

## CONSUMO DE OXÍGENO (VO<sub>2</sub>) INDIRECTO EN MILITARES CON DIAGNÓSTICO DE ENFERMEDAD AGUDA DE MONTAÑA

HILDA M GUTIÉRREZ M<sup>1</sup>, ALIRIO R BASTIDAS G<sup>2</sup>, LILIANA PACHÓN<sup>3</sup>, GUSTAVO A HINCAPIÉ D<sup>4</sup>.

<sup>1</sup> Médico general, Facultad de Medicina, Universidad de La Sabana, Chía, Cundinamarca, Colombia. Servicio de Neumología, Clínica Universidad de La Sabana, Universidad de La Sabana, Chía, Cundinamarca, Colombia.

<sup>2</sup> Médico y Cirujano, Internista, Neumólogo, Epidemiólogo Clínico, Máster Epidemiología, Departamento Integrado de Investigación, Facultad de Medicina, Universidad de La Sabana, Chía, Cundinamarca, Colombia. Servicio de Neumología, Clínica Universidad de La Sabana, Chía, Cundinamarca, Hospital Militar Central, Bogotá DC, Colombia.

<sup>3</sup> Terapeuta respiratoria, Hospital Militar Central, Bogotá DC, Colombia.

<sup>4</sup> Médico y Cirujano, Internista, Neumólogo, Jefe del servicio de Neumología Hospital Militar Central, Coordinador postgrado de Neumología Universidad Militar Nueva Granada, Bogotá DC, Colombia

Correspondencia: Hilda M Gutiérrez M<sup>1</sup>, Médico docente Universidad de La Sabana, Campus del Puente del Común, Km. 7, Autopista Norte de Bogotá. Chía, Cundinamarca, Colombia, Teléfono: 3134376759, email: hildagumo@unisabana.edu.co

Recibido: Enero 20 de 2015      Aceptado: Junio 12 de 2015

### Resumen

**Objetivo:** Comparar los promedios de consumo de oxígeno medido de manera indirecta entre militares con diagnóstico de enfermedad aguda de montaña (EAM) y militares sin diagnóstico utilizando criterios de la escala Lake Louise.

**Material y métodos:** Estudio de casos y controles, con un período de recolección de datos comprendido entre el año 2008 y 2009 en una localidad ubicada a 3050 msnm, en Bogotá DC, Colombia. El estudio involucró la realización de una prueba de lanzadera de 20 metros para la medición del consumo de oxígeno indirecto (VO<sub>2</sub>) y VO<sub>2</sub> ajustado por kilogramo (VO<sub>2</sub>/kg) máximo, y la aplicación del cuestionario de Lake Louise para diagnóstico de Enfermedad Aguda de Montaña (EAM). Se obtuvieron 62 sujetos con EAM y 61 sin EAM, se realizó una descripción de las características demográficas y variables vitales realizando posteriormente un análisis bivariado de los datos obtenidos con las variables VO<sub>2</sub> y VO<sub>2</sub>/kg máximos.

**Resultados:** De 123 sujetos, 62 fueron diagnosticados con EAM (casos) y 61 no presentaron la enfermedad (controles). La mayoría de los enfermos presentó una EAM de tipo leve (35%), la mediana de tiempo de exposición fue 10 días (RIQ:10). Del total de los sujetos, 30.1% tenían antecedente de tabaquismo. El antecedente de ascenso previo a una altitud mayor de 3050 msnm estuvo asociado de manera independiente a una menor probabilidad de desarrollar la enfermedad OR: 0,41 (IC95%: 0,19 - 0,87). Adicionalmente la ausencia de consumo de tabaco mostró un mayor riesgo de presentar la EAM. OR: 2,33 (IC95%: 1,05 - 5,17) No existieron diferencias significativas del VO<sub>2</sub> y VO<sub>2</sub>/Kg máximos entre los sujetos con EAM y sujetos sin la enfermedad, con p=0,46 y p=0,34 respectivamente.

**Conclusión:** La medición de VO<sub>2</sub> máximo indirecto no muestra diferencias en sujetos con y sin EAM a 3050 msnm, el ascenso previo en altitud y el antecedente de consumo de cigarrillo se comportaron como factores protectores para el desarrollo de EAM. Se requieren estudios posteriores para corroborar los hallazgos de estos dos puntos específicos.

**Palabras clave:** Consumo de oxígeno. Enfermedad de altitud. Altitud. Personal Militar. Tabaquismo.

## INDIRECT OXYGEN CONSUMPTION (VO<sub>2</sub>) IN MILITARY DIAGNOSED WITH ACUTE MOUNTAIN SICKNESS

### Abstract

**Background:** To compare the average of indirectly measured oxygen consumption between military with acute mountain sickness (AMS) and military undiagnosed using the criteria of Lake Louise scale.

**Material and methods:** A case control study with data collection between 2008 and 2009 on High Mountain 3050 MASL, Bogotá DC, Colombia. 20m-shuttle run test for measuring maximum indirect oxygen consumption (VO<sub>2</sub>) and VO<sub>2</sub> per weight (VO<sub>2</sub>/Kg) was performed. We applied the Louise questionnaire for diagnosis of acute mountain sickness. We got 62 individuals with AMS and 61 individuals without the disease. We made a description of the vital variables and then a bivariate analysis with vital and relevant medical history variables with the VO<sub>2</sub> and VO<sub>2</sub>/Kg as dependent variable.

**Results:** Of 123 military, we got 62 individuals with AMS (cases) and 61 without the disease (controls), most of them with mild AMS (35%), with a median of exposure time of 10 days (QIR:10). Of the total, 30.1% had a history of smoking and the absence of cigarette consumption showed an OR: 2.33 CI 95% 1.05-5.17 with the presence of AMS. We calculated that the history of ascent to altitudes >3050 MASL has an OR: 0.41 (CI 95% 0.19-0.87) for the disease develop. No significant difference in maximum VO<sub>2</sub> and VO<sub>2</sub>/Kg between sick and healthy individuals with p=0.46 and p=0.34 were found respectively.

**Conclusion:** The measurement of maximum indirect VO<sub>2</sub> don't show any difference in military with and without AMS at 3050 MASL, history of smoking and previous ascent in altitude are shown as important background for no developing symptoms of AMS. Further studies are needed to corroborate our findings of these two specific points.

**Keywords:** Altitude sickness. Oxygen consumption. Altitude. Military personal. Smoking.

## O CONSUMO DE OXIGÊNIO (VO<sub>2</sub>) INDIRETA POR FORÇAS ARMADAS COM DOENÇA DIAGNÓSTICO DA MONTANHA AGUDA

### Resumo

**Objetivo:** comparar as médias de consumo de oxigênio medido indirectamente entre militares com a doença aguda montanha (EAM) e militar não diagnosticada utilizando o critério de escala Lake Louise.

**Métodos:** Estudo de casos e controles com um período de recolha de dados entre 2008 e 2009 em uma aldeia situada 3050 metros acima do nível do mar, em Bogotá, Colômbia. O estudo envolveu a realização de um serviço de transporte de teste de 20 metros para medida indireta do consumo de oxigênio (VO<sub>2</sub>) e ajustados por VO<sub>2</sub> quilo (VO<sub>2</sub> / kg) máxima, ea aplicação de questionário Lake Louise para o diagnóstico de Doença Aguda Montanha (EAM). 62 indivíduos com EAM e 61 foram obtidos sem EAM, uma descrição das variáveis demográficas e vitais foram posteriormente realizar uma análise bivariada dos dados obtidos com as variáveis VO<sub>2</sub> e VO<sub>2</sub> / kg no máximo.

**Resultados:** Dos 123 indivíduos, 62 foram diagnosticados com EAM (casos) e 61 não apresentaram a doença (controles). A maioria dos pacientes apresentou um EAM tipo leve (35%), o tempo de exposição mediano foi de 10 dias (IQR: 10). De todos os sujeitos, 30,1% tinham um histórico de tabagismo. A história da ascensão anterior acima de uma altitude de 3050 metros acima do nível do mar foi independentemente associada a uma menor probabilidade de desenvolver a doença OR: (IC 95%: ,19-0,87) 0,41. Além disso, não consumo de tabaco mostrou um maior risco de EAM. OR: 2,33 (95% CI: 1,05-5,17) Não houve diferenças significativas no VO<sub>2</sub> e VO<sub>2</sub> / kg pico entre indivíduos com EAM e indivíduos sem a doença, com p = 0,46 e p = 0,34 respectivamente.

**Conclusão:** A medida da indireta VO<sub>2</sub> máx não mostra nenhuma diferença em indivíduos com e sem EAM para 3050 m, a altitude e subida história prévia de tabagismo atuou como fatores de proteção para o desenvolvimento de EAM. Mais estudos são necessários para corroborar as conclusões destes dois pontos específicos.

**Palavras-chave:** consumo de oxigênio. A doença de altura. Altitude. O pessoal militar. Fumar.

## Introducción

La enfermedad aguda de montaña (EAM) o mal agudo de montaña (MAM) es una entidad que hace parte del grupo de las enfermedades inducidas por las alturas, donde los militares y montañistas son poblaciones susceptibles de padecerla (1). Su diagnóstico generalmente es clínico y se utilizan varias escalas para su reconocimiento y medición de la severidad (2). Sin embargo, el estudio de variables fisiológicas como el consumo de oxígeno podrían orientar el diagnóstico de esta condición de una manera más objetiva (3).

El consumo de oxígeno máximo y consumo de oxígeno ajustado por kilogramo máximo ( $VO_2$  y  $VO_2/kg$ ) puede verse afectado por enfermedades respiratorias y cardiovasculares que afecten la entrega del oxígeno a los tejidos. Sujetos con insuficiencia cardíaca, valvulopatías, alteraciones obstructivas de las vías aéreas, anemia, entre otros, pueden mostrar consumo de oxígeno disminuidos. Sin embargo, sujetos sanos pueden presentar disminución del  $VO_2$  con el ascenso a alta altitud y eventualmente el desarrollo progresivo de Enfermedad Aguda de Montaña.

Con el ascenso en alta altitud y la disminución progresiva de la presión parcial de oxígeno (hipoxia hipobárica), se genera un aumento en la presión de la arteria pulmonar que lleva a alteraciones en el intercambio de oxígeno y que finalmente afecta el consumo del mismo. Entre mayor altitud, el efecto de la hipoxia hipobárica puede ser mayor, a altitudes superiores a 3050 metros sobre el nivel del mar (msnm) ya se considera que este efecto se encuentra presente (4).

Teniendo en consideración lo anterior, la medición del  $VO_2$  en sujetos sanos que ascienden en altura podría contemplarse como un indicador útil para el diagnóstico de EAM.

El  $VO_2$  puede calcularse de manera indirecta por medio de pruebas de resistencia aeróbica, y de esta manera podría ser una herramienta útil y de fácil realización para evaluar el impacto de los cambios en altitud y esta enfermedad teniendo en cuenta sus mecanismos fisiopatológicos.

Realizamos la medición del  $VO_2$  indirecto por la prueba de lanzadera de 20m como prueba de resistencia aeróbica en militares sanos que ascendieron en altitud mayor a 3050 msnm para identificar si existen diferencias en los valores medios del  $VO_2$  entre sujetos que desarrollan síntomas de enfermedad aguda de montaña y los sujetos que no, el diagnóstico de EAM se realizó a través de la escala de síntomas y signos de Lake Louise.

## Materiales y Métodos

*Diseño del estudio:* Se realizó un estudio de casos y controles, donde se comparó la diferencia de medias en el  $VO_2$  y  $VO_2/kg$  calculado de manera indirecta en sujetos que desarrollaban Enfermedad Aguda de Montaña y sujetos que no desarrollaron la enfermedad, utilizando la escala de diagnóstico de EAM de Lake Louise.

*Lugar y población del estudio:* Militares que se encuentran en entrenamiento para ascender a gran altitud, cuya llegada a más de 3050 msnm no supere los 30 días. El estudio fue realizado en una localidad rural de Bogotá DC, Colombia.

*Características de los sujetos:* Sujetos en servicio militar activo, mayores de 18 años y menores de 50 años, quienes se encontraban residiendo a una altitud menor de 1500 msnm y previamente sanos. Se excluyeron del estudio sujetos con antecedente de enfermedad respiratoria crónica como asma, enfermedad pulmonar obstructiva crónica, síntomas de resfriado, bronquitis o neumonía menor de 12 semanas, cardiopatía estructural o antecedente de cirugía cardiovascular previa, trauma menor a 12 semanas, enfermedades hematológicas, cualquier limitación para el ejercicio y la falta de entendimiento en la realización de la prueba de ejercicio. Se consideró como caso los sujetos que tenían un puntaje mayor o igual a uno y como controles los sujetos con un puntaje de cero en la escala de Lake Louise.

*Evaluación del test de resistencia aeróbica (prueba de lanzadera de 20 m o "20 m-shuttle run test"):* Todos los sujetos recibieron instrucciones para la realización de esta prueba previa a su realización. En esta, el sujeto se desplaza de un punto a otro situado a 20 metros de distancia y realiza un aumento en el ritmo del desplazamiento el cual debe acelerarse progresivamente con una señal sonora. En el momento en que el individuo interrumpe la prueba es el que indica la resistencia cardiorespiratoria. La realización de esta prueba en la práctica general no requiere repetición obteniendo valores únicos del  $VO_2$  para cada sujeto. La prueba fue realizada a una altitud 3050 msnm. No se realizó medición directa del  $VO_2$  por la complejidad logística de la prueba sumado a que se quería evaluar el comportamiento del  $VO_2$  con un instrumento sencillo y accesible, asimismo, la medición del consumo de oxígeno de manera indirecta tiene una fuerte correlación con las pruebas de medición directa (5).

*Evaluación diagnóstica de enfermedad aguda de montaña:* se utilizó el cuestionario de autoevaluación de mal agudo de montaña de "Lake Louise" propuesto en el

international hypoxia symposium de 1991 en Chateau Lake Louise en Canadá. Y utilizada en estudios previos en Latinoamérica para el diagnóstico de mal agudo de montaña (6,7), el cuestionario consta de dos partes, el primero un cuestionario de autoevaluación donde se evalúan síntomas los cuales incluyen cefalea, síntomas gastrointestinales, disnea/fatiga, vértigo o mareo y alteraciones del sueño y la segunda parte, signos clínicos de alteraciones mentales, ataxia y edema periférico considerándose como sin EAM 0 puntos, con enfermedad leve de 1 a 3, moderada de 4 a 6 puntos y severa 7 o más puntos. Las variables clínicas de cefalea y disnea también fueron evaluadas con la escala análoga del dolor y con la escala de Borg respectivamente. Este cuestionario fue aplicado a todos los sujetos de estudio, previo a la realización de la prueba de lanzadera.

**Cálculo del tamaño de muestra:** El cálculo de tamaño de muestra se realizó con base en la diferencia de medias. Los valores promedio de  $VO_2/Kg$  en población masculina sin enfermedad tienen un rango entre 20mL/kg/min hasta 70 mL/kg/min en sujetos entrenados, con diferencias de promedios que oscilan entre 5 a 15mL/kg/min (8). Para este estudio el cálculo del tamaño de muestra se realizó considerando valores promedio normales en sujetos jóvenes entrenados de 60mL/Kg/min con una desviación estándar de +/- 15 y anormal de 50 mL/Kg/min con desviación estándar de +/-15. Con estos datos era necesario reclutar 60 sujetos con EAM (casos) y 60 sin la enfermedad (controles). Adicionalmente se calculó un porcentaje de pérdida del 30%, por lo que se determinó que el tamaño muestral requeriría de 170 sujetos. Se utilizó el programa OpenEpi disponible de manera gratuita en la página web <http://www.openepi.com/OE2.3/Menu/OpenEpiMenu.htm>. Se estableció un error alfa de 0,05 y poder del estudio de 95%.

**Variables usadas para el análisis:** Se utilizaron variables demográficas como edad, peso, talla, índice de masa corporal, signos clínicos como tensión arterial, frecuencia cardíaca, saturación de oxígeno y antecedentes de historia previa de ascensos, diagnóstico previo de enfermedad aguda de montaña, tabaquismo y consumo de sustancias psicoactivas. Para el análisis bivariado se utilizó como variable dependiente el consumo de oxígeno máximo ( $VO_2$ ) y consumo de oxígeno/kilogramo de peso ( $VO_2/Kg$ ) comparándolo con los casos y los controles con la escala de Lake Louise. Adicionalmente se emplearon para el análisis, variables como velocidad, distancia recorrida, frecuencia cardíaca máxima y reserva cardíaca.

**Análisis estadístico:** El análisis fue realizado utilizando Microsoft Office Excel (versión 2007, Santa Rosa, CA, USA) y IBM SPSS statistics (versión 20.0 software package,

Chicago IL, USA). Se realizó un análisis descriptivo de las variables, las cualitativas son presentadas como frecuencias y proporciones, y las cuantitativas con medidas de tendencia central y dispersión según pruebas de normalidad. El análisis bivariado se realizó mediante la comparación de variables cualitativas por Chi-cuadrado y las cuantitativas con t-student y U de Mann-Whitney según su distribución.

El estudio fue evaluado por el comité de ética del Hospital Militar Central y aprobado para su ejecución. En todos los sujetos se explicó, solicitó y desarrolló el consentimiento informado para ingresar al estudio.

**Control de sesgos:** La obtención de las variables evaluadas fue adquirida de manera independiente por cada sujeto de estudio, los instrumentos de medición fueron calibrados antes de cada toma, el diligenciamiento del instrumento se realizó por el grupo investigador directamente previa capacitación y pilotaje para el diligenciamiento del mismo. El ingreso de datos de los instrumentos de recolección de las variables fue verificado por dos evaluadores diferentes al grupo de investigación que tomo datos iniciales.

## Resultados

**Descripción general de la población:** Del total de 170 sujetos, 73% (n:123) cumplieron los criterios de inclusión. De éstos se incluyeron para el análisis a 62 sujetos con diagnóstico de EAM (casos) y 61 sujetos sin la enfermedad (controles). Todos los sujetos fueron de género masculino con una edad mediana de 28 años (RIQ:11), la mediana del peso fue de 69 kilogramos (RIQ:10), la mediana de estatura de 1,70 metros (RIQ:0.09) y el índice de masa corporal de 23,88 kg/m<sup>2</sup> (RIQ:3.17).

Del total de casos diagnosticados con la escala de Lake Louise, de acuerdo a la severidad se clasificó la EAM como leve en un 35% (n: 43), moderada 12,2% (n: 15) y severa 3,3% (n: 4). Sólo uno de los sujetos (0.8%) tuvo diagnóstico médico previo de enfermedad aguda de montaña. El 30.1% (n: 37) de los sujetos estudiados tenían antecedente de tabaquismo, con una mediana de 2.1 paquetes/año (RIQ:3.5). El 1,6% tenía antecedente de exposición a otras sustancias psicoactivas.

La medición de toda la población del  $VO_2$  y  $VO_2/kg$ , mostró como resultado una mediana de 2312.7  $VO_2$  (RIQ: 1037.58) y 32.99 mL/kg/min (RIQ: 16.79) respectivamente.

Los síntomas más frecuentes asociados utilizando la escala de Lake Louise en MAM fueron la cefalea, seguido de fatiga/disnea. La severidad de la cefalea fue más frecuente

en una VAS de 5, que fue considerada como moderada. Por frecuencia en segundo lugar se presentaron alteraciones durante el sueño y la disnea/fatiga, siendo más frecuente la severa cuando se utilizó la escala de BORG. Los síntomas gastrointestinales y de vértigo/mareos fueron los más infrecuentes. Adicionalmente se evaluó si habían alteraciones del sueño, y del total de los sujetos el 24,4% de los pacientes no dormía como habitualmente lo hacen. En cuanto al desarrollo de signos clínicos de EAM, ningún paciente los presentó. La aparición de los mismos generalmente se da en altitudes mayores a 4000 msnm especialmente los relacionados a alteraciones neurológicas.

La percepción de una actividad disminuida con un nivel de severidad leve se presentó en el 9,8% (n: 12) de los sujetos.

La evaluación de la cefalea y de la disnea/fatiga realizada con la escala visual análoga del dolor y la escala de Borg se muestran en la Tabla 1 y 2 respectivamente.

Tabla 1. Escala visual análoga del dolor para cefalea

VALOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
0	92	74,8
1	3	2,4
2	5	4,1
3	5	4,1
4	6	4,9
5	7	5,7
6	3	2,4
7	0	0
8	2	1,6
9	0	0
10	0	0
<b>Total</b>	<b>123</b>	<b>100</b>

Tabla 2. Escala de Borg

VALOR	FRECUENCIA	PORCENTAJE
0	81	65,9
0.5	9	7,3
1	2	1,6
2	1	0,8
3	6	4,9
4	6	4,9
5	7	5,7
6	5	4,1
7	3	2,4
8	2	1,6
9	1	0,8
10	0	0
<b>Total</b>	<b>123</b>	<b>100</b>

**Análisis Bivariado:** Después de correr el análisis bivariado se encontró que el antecedente de ascenso previo a una altitud mayor a 3050 msnm se comportó como un factor protector para el desarrollo de la enfermedad (OR: 0,41. IC95%: 0,19 - 0,87). De otro lado el no consumo de tabaco estuvo asociado a la presencia de EAM (OR: 2,33 IC95% 1,05 - 5,17).

Al comparar las características entre sujetos con enfermedad aguda de montaña con sujetos sin la misma no se encontraron diferencias en peso, talla, índice de masa corporal, frecuencia cardíaca, tensión arterial, saturación de oxígeno ni temperatura tanto en reposo como en ejercicio (Tabla 3).

Tabla 3. Características de la población según la presencia de enfermedad aguda de montaña (EAM)

VARIABLES	Con EAMa	Sin EAM
	M <sup>b</sup> /RIQ <sup>c</sup>	
Edad (años)	21,5/10	27/9
Peso (Kg)	69/9	70/10
Talla (m)	1.7/0.08	1.69/0.06
IMC <sup>d</sup> (Kg/m2)	23.17/3.32	24.2/3.18
Fc <sup>e</sup> en reposo (Latxmin)	70/16	74/19
FC ejercicio (Latxmin)	158/57,5	156/36,5
PAS <sup>g</sup> en reposo (mmHg)	110/20	100/20
PAS postejercicio (mmHg)	130/30	130/30
PAD en reposo (mmHg)	70/15	70/20
PAD postejercicio (mmHg)	70/15	80/10
Temperatura en reposo (°C)	36/0.4	36/0.7
Temperatura postejercicio (°C)	35.6/0.5	35.7/0.7
Saturación O2 en reposo (%)	94/2,5	93/3
Saturación O2 ejercicio (%)	86/6,23	86,7/5,5
No. Paquetes/año	2.04/2.1	4.29/3.5
	n/%	
Consumo de cigarrillo	24/64,9%	13/35,1%
Sin consumo de cigarrillo	38/44,2%	48/55,8%
Historia previa de ascenso	31/41,9%	43/58,1%
Sin historia previa de ascenso	31/63,3%	18/36,7%

<sup>a</sup> Enfermedad aguda de montaña, <sup>b</sup> Mediana, <sup>c</sup> Rango intercuartilico, <sup>d</sup> Índice de masa corporal, <sup>e</sup> Frecuencia cardíaca, <sup>g</sup> Presión arterial sistólica, <sup>†</sup> Presión arterial diastólica

**Consumo de Oxígeno:** No se encontraron diferencias entre el VO<sub>2</sub> y VO<sub>2</sub>/Kg máximo en relación entre los casos y los controles, (p=0,34) y (p=0,46) respectivamente. Se realizó además análisis de velocidad, distancia recorrida, distancia/saturación de oxígeno, frecuencia cardíaca máxima y reserva cardíaca sin encontrar diferencias estadísticamente significativas (Tabla 4).

**Tabla 4.** Análisis bivariado de  $VO_2$ ,  $VO_2/kg$ , Velocidad, Distancia, Frecuencia Cardíaca máxima y Reserva cardíaca.

VARIABLE	M <sup>a</sup> (RIQ <sup>b</sup> )		Valor p <sup>d</sup>
	EAM <sup>c</sup>	No EAM	
Vo2 (ml/min)	2366.9 (1257.1)	2216.49 (869.4)	0.125
VO2/Kg (ml/kg/min)	35.5 (18.7)	31.3 (13.41)	0.321
Velocidad (Km/h)	12(1,5)	12(2)	0,5
Distancia (m)	1358(600)	1358(817)	0,47
Distancia/SO2 <sup>e</sup>	15,08(8,09)	15,7(8,72)	0,66
FC Máxima (Labxmin)	193(13)	192(5,5)	0,18
Reserva cardiaca (Labxmin)	123(25)	119(17,5)	0,31

<sup>a</sup> Mediana, <sup>b</sup> Rango intercuartílico, <sup>c</sup> Enfermedad aguda de montaña, <sup>d</sup>Significancia estadística:  $p < 0.05$ , <sup>e</sup> Saturación de oxígeno.

## Discusión

Este es uno de los primeros estudios conocidos a la fecha en el país donde se evalúa si los valores obtenidos de  $VO_2$  de manera indirecta pueden resultar útiles para discriminar entre sujetos que presentan o no EAM. Los sujetos evaluados fueron en su totalidad hombres con una mediana de edad de 28 años (RIQ: 11), población joven como es lo habitual en personal militar que realiza actividades en áreas de conflicto armado (9,10), y que puede ser comparable a poblaciones de alpinistas y deportistas que ascienden en altitud (1) y que también pueden desarrollar la enfermedad. La mediana del peso fue de 69 kilogramos (RIQ: 10), estatura de 1,70 metros (RIQ: 0.09) e índice de masa corporal de 23,88 kg/m<sup>2</sup> (RIQ: 3.17) medidas que estuvieron dentro del rango medio normal en poblaciones jóvenes latinoamericanas (11,12).

Utilizando los criterios diagnósticos de la escala de Lake Louise se logró discriminar a 62 sujetos con EAM, con un tiempo de exposición a gran altitud (3050 msnm) de 10 días, (RIQ: 10), con una frecuencia mayor de la presentación de la enfermedad en grado leve, y donde el rango de tiempo en días de la llegada a la altitud cabe en lo esperado para el desarrollo de enfermedad aguda de montaña cuyos síntomas y alteraciones fisiológicas se pueden presentar desde las primeras 6 a 10 horas hasta 15 días después (13,14).

Los valores de  $VO_2/Kg$  de 32,6 (RIQ: 12,40), y de  $VO_2$  máximo de 2193,38 (RIQ: 792,49) no presentaron diferencias significativas con respecto a los valores en sujetos que no desarrollaron la enfermedad ( $p = 0,343$  y  $p = 0,466$  respectivamente). Estos valores son comparables con los que habitualmente se obtienen en otras poblaciones sanas, encontrándose por lo menos para este estudio que el cálculo del  $VO_2$  de manera indirecta no tiene la capacidad de discriminar entre sujetos con y sin la enfermedad a mediana altitud, posiblemente debido a la variabilidad clínica que

puede tener la enfermedad en donde los pacientes con un nivel de severidad leve pueden no comprometer de manera significativa la entrega de oxígeno, ni tampoco afectar otras variables fisiológicas y vitales como frecuencia respiratoria, frecuencia cardíaca y saturación de oxígeno. Así mismo valores como distancia total recorrida, índices de distancia/frecuencia cardíaca, distancia/saturación, curva de desaturación, reserva cardíaca y frecuencia cardíaca en porcentaje máximo no revisten utilidad diagnóstica de la enfermedad en altitudes similares (3,15).

El 30,1% de los sujetos estudiados tuvieron antecedente de tabaquismo, con una mediana de 2,1 paquetes/año, que corresponde a un consumo de tabaco leve (16), el cual se ha asociado con efectos cardiovasculares (17). Al comparar los militares con enfermedad aguda de montaña en relación con militares sanos, se encontró que el no consumir tabaco se asoció a un riesgo de presentar la enfermedad (OR: 2,33 IC 95%: 1,05-5,17). Resultados similares fueron reportados por Wu Ty. *et al* quien encontró una menor incidencia y puntaje clínico menor de mal agudo de montaña en sujetos fumadores (2), situación que no ha sido totalmente probada pero que se ha tratado de explicar por un posible efecto neuroprotector de la nicotina mediado por el calcio (18) y a la sensación de bienestar que en algunos sujetos puede generar el hábito de fumar lo que en teoría llevaría a menores valores de puntajes diagnósticos para Enfermedad Aguda de Montaña. En forma contraria, otros autores han concluido que el consumo de cigarrillo no parece modificar favorablemente los desenlaces finales del mal agudo de montaña (3). Sin embargo, se debe tener presente que el consumo de tabaco en personas jóvenes aún en dosis bajas se asocia a un incremento significativo en el riesgo de presentar enfermedades cardiovasculares (17) y al parecer el efecto protector se explicaría por la nicotina y no como efecto de otras sustancias mortalmente tóxicas del cigarrillo. Sólo el 1,6% (n: 2) de los pacientes tenían antecedente de consumo de sustancias psicoactivas, cantidad insuficiente para realizar análisis más profundos.

La historia de ascenso previo a alturas superiores a 3050 msnm se encontraba en un 60,2% (n: 74) de los sujetos estudiados. El tener el antecedente de ascenso previo en altitud mayor a 3050 msnm se asoció a un menor riesgo de presentar la enfermedad (OR: 0,41 IC95% 0,19 - 0,87) resultados que concuerdan los confirmados por Pesce et al, quienes concluyeron que un antecedente de más de 10 exposiciones por año por encima de 3000 msnm también estuvo asociado a reducción en la incidencia de la EAM (OR: 0,6 IC95%: 0,41 - 0,46) así como el antecedente de un ascenso por encima de 6000 msnm (OR: 0,48 IC95%: 0,33 - 0,68) (19,20). Lo anterior puede estar sujeto a un proceso de aclimatización fisiológica adecuado ya probado en estos sujetos no susceptibles (4).

En el presente estudio, variables vitales realizadas antes y después de la prueba de lanzadera de 20m, como la frecuencia cardíaca en reposo y post ejercicio, presión arterial en reposo y post ejercicio, la temperatura y la saturación de oxígeno no mostraron diferencias en los sujetos con y sin EAM. Resultados similares fueron encontrados por Hooper *et al* y Wagner *et al*, confirmando una tendencia a la disminución especialmente en la saturación arterial de oxígeno (SO<sub>2</sub>) durante al ascenso, pero no lo suficientemente relevante para discriminar entre sujetos a riesgo para el desarrollo de EAM (3,15).

En cuanto a las fortalezas del estudio realizado cabe mencionar el número de sujetos estudiados y la potencia sobre la cual no se encontraron diferencias, además, de estar disponible en la literatura mundial resultado otros estudios reportados con resultados similares especialmente en las asociaciones existentes entre consumo de cigarrillo, antecedente de ascenso previo y EAM (2,19), sin embargo, el diseño de este tipo de estudio no deja de estar exento de los sesgos de casos y controles, como problemas en selección y donde sus resultados requieren ser corroborados por estudios de seguimiento prospectivo. Además, no fue posible contar un mayor número de pacientes especialmente para los análisis de algunos antecedentes y grupos étnicos. No se realizó un análisis multivariado teniendo en cuenta que no se pudieron demostrar diferencias de la variable resultado. Se sugiere como dato relevante profundización en estudios de nicotina y síntomas de mal agudo de montaña.

## Conclusiones

La medición de VO<sub>2</sub> indirecto no muestra diferencias en sujetos con y sin EAM a 3050 msnm, el antecedente de consumo de cigarrillo y el ascenso previo en altitud se comportan como factores protectores para el desarrollo de síntomas de EAM. Se requieren estudios posteriores para corroborar los hallazgos de estos dos puntos específicos.

## Referencias

1. Li X, Tao F, Pei T, You H, Liu Y, Gao Y. Population level determinants of acute mountain sickness among young men: a retrospective study. *BMC Public Health*, 2011;11:740.
2. Wu T, Ding S, Liu J, Jia J, Chai Z, Dai R. Who are more at risk for acute mountain sickness: a prospective study in Qinghai-Tibet railroad construction workers on Mt. Tanggula. *Chin Med J*, 2012;125(8):1393-400.
3. Hooper TJ, Levett DZH, Mellor AJ, Grocott MPW. Resting and exercising cardiorespiratory variables and acute mountain sickness. *J R Nav Med Serv*, 2010;96(1):6-12.
4. Palmer BF. Physiology and pathophysiology with ascent to altitude. *Am J Med Sci*, 2010; 340(1):69-77.
5. Jaguaribe AM, Gomes DV, Soares AO. Correlation between direct and indirect VO<sub>2</sub>max measurements in indoor soccer

6. players. *Rev Bras Med Esporte*, 2005; 11(3):159e-161e.
7. Van Roo JD, Lazio MP, Pesce C, Malik S, Courtney DM. Visual analog scale (VAS) for assessment of acute mountain sickness (AMS) on Aconcagua. *Wilderness Environ Med*, 2011;22(1):7-14.
8. Salazar H, Swanson J, Mozo K, White AC Jr, Cabada MM. Acute Mountain sickness impact among travelers to Cusco, Peru. *J Travel Med*, 2012;19(4):220-5.
9. K Wasserman, J Hansen, D Sue, W Stringer, B Whipp. *Principles of Exercise Testing and Interpretation*. 4th edition, 2005. p.1-235. Generic. Ref type: Generic.
10. Kong F-Y, Li Q, Liu S-X. Poor sleep quality predicts decreased cognitive function independently of chronic mountain sickness score in young soldiers with polycythemia stationed in Tibet. *High Alt Med Biol*. 2011;12(3):237-42.
11. Norris JN, Viire E, Aralis H, Sracic MK, Thomas D, Gertsch JH. High altitude headache and acute mountain sickness at moderate elevations in a military population during battalion-level training exercises. *Mil Med*. 2012;177(8):917-23.
12. Ordoñez A, Polania D. Cambios de estatura en Colombia durante el presente siglo. *Coyuntura Social*. 1992;6.
13. Body mass index - BMI. World Health Organization. Disponible en: <http://www.euro.who.int/en/what-we-do/health-topics/disease-prevention/nutrition/a-healthy-lifestyle/body-mass-index-bmi>.
14. Hackett P, Oach R. high-altitude illness. *N Engl J Med*. 2001; 345(2): 107-14.
15. Fiore DC, Hall S, Shoja P. Altitude Illness: Risk Factors, Prevention, Presentation, and Treatment. *Am Fam Physician*. 2010; 82(9):1103-10.
16. Wagner DR, Knott JR, Fry JP. Oximetry fails to predict acute mountain sickness or summit success during a rapid ascent to 5640 meters. *Wilderness Environ Med*. 2012;23(2):114-21.
17. Jindal S, Malik S. Smoking index a measure to quantify cumulative smoking exposure. *Lung India*. 1988;1(4):195-6.
18. Bjartveit K, Tverdal A. Health consequences of smoking 1 - 4 cigarettes per day. *Tobacco Control*. 2005;14: 315-20.
19. Riljak V, Marešová D, Pokorn J. Nicotine reduces mortality of developing rats exposed to high-altitude hypoxia and partially suppresses the duration of cortical epileptic afterdischarges. *Gen Physiol Biophys*. 2011;30(4):350-5.
20. Pesce C, Leal C, Pinto H, González G, Maggiorini M, Schneider M, et al. Determinants of acute mountain sickness and success on Mount Aconcagua (6962 m). *High Alt Med Biol*. 2005;6(2):158-66.
21. Burtcher M, Mairer K, Wille M, Broessner G. Risk factors for high-altitude headache in mountaineers. *Cephalalgia*. 2011;31(6)706-11.