

EXPERIENCIA DE ENTRENAMIENTO DE NATACIÓN EN CONDICIONES DE ALTITUD. CUBA – PERÚ. ENERO 2012

EXPERIENCE OF TRAINING OF SWIMMING IN CONDITIONS OF ALTITUDE. CUBA-PERU. JANUARY 2012

Abel Antonio Cueto Sanz ¹, Augusto Cesar Cornejo Toledo ², Víctor Juan Espinosa Chacón ³

¹ Médico Especialista de Segundo Grado, Máster en Ciencias y Profesor Auxiliar de Medicina Deportiva.

² Médico Especialista de Primer Grado en Medicina Deportiva.

³ Médico Comité Olímpico Peruano: avlopez43@inder.cu

RESUMEN

El entrenamiento en altitudes moderadas puede tener un efecto beneficioso en el metabolismo muscular, pero teniendo en cuenta que hay que mantener unos niveles de entrenamiento similares en intensidad y volumen a los que se realizan a nivel del mar, Por todo ello es vital realizar el monitoreo de un grupo de variables morfofuncionales que garanticen el desarrollo de las cualidades entrenadas. por lo cual nos trazamos como objetivo determinar el comportamiento e interrelación de un grupo de variables morfofuncionales (Peso Corporal, Hemoglobina. Por ciento de saturación de la hemoglobina, Frecuencia Cardíaca Basal, urea y lactato) de los atletas de natación a lo largo de la preparación en condiciones de altitud. Para ello se realizó un estudio prospectivo observacional analítico de tipo casos. El universo estuvo constituido por 20 atletas de natación la edad cronológica promedio fue de 18.1 años. Se aplicó el método científico con un enfoque inductivo y deductivo.

Durante el entrenamiento de altitud hubo una reducción de peso corporal siendo más significativo en el sexo masculino que en el femenino. Se logro un incremento en la capacidad de transportación de oxígeno. El porcentaje de saturación de oxígeno constituye una variable útil y necesaria en condiciones de altitud. La frecuencia cardíaca basal nos informo de la adaptación acontecida por el sistema cardiovascular. Las intensidades fisiológicas de trabajo difieren a las físicas en relación al llano por lo cual deben replantearse las mismas. El seguimiento de los valores de urea es indispensable para evitar el catabolismo proteico y el consiguiente deterioro físico

Palabras claves: Hemoglobina, altura, entrenamiento, natación, variables morfofuncionales.

ABSTRACT

The training in moderate altitudes can have a beneficial effect in muscular metabolism, but considering that it is necessary to maintain some similar levels of workout in intensity and volume operating at sea level. For Everything it is vital to accomplish the monitoring a group of morphofunctional variables that they guarantee the development of trained attributes it as we drew ourselves like objective to determine the behavior and interrelation a group of morphofunctional variables group (C corporal Weight, Hemoglobina. Percent of saturation of hemoglobin, Heart Frecuency, urea and lactate) of the athletes of swimming to I deliver it of preparation in conditions of altitude. For it the analytical observacional of type accomplished a prospective study itself cases. The universe was constituted for 20 athletes of swimming the chronological average age was de18.1 years. The scientific method with an inductive and deductive focus was applicable . During the workout of altitude there was a heavy corporal reduction being more significant in the masculine sex than in the feminine. Its was observed an increment in the capability of transportation of oxygen. The percent of saturation of oxygen constitutes one variable utensil and necessary in conditions of altitude. Cardiac basal cardiovascular frequency observed was the effect of adaptation for the system. The physiological intensities of work defer physically in relation to the plain for which they must redefine the same. The tracking of the moral values of urea is indispensable to avoid the proteic catabolism and the resulting physical deterioration

Key words: Hemoglobin, height, workout, swimming, morphofunctional variables.

INTRODUCCIÓN

Desde hace muchos años se estudian los efectos que se producen en el organismo humano, cuando está expuesto a altitudes extremas sobre el nivel del mar (4000, 6000, 8000m).

Estas exposiciones ambientales tan excepcionales se dan solo en algunas actividades deportivas (alpinismo) o labores como la aviación.

Sin embargo a partir de los Juegos Olímpicos de México en 1968 (2240m de altura) donde los resultados deportivos fueron variables, comenzaron a incrementarse los estudios para valorar el efecto de la altitud moderada en el rendimiento físico y la necesidad o no de aclimatarse a ella.

En el ambiente médico deportivo se denomina altitud moderada a la situada entre 1500 y 3000m. En estas altitudes donde se realizan a veces competiciones deportivas y donde están situados los centros de entrenamiento.

Por estas razones nos referiremos fundamentalmente a la altitud moderada (alrededor de los 2000 msnm).

Existen un grupo de efectos físicos de la altitud que podríamos resumir planteando que a dichas alturas ocurre una disminución de la presión barométrica y la densidad atmosférica, la presión parcial de oxígeno en el aire, la temperatura (1 grado por cada 150 msnm), la humedad relativa, la gravedad y la resistencia del aire las cuales unidas al aumento de la irradiación solar constituyen verdaderos retos al organismo humano.

Por tal razón cuando la estancia en altitud no solo es de unas horas o días, sino que es más prolongada, se producen una serie de adaptaciones fisiológicas en el organismo (algunas de ellas se inician desde el primer momento de llegar a la altura) y que tienden a compensar la relativa hipoxia.

El entrenamiento en altitudes moderadas puede tener un efecto beneficioso en el metabolismo muscular, pero teniendo en cuenta que hay que mantener unos niveles de entrenamiento similares en intensidad y volumen a los que se realizan a nivel del mar, hay que enfocar el entrenamiento para estimular y mejorar un sólo componente metabólico, hay que planificar con cuidado en qué momento o momentos de la temporada se realiza, y hay que individualizar las cargas de entrenamiento.

En caso contrario, el entrenamiento en altitud tendrá efectos negativos. Por todo ello es vital tener precisos los objetivos a los que vamos a entrenar a la altura así como estar seguros de que los atletas poseen un estado de salud y de entrenamiento que garanticen el cumplimiento de dichos objetivos.

Estas razones nos llevaron a realizar un monitoreo de un grupo de variables morfofuncionales durante la base de entrenamiento realizada de conjunto por la selecciones cubanas y Peruanas de natación en condiciones de altitud en la ciudad de Arequipa en enero del 2012.

Propósitos

Determinar el comportamiento de un grupo de variables morfofuncionales de los atletas de natación a lo largo de la preparación en condiciones de altitud.

Objetivos Específicos

Determinar el comportamiento de los indicadores de transporte de oxígeno Hemoglobina y frecuencia cardiaca basal en cada etapa de entrenamiento.

Identificar la relación entre los volúmenes e intensidades de entrenamiento y los valores de urea y lactato respectivamente.

Determinar el comportamiento del peso corporal.

MATERIAL Y MÉTODO

Tipo de estudio: Se realizó un estudio prospectivo observacional analítico de tipo casos.

Población objeto: El universo estuvo constituido por todos los nadadores pertenecientes a los equipos nacionales de natación de Cuba y Perú convocados a la base de entrenamiento realizada en la ciudad peruana de Arequipa a 2400 msnm, siendo una totalidad de 20 atletas de ellos 8 del sexo femenino y 12 masculinos con una edad deportiva promedio de 8.25 años y 8.75 años respectivamente, la edad cronológica promedio fue de 16.38 años para las hembras y 19.83 años para los varones

Dicha base de entrenamiento se realizó al final de la etapa de preparación física general e inicios de la especial por tanto sus objetivos fundamentales estaban en relación con el incremento de su condición aeróbica tanto básica como específica. Se aplicó el método científico con un enfoque inductivo y deductivo.

Variables

1. Edad: Años transcurridos desde el nacimiento.
2. Edad deportiva: Años transcurridos desde el inicio en la actividad deportiva.
3. Sexo: Condición orgánica que distingue al varón de la hembra.
Escala: - Femenino
Masculino
4. Saturación de oxígeno. Nivel de saturación de oxígeno por la sangre, medido de forma indirecta utilizando un oxímetro de luz marca Contec, expresando sus valores en % y el mismo se realizó de forma diaria previo al entrenamiento matutino.
5. Frecuencia cardíaca basal. Variable medida de forma directa durante 60 segundos con la mano apoyada en la región precordial inmediatamente luego de despertarse, se realizó de forma individual.
6. Lactato: el mismo se realizó tomando en cuenta la actividad planificada, tomando para ello sangre capilar del pulpejo del dedo la cual fue analizada utilizando para ello lactímetros Acutrend con tiras secas código 320 y resultados expuestos en milimol/litros, dichos resultados se emitían a 60 segundos de la toma de muestra.
7. Hemoglobina: se realizó de forma sistemática los días 9, 17 y 24 de la preparación, para ello se utilizó sangre venosa tomada de la vena cubital, empleándose el método fotocolorimétrico de la cianometá hemoglobina emitiéndose los resultados en gramos/dl
8. Urea, tomando para ello sangre capilar del pulpejo del dedo de forma diaria y matutina la cual fue analizada utilizando el método colorimétrico de Berthelet, los resultados fueron expresados en mmol/l.
9. Pesaje: el mismo se realizó de forma semanal utilizando para ello una báscula digital marca Camry para un peso máximo de 150 Kg y un margen de error de 100 gramos, los resultados se expresaron en KG y decimas de

la unidad, El sujeto se colocó en posición atención antropométrica, también conocida como de firmes en el centro de la balanza: el cuerpo erecto, los talones unidos, las puntas de los pies separadas en un ángulo de aproximadamente 45° , los brazos relajados a los lados del cuerpo, y la cabeza colocada en el plano de Francfort. Este plano se determina por una línea imaginaria que une al borde inferior de la órbita izquierda con el borde superior del meato auditivo externo y se mantiene paralelo a la superficie del apoyo del sujeto. Debido a las variaciones diurnas del peso corporal (aproximadamente 2 Kg. en el adulto) se realizó la pesada a la mismas hora del día (5:00 a.m.).

Procesamiento de la información: La información recogida fue procesada en una computadora Pentium IV utilizando el programa SPSS (Statistical Package for Social Sciences for Personal Computer) versión 11,5 para Windows Se utilizaron como medidas de resumen de variables cuantitativas la media, la mediana, la moda, la razón y la desviación Standard.

Parámetros éticos: Para la realización de las observaciones, se obtuvo el consentimiento informado de las personas incluidas en el estudio según los servicios seleccionados, se recogió el dato primario mediante los instrumentos de observación que fueron entregados al investigador.

ANÁLISIS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

Comenzaremos analizando el comportamiento del peso corporal, como variable de desarrollo morfológico de los atletas, consideramos como punto de partida que dicha variable no es la ideal pues sería mucho más provechoso la realización de evaluaciones de la composición corporal de los atletas ya que en ellas se puede conocer con exactitud cuál es el componente afectado (graso o muscular) y su implicación sobre el posible desarrollo de la fuerza.

El peso se comporto con una tendencia de forma gradual a la disminución tanto para el sexo femenino como para el sexo masculino siendo las medias de -1.05 y -1.59 Kg en la primera semana, la disminución en la segunda semana fue de solo -0.86 para las damas y -0.63 para varones, en la tercera y última el comportamiento arrojó un mínimo incremento (0.29 Kg) para las damas y una disminución de -1.15 Kg para los hombres. Solo una atleta presento un incremento no significativo del peso corporal (0.5 Kg que representa solo el 0.91%) Tabla # 1 Por tanto se observo una caída del peso corporal en -1.16 Kg para las damas lo que representa un 3.53% y 3.29 Kg equivalente a un 4.33% para los varones, las medias grupales expresaron una caída en -2.42 Kg lo cual, en nuestra opinión está determinado por un grupo de factores que expondremos a continuación, el régimen de entrenamiento al cual estuvieron sometidos (2 y 3 sesiones de trabajo diarias) no son la habituales en la mayoría de los atletas convocados, los trastornos de la alimentación propios de la altura por el stress gástrico que genera la misma unido a los cambios en los horarios y regímenes alimentarios que se imponen en esos casos pueden haber afectado también en alguna medida, por

ultimo algunos atletas en nuestra opinión presentaban índices grasos elevados para la disciplina en la cual se desempeñan, lo cual coadyuvo también en el resultado

Tabla 1. Peso Corporal

FECHA	16-Ene	21-Ene	28-Ene	04-Feb	Delta
DÍA ALTURA	2	7	14	21	
MEDIAS FEMENINAS	59.68	58.63	57.89	58.90	-1.69
MEDIAS MASCULINOS	75.88	74.36	73.65	72.70	-3.29
MEDIAS GRUPO	67.78	66.49	65.77	65.80	-2.49

Como ya habíamos señalado el objetivo de la base de entrenamiento dado el lugar que ocupa dentro del macrociclo era el incremento de las cualidades aeróbicas por lo cual se hacía necesario medir un grupo de variables que nos orientaran al respecto, para ello elegimos las siguientes: Hemoglobina por su papel en la transportación de oxígeno, la saturación de oxígeno por parte de la hemoglobina ya que nos expresa la afinidad de esta por el gas y por ende de forma indirecta si existe o no un incremento de los 2.3 Difosfo Gliceratos (2.3 DPG), en estado normal, aproximadamente el 97% del oxígeno es transportado de los pulmones a los tejidos en combinación química con la hemoglobina de los glóbulos rojos y solo el 3% restante es transportado disuelto en el agua del plasma y de las células. Así pues, en condiciones normales el oxígeno es transportado a los tejidos casi completamente por la hemoglobina y por último la frecuencia cardiaca basal que nos habla de eficiencia del sistema cardiovascular así como de la aclimatación de dicho sistema a las condiciones que le impone la altitud.

Se realizaron valores previos de hemoglobina a todos los atletas para conocer como llegaban a la base de entrenamiento, las mismas fueron realizadas por diversos laboratorios, métodos y momentos por lo cual como dijimos anteriormente solo se utilizaran de referencia, las determinaciones en la altura con todas las variables aleatorias controladas (Método empleado, toma de muestra, equipo para la lectura, blancos y patrones, etc.) se realizaron los días nueve, diecisiete y veinticuatro de la preparación obteniéndose los resultados que se expresan en la Tabla 2.

Como podrán observar tanto las damas como los varones presentaron incrementos significativos en los valores, siendo de 21.75gr/dl para las hembras y 17.75 gr/dl para los hombres lo cual reporta un incremento medio de 19.75 gr/dl, somos de la opinión que sería de gran utilidad y valor la realización en estos mismos momentos de la preparación de determinaciones de Eritro Poyetina Humana (EPO) para poder evaluar su comportamiento en dichos atletas, partiendo de nuestra experiencia podemos señalar que los valores de hemoglobina que se reportan al final de una base de entrenamiento con estas características constituye un valor muy cercano al techos histórico de los atletas y debe ser utilizado como indicador individual de cada uno.

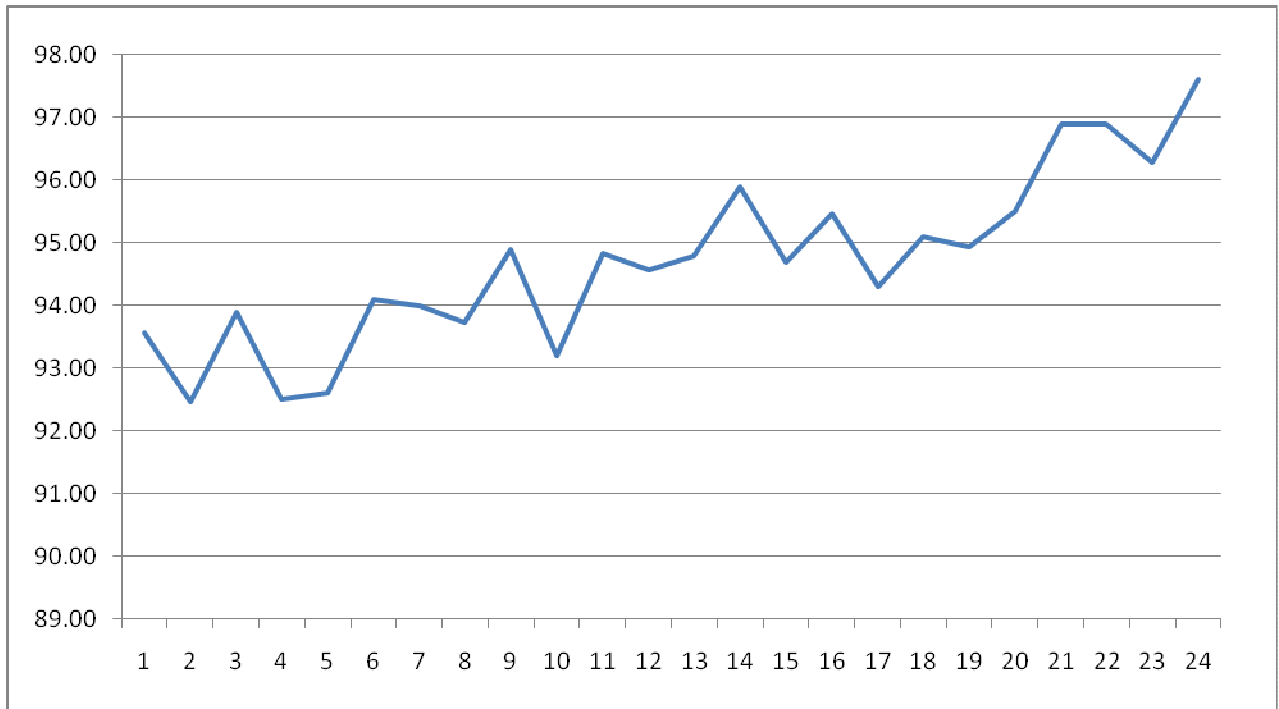
Tabla 2. Comportamiento de los valores de Hemoglobina

	DÍA ALTURA	9	17	24	
	Previa	23-Ene	31-Ene	07-Feb	
		HB	HB	HB	DELTA
MEDIA FEMENINA	127.38	133.29	143.50	149.13	21.75
MEDIA MASCULINA	148.80	144.82	160.64	166.55	17.75
MEDIA GRUPOS	138.09	139.05	152.07	157.84	19.75

En la literatura consultada para nuestro trabajo existe poca información en relación al comportamiento de la saturación de oxígeno, no obstante al ser su determinación no invasiva y sugerente de la capacidad de transportación de oxígeno por la sangre nos motivamos a evaluarla.

Como se puede observar en la Grafica # 1 el comportamiento medio fue variable pero con una tendencia al incremento de forma paulatina presentando sus mejores valores al final de la preparación con un 97.61 % y los peores 92.47 % al inicio de la misma, coincidiendo con la etapa crítica de la aclimatación donde existe un predominio de la acidosis metabólica compensatoria que afecta la curva de disociación de los gases, este no fue el comportamiento esperado por lo cual en futuras investigaciones se deberán realizar correlaciones de variables que permitan aclarar las posibles causas.

Gráfica 1. Comportamiento de la Saturación de Oxígeno

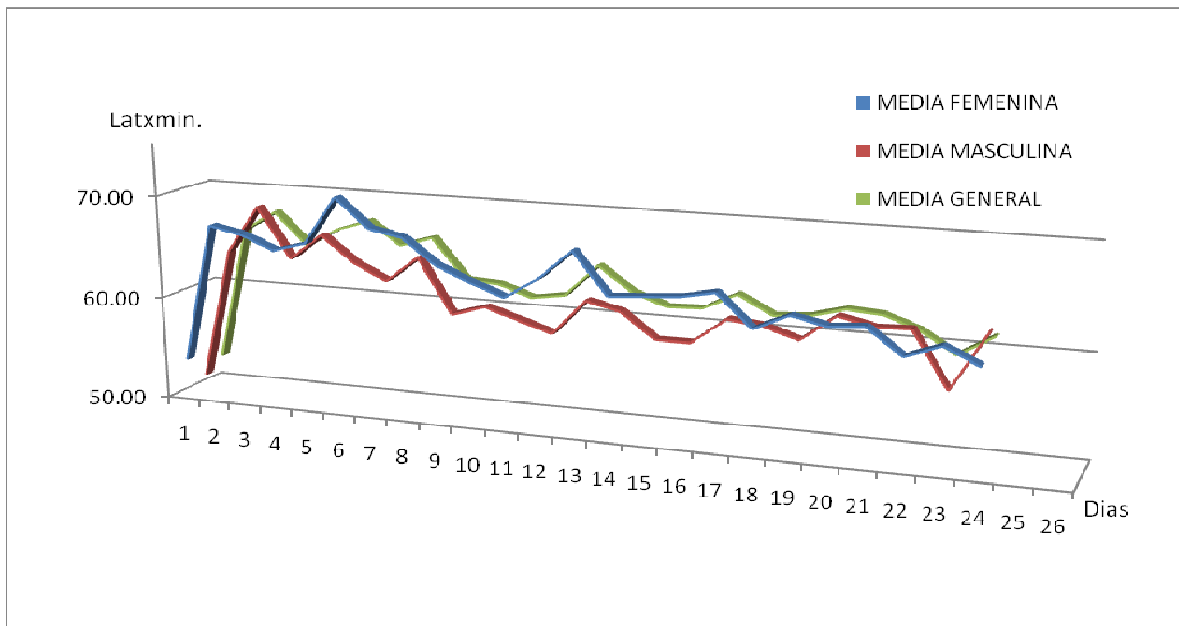


Debido a la disminución en la presión parcial de oxígeno (PO_2) en el aire, el gradiente de presión entre el alveolo y la sangre venosa del capilar pulmonar disminuye y la PO_2 arterial también se reduce.

Los quimiorreceptores aórticos y carotídeos se excitan enviando impulsos al centro respiratorio aumentando la ventilación pulmonar. La disminución de la PO_2 arterial tiende a comprometer al aporte de O_2 a los órganos por lo que se produce una 2da. respuesta, consistente en el aumento del gasto cardiaco en reposo, lo que está a su vez condicionado por el aumento de la actividad simpática que a su vez ocasiona aumento de la frecuencia cardíaca, por tanto la evaluación del comportamiento de la frecuencia cardiaca basal nos permitirá ir evaluando la respuesta aguda y crónica (adaptación) del sistema cardiovascular a la exposición a la altitud.

Al encontrarnos ante un grupo numeroso de atletas procedentes de diversos clubs fue necesario entrenarlos en la toma de esta variable, los mismos en oportunidades olvidaban tomarla y se reportaron como tal, el comportamiento de las medias se puede observar en la Gráfica 2.

Gráfica 2. Comportamiento de la Frecuencia Cardiaca Basal



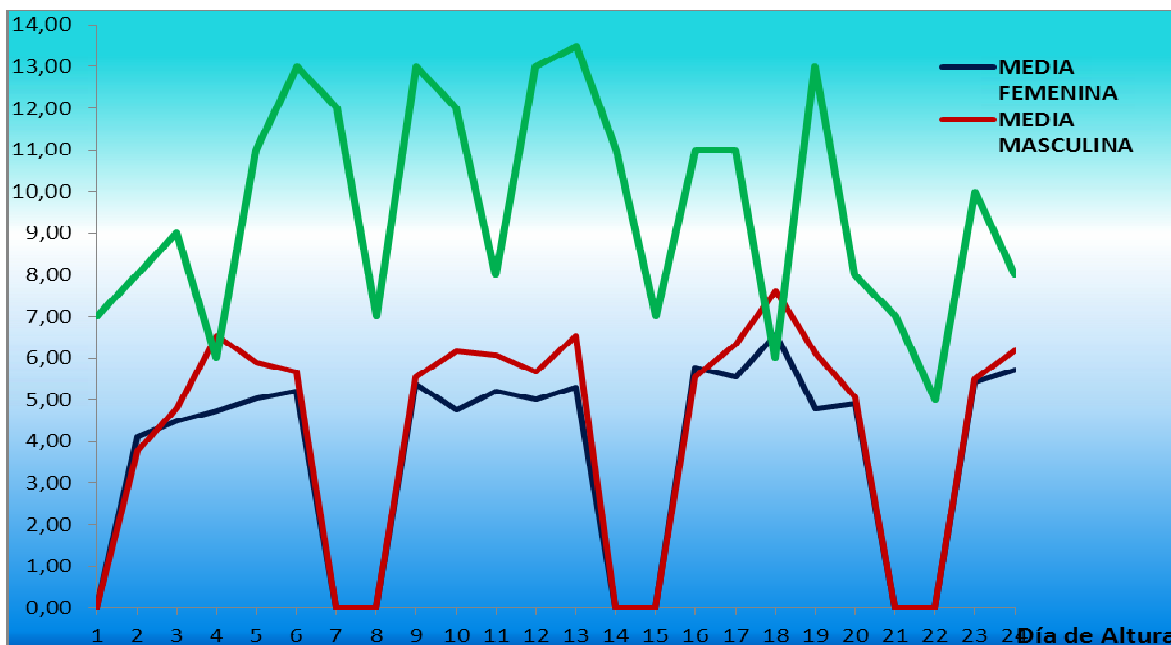
Donde se puede observar que las medias varoniles siempre fueron inferiores a las femeninas, obsérvese que los máximos valores se encontraron en los días de tercero al sexto, cuando aun el organismo está en el proceso de respuesta aguda la cual según diversos autores dura hasta entre el tercer y séptimo día en la altitud, es de señalar que del grupo solo tres poseían experiencia previa en altura lo que provoca que la aclimatación sea más lenta.

Es importante señalar que los valores con que se comenzó la preparación no fueron alcanzados en ningún momento, lo cual es un indicador de que la altura siempre y aun después de aclimatados constituye un estímulo para el sistema cardiovascular.

Por último haremos una evaluación de dos variables de la carga de entrenamiento, volumen e intensidad para ello utilizaremos variables bioquímicas tales como la urea en reposo y el lactato en sangre.

La evaluación de la asimilación de los volúmenes de la carga se realizó a través de la determinación de los valores de urea las cuales se expresan en la Grafica 3.

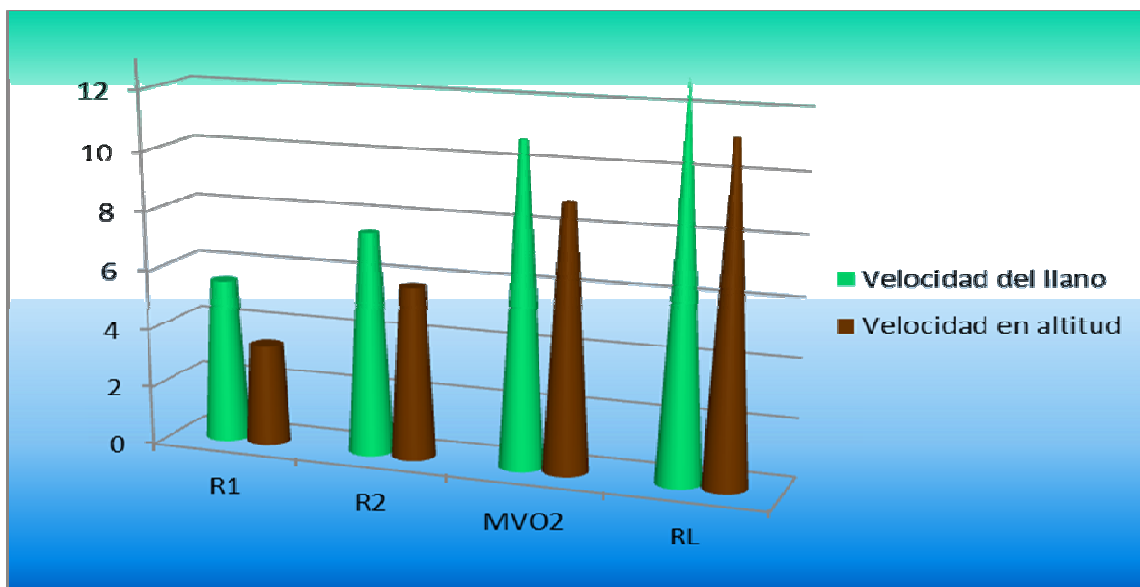
Gráfica 3



Solo los atletas tres atletas presentaron reiterados valores elevados de este indicador para lo cual se tomaron las medidas pertinentes en la relación trabajo descanso, el resto de los atletas solo presentaron elevaciones aisladas que no comprometieron el entrenamiento.

La posibilidad de la realización sistemática de los Lactatos nos permitió evaluar y modificar las velocidades de nado de forma individual y diaria lo cual garantiza el cumplimiento de la calidad de cada sesión de entrenamiento, los datos se pueden evaluar en la Gráfica 4.

Gráfica 4



Como puede observarse en verde la mayor parte de las determinaciones en las cuales la intensidad planificada no coincidía con la realizada se encuentran cuando se inicia el trabajo de cada cualidad, lo cual nos llevo a replantearnos el problema a partir de las intensidades biológicas que son las que determinan el desarrollo de la cualidad, a partir de dichas mediciones se restablecieron las nuevas velocidades de nado.

El 5 de febrero realizamos un control competitivo sobre la distancia y estilos fundamentales, detectándose partiendo de la realización de dos tomas el pico para cada atleta lo cual permitirá la individualización de las tomas a posteriori, las recomendaciones propias de cada atleta fueron precisadas con los entrenadores en el terreno.

CONCLUSIONES

- Durante el entrenamiento de altitud se produce una reducción de peso corporal en los atletas.
- Se logra un incremento en la capacidad de transportación de oxígeno.
- El porcentaje de saturación de oxígeno constituye una variable útil en condiciones de altitud.
- La frecuencia cardiaca basal nos informa de la adaptación acontecida por el sistema cardiovascular a las condiciones de altitud.
- Las intensidades fisiológicas de trabajo difieren a las físicas en relación al llano por lo cual deben replantearse las mismas.

- El seguimiento de los valores de urea es indispensable para evitar el catabolismo proteico y el consiguiente deterioro físico.

RECOMENDACIONES

- Se deben realizar pruebas de cineantropometria antes durante y después de la estancia en altura para poder precisar que componente de la composición corporal fue el más afectado.
- Se hace necesario realizar los estudios previos a la altura estandarizando las variables aleatorias.
- Se deben continuar realizando estudios que faciliten una mejor interpretación del comportamiento de la variable porcentaje de saturación de oxígeno.
- Los atletas deben estar entrenados en la toma de la frecuencia cardiaca basal, ya que la misma constituye una herramienta útil para precisar las adaptaciones a las condiciones de altitud.
- Debemos garantizar la toma de urea de reposo previo a todas y cada una de las unidades de entrenamiento.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Muza, SR; Fulco, CS; Cymerman, A (2004). ["Altitude Acclimatization Guide"](#). *US Army Research Inst. of Environmental Medicine Thermal and Mountain Medicine Division Technical Report* (USARIEM–TN–04–05).
2. ["Mexico 1968 Summer Olympics"](#). Olympics.org. <http://www.olympic.org/mexico-1968-summer-olympics>.
3. Levine, B.D.; J. Stray-Gundersen (2001). "The effects of altitude training are mediated primarily by acclimatization rather than by hypoxic exercise". *Advances in Experimental Medicine and Biology* **502**: 75–88..
4. Stray-Gundersen, J.; Chapman RF, Levine BD (2001). ""Living high — training low" altitude training improves sea level performance in male and female elite runners". *Journal of Applied Physiology* **91** (3): 1113–1120..
5. Brugniaux JV, Schmitt L, Robach P, Nicolet G, Fouillot JP, Moutereau S, Lasne F, Pialoux V, Saas P, Chorvot MC, Cornolo J, Olsen NV, Richalet JP. (January 2006). ["Eighteen days of "living high, training low" stimulate erythropoiesis and enhance aerobic performance in elite middle-distance runners"](#). *Journal of Applied Physiology* **100** (1): 203–11.
6. ["A High Altitude Resource"](#). Altitude.org. <http://www.altitude.org/home.php>.
7. Ponsot E, Dufour SP, Zoll J, Doutrelau S, N'Guessan B, Geny B, Hoppeler H, Lampert E, Mettauer B, Ventura-Clapier R, Richard R. (April 2006). ["Exercise training in normobaric hypoxia in endurance runners. II. Improvement of mitochondrial properties in skeletal muscle"](#). *J. Appl. Physiol.* **100** (4): 1249–57..

8. Levine BD, Stray-Gundersen J (November 2005). "[Point: positive effects of intermittent hypoxia \(live high:train low\) on exercise performance are mediated primarily by augmented red cell volume](#)". *Journal of Applied Physiology* **99** (5): 2053–5.
9. Gore CJ, Hopkins WG (November 2005). "[Counterpoint: positive effects of intermittent hypoxia \(live high:train low\) on exercise performance are not mediated primarily by augmented red cell volume](#)". *Journal of Applied Physiology* **99** (5): 2055–7; discussion 2057–8.
10. Wehrlin JP, Zuest P, Hallén J, Marti B (June 2006). "[Live high—train low for 24 days increases hemoglobin mass and red cell volume in elite endurance athletes](#)". *J. Appl. Physiol.* **100** (6): 1938–45.
11. Gore CJ, Clark SA, Saunders PU (September 2007). "[Nonhematological mechanisms of improved sea-level performance after hypoxic exposure](#)". *Med Sci Sports Exerc* **39** (9): 1600–9.
12. Formenti, Federico; et al. (June 2010). "[Regulation of human metabolism by hypoxia-inducible factor](#)". *Proceedings of the National Academy of Sciences of the USA* **107** (28): 12722–12727.