (FVC) by spirometry at different times of a macrocycle. The experimental group received 20 sessions of hyperbaric oxygen for 1 hour, after training, to complete 10 sessions in the middle of the general preparation and 10 sessions in the middle of the special stage. One trend MVO<sub>2</sub> improvement was observed in the experimental group over the macrocycle, although not intragroup comparisons, as well as to the control group had statistically significant differences in the level of  $p \leq 0.05$ . The rest of the variables studied in the experimental group experienced no statistically significant changes over the macrocycle or with respect to the control group. We conclude that hyperbaric oxygen exerted a positive influence on the aerobic functional performance of experimental subjects, somewhat favoring the transport of oxygen to the muscles, as well as a best metabolic and physiological recovery of athletes. The results are shown in tables and graphs .

**Key words:** hyperbaric oxygenation, aerobic performance, track cycling,

## **INTRODUCCIÓN**

El deporte actualmente en nuestro medio, está tomando un nuevo rumbo al descubrir nuevas aristas que permiten que los científicos dedicados al entrenamiento deportivo usen nuevos elementos en bien del desarrollo del deportista.

La actividad física y específicamente el deporte de alto rendimiento es uno de los factores que en mayor medida incrementa la tasa metabólica generando un aumento marcado de las demandas de nutrientes y de oxígeno para la síntesis de ATP, siendo necesario señalar que el tipo de deporte practicado según su duración e intensidad de ejecución y el sistema energético a utilizar tiene diferentes efectos sobre la salud, diferenciándose en este sentido los deportes aeróbicos, anaeróbicos y mixtos.

En los deportes de tipo aerobio las necesidades de oxígeno se incrementan marcadamente por ser ejercicios de moderada a gran intensidad y

prolongados en el tiempo, generándose un déficit de oxígeno en el organismo que desencadena mecanismos de ajuste homeostático muchos de ellos que operan en el límite de la fisiología normal del ser humano, provocando a largo plazo como consecuencia del entrenamiento aerobio, adaptaciones cardiorrespiratorias que garantizan un suministro adecuado de oxígeno a los músculos que están trabajando <sup>(1,2)</sup>

Una de las principales adaptaciones cardiovasculares provocadas por el entrenamiento de tipo aerobio es el aumento del tamaño del corazón a expensas del diámetro de los ventrículos lo que implica un mayor volumen diastólico así como un mayor volumen sistólico, y un mayor gasto cardiaco durante ejercicios intensos. También se produce una mejoría en relación al transporte de oxígeno en la sangre incrementando la concentración de hemoglobina y glóbulos rojos y una mayor capacidad de extracción de oxígeno por los músculos ejercitantes, lo que está relacionado con los cambios bioquímicos, enzimáticos y un incremento de la densidad capilar muscular.

En relación a las adaptaciones respiratorias, provocadas por el entrenamiento de resistencia debemos señalar que este tipo de entrenamiento provoca un aumento de la fuerza de contracción del diafragma y un incremento general de la capacidad de los músculos respiratorios para trabajar con una menor frecuencia respiratoria y un mayor volumen corriente, retrasando la aparición de la fatiga muscular e incrementando la resistencia cardiorrespiratoria. También aumenta el flujo sanguíneo pulmonar, la capacidad de difusión pulmonar y la eficiencia de la respiración. <sup>(1,2)</sup> Todos estos cambios morfofuncionales traen aparejados una mayor eficiencia mecánica y/o metabólica, contribuyendo consecuentemente al incremento del consumo de oxígeno.

Paralelamente al entrenamiento de tipo aerobio otros métodos se han venido utilizando para mejorar el rendimiento aerobio en los deportistas.

A partir de 1984 un número considerable de publicaciones han resumido las implicaciones fisiológicas del entrenamiento en la altura tanto para un desempeño aeróbico como anaeróbico en la altura y luego de regreso al nivel del mar a tenor con el creciente interés en la estimulación hipóxica como modalidad de entrenamiento de deportistas <sup>(3, 4, 5,6)</sup>

No solo la estancia y el entrenamiento en altura ha sido muy utilizado para mejorar el rendimiento funcional aerobio de los deportistas sino que también la biotecnología ha ofertado diversas invenciones que han despertado un marcado interés en el uso de la hipoxia para elevar las capacidades del deportista. <sup>(7, 8,9 10)</sup>

En contraposición a la cámara de hipoxia hipobárica, la oxigenación hiperbárica es una modalidad de oxigenoterapia en la que se utiliza una cámara

hiperbárica donde se crea una presión por encima de la atmosférica, es decir en el interior de la cámara se soportan elevadas presiones, tales como de 2 ó 3 atmósferas absolutas de oxígeno.<sup>(11)</sup>

Aunque en la literatura se recogen la experiencia de algunos deportistas de elite,<sup>(12)</sup> quienes refieren que el sometimiento a la cámara hiperbárica ofrece bondades desde el punto de vista de la capacidad aeróbica, sin embargo son escasos los estudios científicos realizados en deportistas de alto rendimiento con la aplicación de éste procedimiento.

En esta investigación nos propusimos darle respuesta a la interrogante de cómo influye la oxigenación hiperbárica sobre el Máximo consumo de oxígeno, así como sobre la capacidad ventilatoria y la concentración de hemoglobina y el hematocrito de un grupo de ciclistas de pista de área larga, sometidos a un régimen de entrenamiento aerobio intenso y prolongado. La presente investigación se justifica básicamente por la carencia de estudios de este tipo, que den repuestas a la problemática planteada.

## **MATERIAL Y MÉTODOS**

Se realizó un estudio experimental, prospectivo, longitudinal de panel descriptivo y analítico explicativo con ciclistas de área larga de la selección mayores del Estado Lara

La muestra estuvo compuesta por 8 ciclistas del sexo masculino divididos en un grupo control y uno experimental con 4 deportistas cada uno, seleccionados aleatoriamente.

A los ciclistas del grupo experimental se les aplicaron 20 sesiones de oxigenación en cámara hiperbárica, cantidad determinada según lo recomendado en la literatura especializada<sup>(13)</sup> y distribuidas de la siguiente forma: 10 sesiones aplicadas a mediados de la preparación general la que tuvo una duración de 8 semanas y otras 10 sesiones aplicadas a mediados de la preparación especial la que tuvo una duración de 20 semanas.

Cada sesión de oxigenación hiperbárica se realizó en una cámara monoplaza marca "Life" cerrada herméticamente y presurizada a razón de 14,7 PSI (1 atmósfera) y una pureza de oxígeno en el interior de la cámara entre un 99,9 y 100%, y una duración de 1 hora y fueron aplicadas después de las sesiones de entrenamiento con una frecuencia aproximada de una sesión en días alternos hasta completar el número de sesiones establecidas.

A todos los sujetos experimentales así como al entrenador se les explicó detalladamente el procedimiento que se seguiría en la cámara hiperbárica solicitándoles su consentimiento informado para participar de la investigación con el fin de lograr una adecuada cooperación durante las aplicaciones y así obtener los mejores resultados.

Las aplicaciones de oxigenación hiperbárica fueron realizadas y supervisadas por personal especialmente entrenado para su aplicación.

Cada sujeto experimental fue sometido además a tres pruebas de esfuerzo, consistentes en un test escalonado, triangular sin pausas y hasta el agotamiento en un veloergómetro marca Monark ubicado en el laboratorio de pruebas de esfuerzo del CENACADE de Barquisimeto, estado de Lara, en Venezuela

Las pruebas de esfuerzo se realizaron en tres momentos de la preparación que fueron los siguientes: Inicio y final de la preparación general y final de la preparación especial.

Previo a la realización de la prueba de esfuerzo a todos los sujetos se les realizó un estudio electrocardiográfico de 12 derivaciones para descartar alteraciones funcionales en reposo, como criterio de exclusión del estudio. Ninguno de los ciclistas del equipo fue excluido.

Se determinaron los siguientes **indicadores aerobios y de eficiencia cardiovascular**

- Máximo Consumo de oxígeno (  $MVO_2$  ) según la fórmula de Wasserman y Whipp<sup>(14)</sup>  
 $MVO_2$  (l/min) = 5.8 x peso (Kg.) + 151 + (10.5 x Nm) donde:  
Nm= potencia máxima alcanzada  
10.5= factor de corrección para atletas de alto rendimiento.

Consumo máximo de oxígeno relativo al peso corporal ( $MVO_2$  / Kg.) se expresó en ml / Kg. / min.

Además de la determinación del rendimiento funcional aerobio, los sujetos tanto experimentales como controles fueron sometidos a una prueba espirométrica para determinar la capacidad vital forzada como indicador de la capacidad ventilatoria máxima, tanto al inicio como al final de la preparación general, por ser la etapa en la que se trabajó con mayor preponderancia la resistencia cardiorrespiratoria.

Las variables determinadas fueron:

- Capacidad Vital forzada absoluta ( CVF)
- Capacidad vital forzada predicha ( CVF-P)
- % de la capacidad vital forzada en relación a la predicha (% CVF-P )

Para la realización de la prueba espirométrica se utilizó un espirómetro portátil marca Medgraphics.

También fueron determinados en cada uno de los tres momentos del estudio funcional, la hemoglobina y el hematocrito de acuerdo a las técnicas convencionales establecidas en los procedimientos del laboratorio de análisis químico. La hemoglobina se expresó en g/100 ml de sangre, mientras que el hematocrito se expresó en valores porcentuales.

El procesamiento estadístico de los resultados se realizó utilizando el paquete estadístico SPSS-PC versión 11,5 y una microcomputadora lapto modelo Compacq

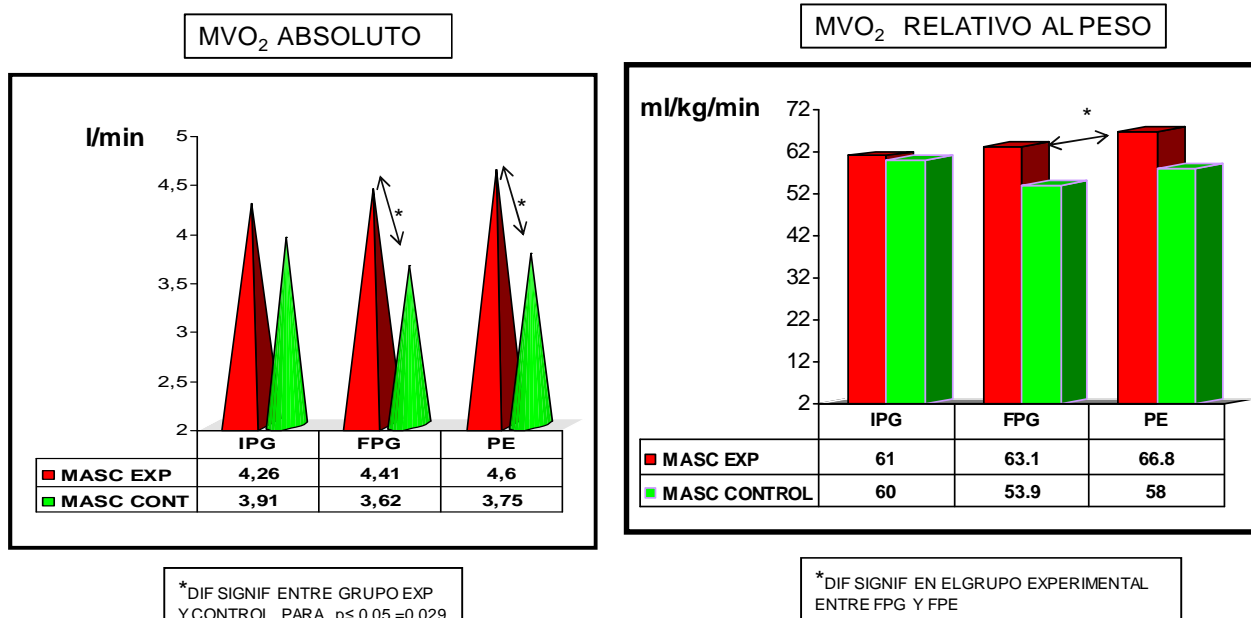
Se determinaron las estadísticas descriptivas de todas las variables biomédicas determinadas tanto en el grupo experimental como en el grupo control.

Para establecer las comparaciones de los resultados arrojados, entre el grupo experimental y control en cada uno de los momentos del estudio se realizó la prueba no paramétrica de Mann Whitney, mientras que para establecer las comparaciones intragrupos entre los momentos estudiados se aplicó la prueba de los rangos con signos de Wilcoxon. En ambas pruebas se fijó un nivel de significación estadística de  $p \leq 0,05$ .

## RESULTADOS

En los gráficos 1 y 2 se muestran los resultados relacionados al Máximo consumo de oxígeno absoluto y relativo respectivamente.

**Gráfico 1.** Máximo consumo de oxígeno absoluto y relativo al peso, en sujetos experimentales y controles, en los tres momentos del estudio Fuente: Ciclismo pista Estado Lara.

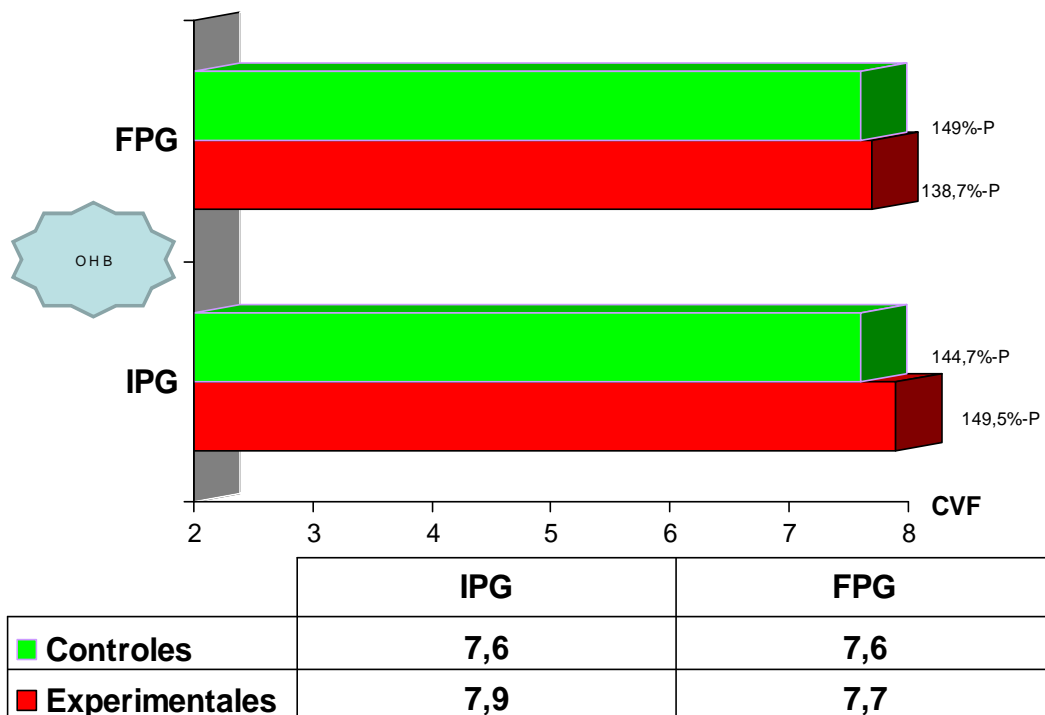


Se observa que en relación al MVO<sub>2</sub> los sujetos experimentales tendieron a una discreta mejoría del valor del indicador, en los tres momentos del estudio, mientras que el grupo control mostró el valor más bajo al FPG. Las comparaciones realizadas entre grupo experimental y control mostraron diferencias estadísticamente significativas para  $p < 0,05$  en las dos últimas

pruebas realizadas. En relación al  $MVO_2$  relativo al peso, ( $MVO_2/Kg$ ) se encontró una total correspondencia con los resultados obtenidos para el  $MVO_2$ , es decir, los sujetos controles mostraron un empeoramiento del valor de este indicador, en la segunda y tercera prueba, siendo más bajo este valor al FPG, mientras que los del grupo experimental mostraron una tendencia a mejorar a lo largo del macrociclo. Se encontraron diferencias significativas para  $p < 0,05$  al comparar los resultados del grupo experimental en las dos últimas pruebas.

En el Gráfico 2 se aprecia el comportamiento de la capacidad vital forzada de todos los participantes de la investigación durante la etapa de preparación general, y aunque todos los ciclistas mostraron porcentajes elevados de la capacidad vital en relación a la predicha y por encima de los valores normales de la población general, sin embargo no se apreciaron cambios absolutos de estos valores en ninguno de los ciclistas durante toda la etapa.

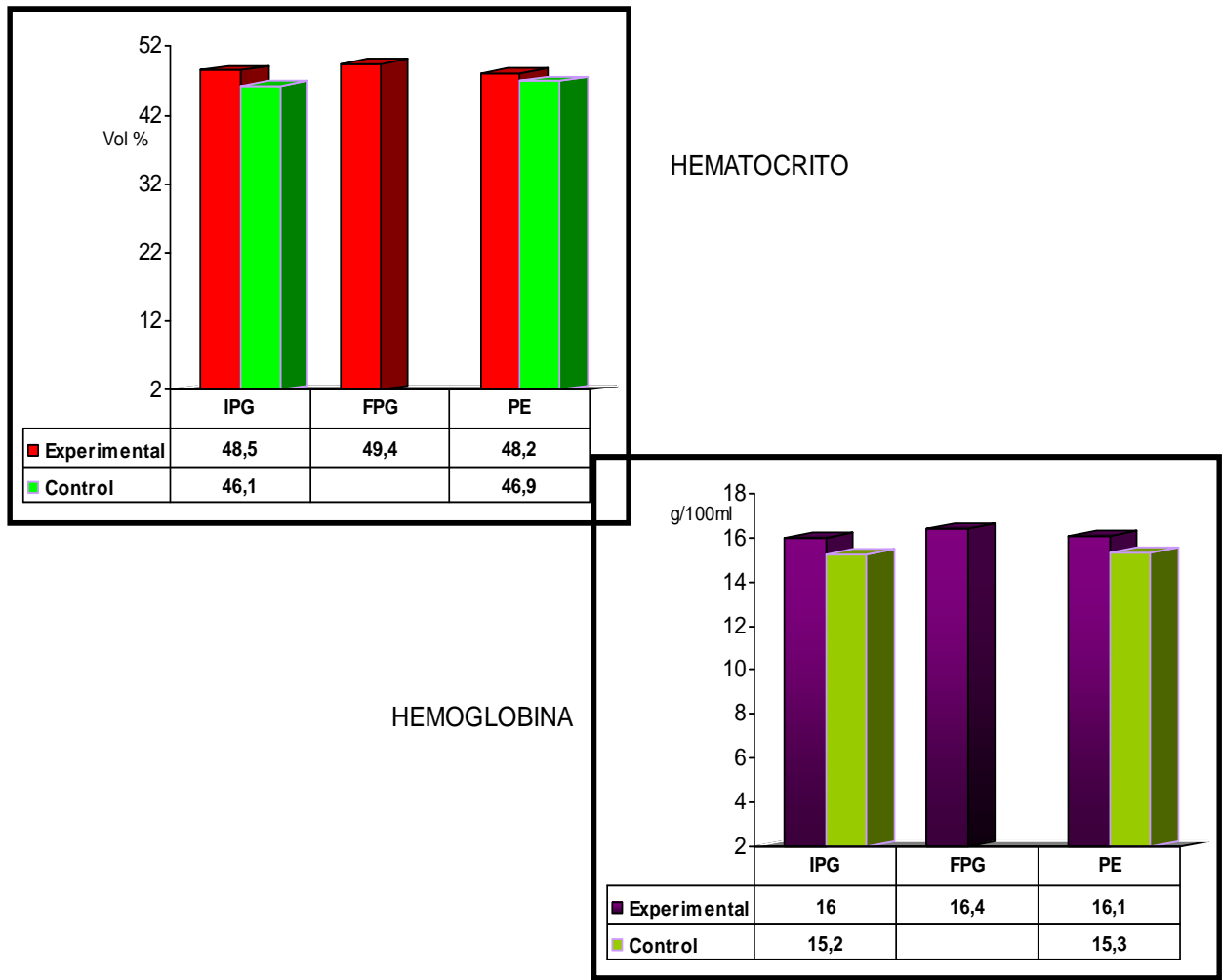
**Gráfico 2.** Capacidad Vital forzada (CVF) (l/ min) y % CVF-Predicha



Fuente: Ciclismo pista Estado Lara.

En el gráfico 3 se muestran los resultados de las variables hematológicas analizadas, durante el macrociclo en los sujetos experimentales y controles.

**Gráfico 3.** Valores promedio del hematocrito y de la concentración de hemoglobina en ciclistas experimentales y controles

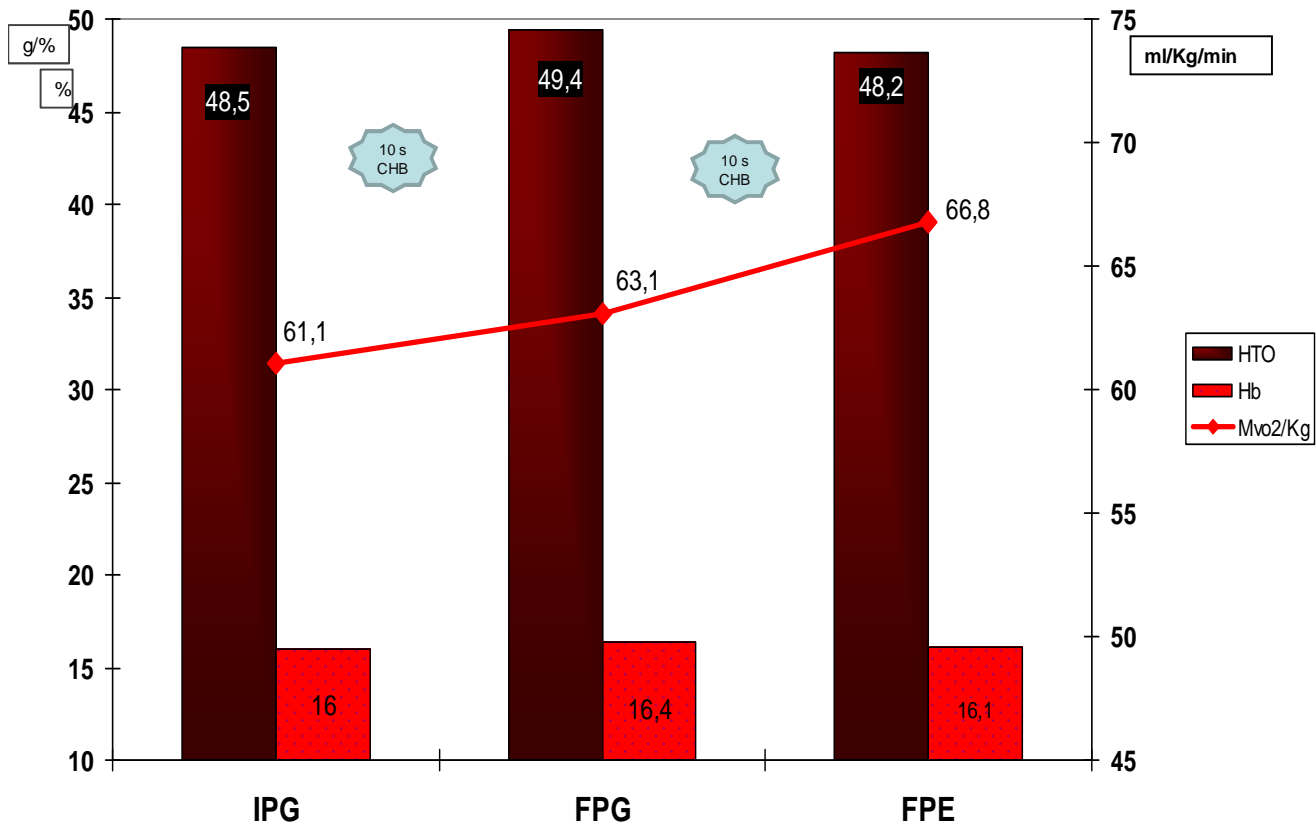


Como puede apreciarse del gráfico 3, el hematocrito como indicador de la concentración de glóbulos rojos no sufrió modificaciones ostensibles durante todo el macrociclo en los sujetos experimentales ni tampoco en los controles, situación similar a la encontrada en relación a las concentraciones de hemoglobina.

Finalmente el Gráfico 4 muestra las relaciones entre el hematocrito, la hemoglobina y el  $MVO_2$  relativo al peso en los sujetos experimentales que estuvieron expuestos a las 20 sesiones de OHB.



**Gráfico 4.** Comportamiento de la hemoglobina (g/%) y el hematocrito (%) y sus relaciones con el MVO<sub>2</sub>/Kg (ml/kg/min) en sujetos experimentales durante los diferentes momentos del estudio Fuente: Ciclismo pista Estado Lara.



Se observa en el gráfico la tendencia a incrementarse el MVO<sub>2</sub> durante el macrociclo, en los sujetos experimentales, a pesar de permanecer prácticamente sin cambios ostensibles ni el hematocrito ni la hemoglobina después de recibir las 20 sesiones de OHB. Las comparaciones realizadas para el MVO<sub>2</sub> durante los tres momentos del macrociclo dieron significativamente diferente para un nivel de  $p \leq 0,05$  entre el FPG y el FPE (Gráfico2)

## DISCUSIÓN

Se conoce que la actividad física es uno de los factores que en mayor medida incrementa la tasa metabólica generando un aumento marcado de las demandas de nutrientes y de oxígeno para la síntesis de ATP y que las necesidades de este elemento se incrementan marcadamente en ejercicios de moderada a gran intensidad y prolongados en el tiempo, generándose un déficit de oxígeno en el organismo que desencadena mecanismos de ajuste homeostático muchos de los cuales operan en el límite de la fisiología normal del ser humano provocando a largo plazo adaptaciones en el organismo de los deportistas.

Dentro de los principales mecanismos de ajuste que se desencadenan están los mecanismos cardiorrespiratorios, sistemas cuyas funciones se complementan contribuyendo a la trasportación de oxígeno a los músculos que está trabajando

En cuanto a los resultados obtenidos para los indicadores aerobios, tenemos que en relación al Máximo consumo de oxígeno absoluto ( $MVO_2$ ) (Gráfico 1) el resultado obtenido constituye una consecuencia del desempeño que mostraron los ciclistas durante la prueba de esfuerzo, y de la ecuación utilizada para estimar el valor del indicador, ya que la misma incluye además del peso corporal, a la carga máxima vencida en la bicicleta ergométrica. De ahí, que los sujetos experimentales tendieran a una discreta mejoría del valor absoluto del indicador, a través de todo el macrociclo, al igual que se observó en el indicador relativo, mientras que los sujetos controles mostraron tendencia a valores más bajos en la segunda prueba como consecuencia de que fue el momento en el que los deportistas mostraron el peor desempeño

En lo antes expuesto se observa una tendencia a mostrar mejores resultados de los indicadores estudiados en los sujetos experimentales en relación a los sujetos controles aunque no todas las comparaciones realizadas arrojaron diferencias estadísticamente significativas.

Tres elementos fundamentales podrían estar incidiendo sobre la tendencia observada a un mayor  $MVO_2$  en los sujetos experimentales:

- 1.- Las edades cronológicas y deportivas de los sujetos.
- 2.- El efecto del entrenamiento por si mismo
- 3.- La influencia de la oxigenación hiperbárica

En relación con las edades, si bien es cierto que aunque el azar estuvo presente en la conformación de los grupos, se presentó un pequeño sesgo por cuanto los sujetos experimentales presentaron una edad cronológica promedio 4 años mayor que la de los sujetos controles, (24 vs 20 años) mientras que las edades deportivas referidas por los deportistas resultaron ser unos 3 años superior a la de los controles. (6 vs 3 años)

Esta diferencia en edades cronológicas y posiblemente deportivas podrían estar influyendo en los resultados, ahora bien, si así fuera el MVO<sub>2</sub> debió haber mostrado una mejoría mas manifiesta en los sujetos más jóvenes, es decir en los controles, ya que en los de mayor edad (experimentales) aún cuando los indicadores pueden también incrementarse, el incremento debió haber sido menor por estar más cerca de los valores que su potencial genético determina. Sin embargo este comportamiento no se observó estrictamente de esta forma, ya que a pesar de que las mediciones iniciales fueron muy similares en ambos grupos, la mejoría de los experimentales fue mucho más evidente durante el macrociclo, lo que apunta al hecho de que otros factores también están influyendo en los resultados.

En relación con el efecto del entrenamiento aun cuando es necesario destacar que tanto los sujetos experimentales como los controles estuvieron sometidos a igual régimen de entrenamiento, no se puede dejar de mencionar la importancia del factor genético determinando las diferencias del MVO<sub>2</sub> <sup>(15,16)</sup>. Otra de las causas que también podría esgrimirse para justificar los resultados observados en el MVO<sub>2</sub> de los ciclistas experimentales y controles sería el incremento ó mejoría de cualquiera de los eslabones que intervienen en el suministro de oxígeno a los tejidos durante la actividad física. <sup>(1,2)</sup>

Uno de estos eslabones podría ser un aumento de la capacidad ventilatoria, componente de la respiración, capaz de llevar más oxígeno a los pulmones durante la actividad física. Se sabe que el entrenamiento de resistencia provoca un aumento de la fuerza de contracción del diafragma y un incremento general de la capacidad de los músculos respiratorios para trabajar con una menor frecuencia respiratoria y un mayor volumen corriente, conduciendo mayor cantidad de aire a los pulmones, incrementando la resistencia cardiorrespiratoria, retrasando la aparición de la fatiga muscular y mejorando el MVO<sub>2</sub> <sup>(17)</sup>

Esto podría verse reflejado en un aumento de la capacidad ventilatoria en el reposo lo que no pudo comprobarse durante el tiempo que duró la etapa de preparación general que es la etapa donde el entrenamiento aerobio provoca las mayores adaptaciones cardiorrespiratorias.

Sin embargo a pesar de que los sujetos experimentales habían sido parcialmente expuestos a la oxigenación hiperbárica no se apreciaron cambios absolutos de la capacidad vital forzada en ninguno de los ciclistas durante toda la etapa, (Gráfico 2), de lo que se infiere que en este estudio ni el entrenamiento ni la OHB influyeron positivamente modificando la capacidad ventilatoria en condiciones de reposo de los ciclistas estudiados.

Otro elemento clave del Sistema de transporte de oxígeno a los tejidos que podría estar ocasionando la tendencia observada del aumento del MVO<sub>2</sub> en los sujetos experimentales es el aumento de la concentración de glóbulos rojos y de hemoglobina en la sangre como consecuencia del entrenamiento de resistencia. <sup>(18)</sup> Este efecto queda descartado ya que ni los sujetos experimentales ni los controles sufrieron modificaciones de sus cifras de Hematocrito ni de hemoglobina durante el macrociclo. (Gráfico 3), lo que igualmente descarta la influencia de la OHB sobre el hematocrito y la hemoglobina de los sujetos experimentales (Gráfico 4)

Sin embargo no se puede descartar de forma absoluta que en los sujetos experimentales no mejorara el transporte de oxígeno a los tejidos por el efecto provocado por la OHB sobre la sangre, ya que se conoce que esta terapéutica “aumenta el contenido de oxígeno en la sangre, es decir disuelve grandes cantidades del mismo en el plasma.” Con el cuerpo sometido a una presión atmosférica mayor del nivel normal, la cantidad de oxígeno disuelto en el plasma se incrementa hasta 23 veces, permitiendo que los tejidos obtengan una cantidad adecuada de oxígeno <sup>(19)</sup>. Este efecto puede contribuir, no solo a favorecer el rendimiento funcional aerobio alcanzado por el entrenamiento, sino que además puede contribuir beneficiosamente al restablecimiento de la homeostasis por favorecer los procesos de resíntesis de sustratos y recuperación energética y fisiológica, así como de aumento antioxidantes contrarrestando el aumento de los radicales libres del oxígeno, lo que resulta tan necesario para la recuperación total del deportista de alto nivel una vez concluidas las sesiones de entrenamiento. <sup>(20.)</sup>

Por todo lo antes expuesto podemos concluir que si bien es cierto que no se comprobó la influencia de la OHB sobre la capacidad ventilatoria ni sobre la concentración de glóbulos rojos, ni de hemoglobina, no se puede excluir que la misma no influyera beneficiosamente sobre el MVO<sub>2</sub>, a través de su efecto de aumentar el oxígeno disuelto en el plasma. No se pudieron controlar otros factores que también pudieran haber incidido en los resultados, mejorando el MVO<sub>2</sub> tales como la coacidad de la OHB de contrarrestar el estrés oxidativo, favoreciendo una mejor capacidad de asimilación de las cargas de entrenamiento y de recuperación después de las mismas.

Finalmente debemos señalar que es necesario continuar estudiando la influencia de la oxigenación hiperbárica sobre el rendimiento funcional de deportistas, controlando otras variables que podrían arrojar resultados más concluyentes

## REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

1. González ME, Sánchez A "Sistema de Transporte de Oxígeno. En: Fisiología del Ejercicio. Recopilación temática del programa docente de la especialidad de Medicina del Deporte. (versión electrónica) Ciudad de La Habana: IMD; 2003.p. 79-148
2. 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"
3. Venegas P. "Ejercicio y entrenamiento en altitud". En Nutrición, Fisiología y Ejercicio en Altitud. M. Sandoval y J. Bravo, Eds. Santiago de Chile, 1999.
4. Venegas P. "Entrenamiento en altitud: Fundamentos fisiológicos y efectos sobre el rendimiento". Arch Soc Chil Med Deporte 2000; 45:139-50.
5. Sharp C. Exercise at altitude Br. J. Sports Med 2000; 34(5): 404 – 405
6. Wilber, RL. Current trends in altitude training. Sports Med. 2001;31(4):249-52
7. Rusko HK, Tikkanen HO, Peltonen JE. Altitude and endurance training. J Sports Sci. 2004; 22 (10):928-44.
8. Baker, A, Hopkins, WG. Altitude training for sea level competition. In: Sports Science Training & Technology. Internet Society for Sports Science.1998 (Consultado el 2 20/03/2011). Disponible en <http://www.sportsci.org/traintech/altitude>.
9. Pfitzinger P. Highlights of the Third Annual International Altitude-TrainingSymposium Sport science 2000; (Consultado el 20/03/2011) Disponible en: <http://www.sportsci.org/jour0001/pp.html.2000>
10. Casas M, Casas H, Pages T, Rama R, Ricart A, Ventura JL, "et al" Intermittent hypobaric hypoxia induces altitude acclimation and improves the lactate threshold. Aviat Space Environ Med 2000; 71(2):125-30.
11. Desola J. Bases y Fundamento terapéutico de la oxigenación hiperbárica. Revista virtual de Medicina Hiperbárica 1998; Vol LIV (1260). (Consultado 11 /10/2013). Disponible en <http://www.ccmh.com/BasesOHB.htm>
12. Diaz GD. La cámara hiperbárica de Djokovic. 11/10 2011. (Consultado 28/09/ 2013. Disponible en <http://www.vitonica.com/equipamiento/>
13. Solerme MC. El oxígeno en la bioenergética celular. Acta médica 2003;11(1):26-37
14. Wasserman K. "Prediction of oxygen uptake and CO2 output for any given workload in watts". In. Erich Jaeger (eds.) Ergoespirometry Seminar .Predicted values for exercise testing. Alemania: Jaeger.1981; 4-6.

15. Bouchard C. Familial aggregation of VO<sub>2</sub> max response to exercise training: results from the heritage family study. *J Appl Physiol* 1995; 87: 1003–1008
16. Bouchard C, Lesage R, Lortie G, Simoneau JA, Hamel P, Boulay MR, Perusse L, et al. Aerobic performance in brothers, dizygotic and monozygotic twins. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18: 639–646
17. Calbet JAL. Factores determinantes de la resistencia cardiorrespiratoria: papel del aparato respiratorio. *Arch Med Dep* 1998,XV(63):47-54
18. Firman GO. Fisiología del ejercicio físico Facultad de Medicina de la UNNE Corrientes Argentina. Consultado 03/03/2012 Disponible en [www.intermedicina.com](http://www.intermedicina.com).
19. Boerema I, Meyne NG, Brummelkamp WH, Bouma S, Mensch MH, Kamermans F, Stern H M, et al. Life without blood *Journal of Cardiovascular Surgery* 1960; 1:133-146.
20. Salinas, A. Papel biológico de los Radicales Libres. *Medicina Subacuática e Hiperbárica*. 3a. Edición. Madrid: Instituto Social de la Marina pág.1995; 633-649