REPERCUCIONES CARDIORESPIRATORIAS DEL USO DE UNA MASCARA ANTIPOLVO DURANTE EL ESFUERZO MUSCULAR EN LA ALTURA. LA PAZ 3.600 Mts.

Drs. Enrique Vargas, Gerardo Antezana, Jean Coudert, Anette Thorn Ing. Willy Haftel

Instituto Boliviano de Biología de Altura

Es bien conocido actualmente que el ejercicio muscular en la altura se realiza en condiciones diferentes de las del nivel del mar: la capacidad aeróbica máxima se encuentra disminuída, para ejercicio submáximo de la misma potencia, la ventilación es mayor en la altura y podemos observar una acentuación de la desaturación arterial en oxígeno sobre todo en el curso de esfuerzos intensos efectuados en alturas que sobrepasan los 4.000 mts. La hipertensión arterial pulmonar normalmente observada en reposo en los nativos de la altura se acentúa notablemente en el curso de los esfuerzos aunque sean moderados. (1), (2), (3) y (4).

Se trata entonces de condiciones poco favorables para la ejecución de trabajos físicos y nos ha parecido interesante estudiar las repercusiones cardiorespiratorias complementarias que podrían provocar el uso de estas máscaras antipolvo en el curso de ejercicios musculares realizados a tales alturas: este problema es particularmente importante para Bolivia, país que emplea más de 50.000 mineros en zonas situadas como término medio entre los 4.150 mts. y donde la incidencia de silicosis alcanza una cifra record de 25,5%. Las tentativas de mejorar las condiciones de trabajo por el uso de máscaras antipolvo clásicas han terminado en Bolivia en un fracaso: el minero no acepta voluntariamente la máscara que se propone, a pesar de todos los argumentos que se les ofrecen.

Es justamente con el fin de buscar una explicación de orden fisiológico que permita comprender el comportamiento de los mineros en la altura, que nos hemos propuesto realizar la primera etapa de este trabajo: el estudio de las repercusiones cardiorespiratorias por uso de una máscara antipolvo clásica, no ventilada.

La segunda etapa consistió en realizar el estudio de una máscara ventilada a presión positiva, que no pareció supuestamente capaz de limitar eventuales repercusiones en la función cardiopulmonar.

Los trabajos fueron realizados en los laboratorios del Instituto Boliviano de Biología de Altura situados en la ciudad de La Paz, a una altura de 3.600 mts., con una presión barométrica media de 498 mmHg.

I.— PRIMERA ETAPA: **Estudio de las repercusiones cardiorespiratorias de una máscara antipolvo Tipo Wilson.**

A) **Material y Métodos:**

La máscara Wilson fue la escogida para estudio, teniendo en cuenta que se trata de una máscara habitualmente utilizada por el minero boliviano: sostenida por medio de correas elásticas, recubre una parte del rostro del trabajor y está provista de dos válvulas espiratorias produciéndose la entrada de aire a través de un filtro antipolvo.

Fueron estudiadas 14 personas sedentarias del sexo masculino, con una edad comprendida entre 20 y 36 años (término medio 26 años), nacidas y con vivienda permanente sobre el altiplano boliviano (3.800 mts.) siendo la mayor parte provenientes de familias que hablan aymara.

Luego de un estudio clínico, radiológico y electrocardiográfico cuyos fines eran de verificar la ausencia de anormalidades en particular cardiopulmonares, estas personas fueron convocadas a familiarizarse con el personal del Laboratorio a fin de aprender a ejecutar los ejercicios musculares sobre una bicicleta ergométrica de Tipo MONARK con y sin máscara.

En el curso de esta fase preliminar fue determinado indirectamente el consumo de oxígeno máximo (VO2 max) a partir del nomograma de Astrand midiendo la frecuencia cardíaca (Fc) y el consumo de oxígeno de circuito abierto para una potencia dada durante el ejercicio muscular.(5).

La potencia del ejercicio escogido para las experiencias finales correspondió a 70% del consumo máximo de los sujetos.

En el curso de este esfuerzo realizado primero con la máscara puesta, después sin la máscara, una muestra de sangre arterial fue hecha en el curso del décimo minuto de ejercicio gracias a una aguja previamente colocada en la arteria humeral.

Las presiones parciales de oxígeno (PaO2) y gas carbónico (PaCO2) así como el pH fueron medidos en un aparato IL-METER (Tipo 127—Cl). La concentración plasmática en lactato fue determinada por el método enzimático (KITS BOEHRINGER).

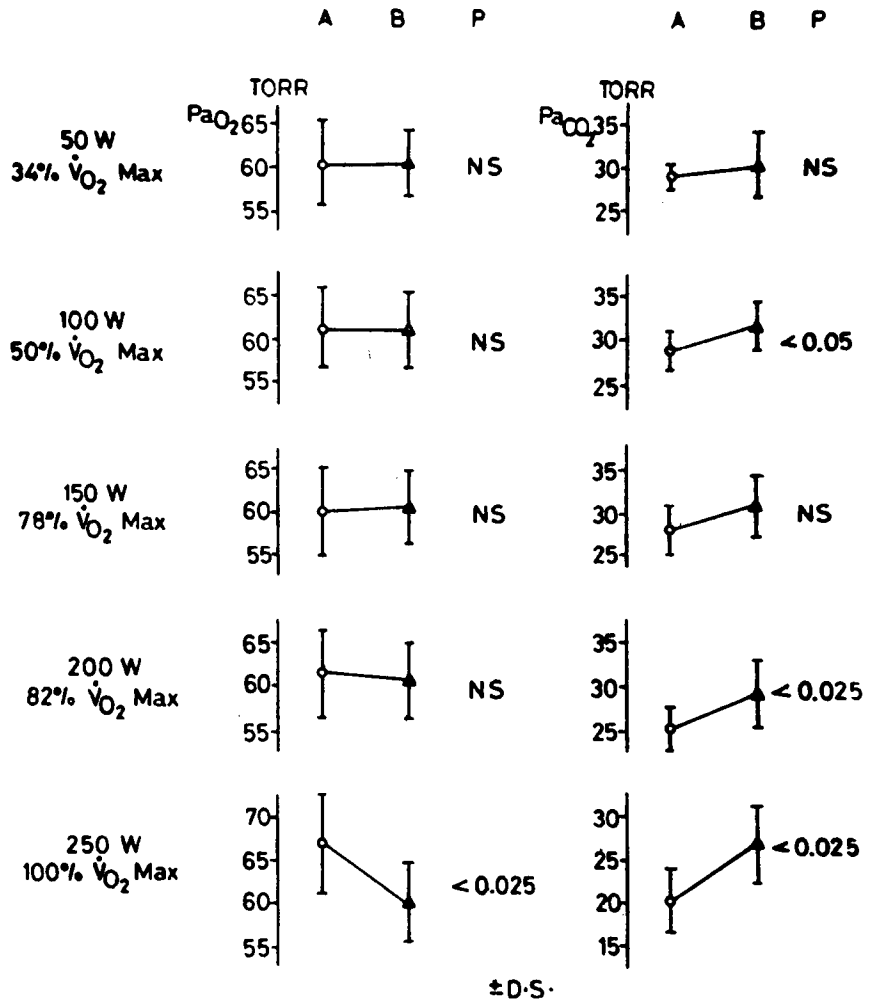
El estudio comparativo de los resultados obtenidos en el curso de un mismo esfuerzo portando la máscara por una parte, y sin la máscara por otra, pone en evidencia los siguientes hechos:

Bajo la influencia de la máscara la presión de oxígeno en la circulación arterial disminuye significativamente:

De 56 mmHg. a 54 mmHg. ($P>0.005$).

La presión del anhidrido carbónico y el pH no sufren cambios notables. PaCO2 28,8 mmHg. sin máscara y 28,7 mmHg. sin máscara pH 7,39 sin máscara y 7,38 con máscara.

B) **Resultados:** Figura 1



Un hecho importante digno de ser mencionado es que la concentración plasmática en lactato aumenta significativamente durante el tesfuerzo portando la máscara:

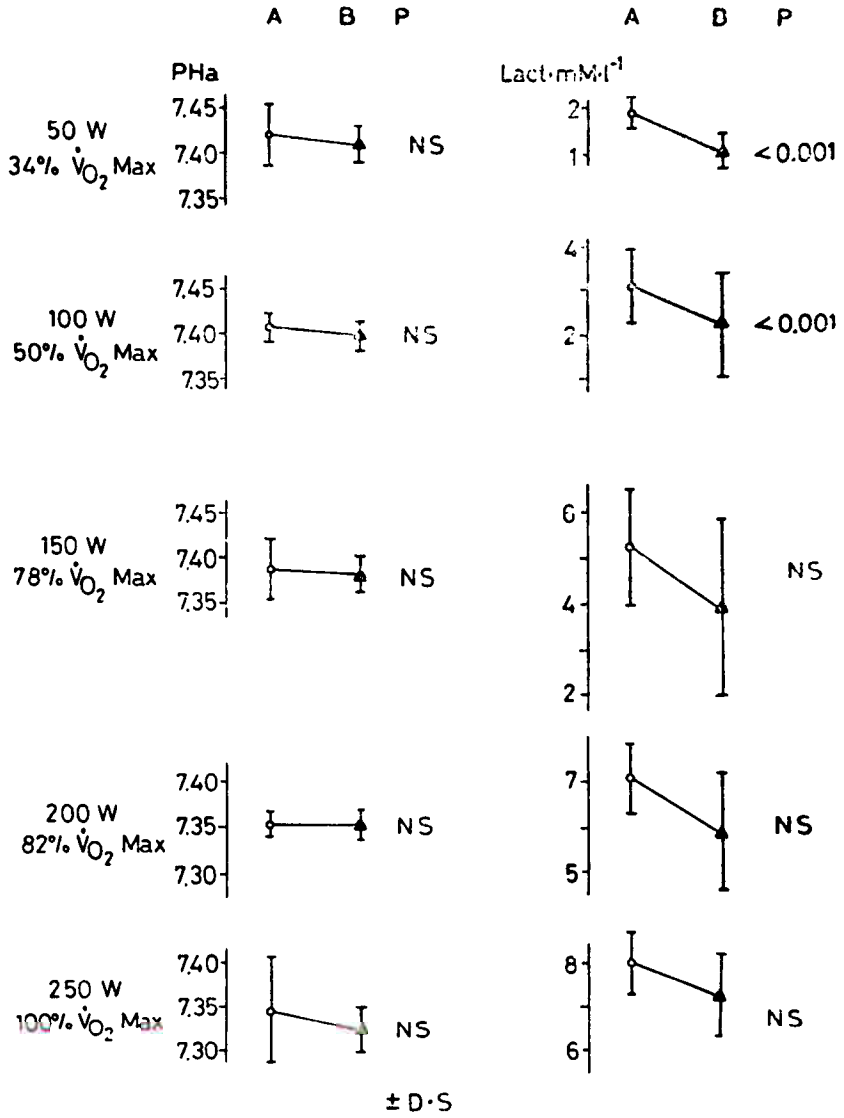
21mg% sin máscara y 25,3 mg% con máscara.

C) **Conclusiones:**

El uso de la máscara antipolvo Tipo Wilson se acompaña en la altura (3.600 mts.), en el curso de un ejercicio muscular intramaximal correspondiente a un 70% del máximo de oxígeno de los sujetos estudiados, de repercusiones cardiorespiratorias, y metabólicas que no pueden ser descartadas: el oxígeno disminuye en la sangre y la concentración plasmática de lactatos aumenta significativamente.

La acentuación de la hipoxia persistente asociada a la acumulación acentuada de lactatos, factor conocido de fatiga muscular, po-

Figura 2.—



dría ser una de las razones principales que nos permitan explicar la mala voluntad de los mineros a portar este tipo de máscaras antipolvo en la altura. La impresión de asfixia que de ello resulta, es por otra parte agravada por la acumulación de calor y de sudor en el interior de la máscara no ventilada, y por el hecho mismo de que estas máscaras diseñadas para mineros de origen inglés no se adapta sino imperfectamente al rostro del minero boliviano de morfología diferente.

II.— SEGUNDA ETAPA: **Estudio de las repercusiones cardiorespiratorias de una máscara antipolvo ventilada a presión positiva.**

A) **Material y Método:**

El modelo escogido para este estudio es una máscara que fue construída por el Ing. William BURGUESS. Aprobada en 1969 por el

Instituto Americano del Fierro y del Acero es actualmente utilizada sobre todo en los Estados Unidos para la protección individual del personal empleado para trabajos en Hornos de Carbón de Piedra.

Está provista de un sistema de ventilación alimentado por pilas aspirando el aire ambiente a través de un filtro. El aire filtrado es seguidamente movilizado con una presión positiva hacia el rostro de la persona que la usa.

Para este estudio fueron seleccionadas 8 personas que tenían las mismas características que las del grupo precedente, sexo masculino, sedentarias, la misma edad, el mismo origen étnico, independientes de toda enfermedad, en particular cardiopulmonar las mismas que también tuvieron que familiarizarse con el personal y los procedimientos del laboratorio.

En un primer tiempo la prueba consistió en realizar sobre la misma bicicleta ergométrica utilizada anteriormente (MONARK) un ejercicio de potencia creciente (aumento de 50 watts. cada dos minutos) hasta el agotamiento del sujeto, midiendo al mismo tiempo el oxígeno consumido para cada potencia.

La misma prueba fue enseguida realizada un día sin máscara, otro día con máscara: para cada potencia de trabajo, gracias a la colocación de una aguja en la arteria humeral, fueron determinados, utilizando las técnicas descritas precedentemente, los valores de $PaCO_2$, pH, y la concentración plasmática en ácido láctico.

B) **Resultados:** Figuras 1 y 2

Para potencias de esfuerzos comparables a las de las experiencias anteriores (o sea a un 70% del consumo máximo de oxígeno) no se observa ningún cambio significativo de los fenómenos y parámetros estudiados:

Unicamente para ejercicios correspondientes al 100% del consumo máximo de oxígeno se observa con la máscara ventilada una disminución significativa de PaO_2 ($P>0,025$).

Contrariamente a las observaciones hechas en el curso de la serie de experiencias realizadas con las Máscara Wilson (Fig. 1) la concentración plasmática en lactato tiene tendencia a disminuir bajo la influencia de la máscara ventilada: la disminución es significativa ($P>0.001$) para las potencias de trabajo correspondientes al 34 y 50% del consumo máximo de oxígeno.

C) **Conclusiones:**

El uso de una máscara antipolvo ventilada a presión positiva permite evitar en la altura en el curso de ejercicios submáximos, los inconvenientes respiratorios y metabólicos que produce el uso de máscara antipolvo clásicas (Tipo Wilson), en particular permite evitar la acentuación de la falta de oxígeno en sangre y el aumento de los lactatos plasmáticos.

La ventilación en el interior de la máscara facial suprime además la impresión de disconformidad ligada a la acumulación de calor y de sudor sobre el rostro.

BIBLIOGRAFIA

(1). FACTORS CONTROLLING RESPIRATION DURING MUSCULAR EXERCICE AT ALTITUDE.
R. Lefrancois, H. Gautier, P. Pasquis and E. Vargas.— Federation Proceeding. Vol. 28 May. - June (1969).

(2). Estudio del Consumo de oxígeno en La Paz (3.600 m.) sobre un grupo de atletas Nativos de la altura.
J. Coudert, M. Paz Zamora.

(3). ESTUDIO COMPARATIVO DE LAS CAPACIDADES AEROBICAS Y ANAEROBICAS A GRAN ALTITUD (3.600 m.) ENTRE ATLETAS NATIVOS DE LA COSTA Y DE LA ALTURA.
J. Coudert, M. Paz Zamora, J. P. Gasgard, J. Durant.— Anuario Nº 2. (1971—1973) del Instituto Boliviano de Biología de Altura. pp. 163—168, L.P. 1973.

(4). EFFECTS OF HYPOXIA AND HYPEROXIA OF SHORT DURATION ON THE PULMONARY CIRCULATION OF HIGLANDERS (HL) AND LOWLANDRS (LL) LIVING AT 3.600 m.
J. Coudert, M. Paz Zamora, G. Antezana, E. Vargas — Progress in Respiration Research, Vol. 9, pp. 173—179, Karger, Basel (1975).

(5). Capacité aerobique des sujets résidant a 4.000 m. et transplantés a 500 m. d'altitude.— par J. Coudert, E. Vargas et M. Paz Zamora (Présentés par J. Durand).- Journal de Physiologie, 71, 1975, Nº 2, 329 A.