

**CONTRIBUCION AL ESTUDIO DE LA FISIOLOGIA
DEL HOMBRE DE LOS ANDES :**

“FORMA DE LA RESPIRACION EN LA ALTURA”

Enrique Arnáez Lapeyre

**REVISION DE LOS ESTUDIOS RELATIVOS AL SISTEMA
NERVIOSO VEGETATIVO Y SU INFLUENCIA
SOBRE EL PULSO**

Está demostrado, por los estudios del Profesor Monge y colaboradores, que los fenómenos de la actividad cardíaca en la altitud muestran una influencia vagal preponderante, que determina reacciones paradójicas bradicárdicas predominantes y, en algunos casos, reacciones taquicárdicas, al parecer de origen simpático.

Vamos a realizar una rápida revisión de estos interesantes estudios sobre el Sistema Nervioso Vegetativo en el Andino, porque ellos nos han servido en la interpretación de nuestro trabajo.

En la segunda memoria sobre circulación, publicada en 1935, Monge y colaboradores (1), llegan entre otras, a las siguientes interesantes conclusiones :

“La circunstancia de presentarse reacciones de tipo bradicárdico en el curso del esfuerzo o después de él, revela la existencia de un freno fisiológico cuyo punto de partida conviene precisar”.

“Presentándose tanto en los andinos como aún en los recién llegados, dicho freno bradicárdico, hay que convenir en que, si el corazón andino supranormal debe su eficiencia a una propiedad intrínseca del miocardio (corazón de atleta), el sis-

tema nervioso vegetativo debe jugar papel de primer orden en la regulación de la actividad cardíaca”.

Monge y Pesce (2), en la tercera memoria, publicada sobre el Sistema Nervioso Vegetativo del Hombre de los Andes, para apreciar el grado de influencia vago-simpática que rige la actividad cardíaca, establecen :

“En la sierra hay hipertonia del vago y del simpático, con predominio del primero. Hay estado de hipersimpaticotonia en un 15 % de los casos”.

“El andino presenta un aumento del tono del vago y del simpático, muy por encima del habitante del nivel del mar”.

“Esta ley de hipertonia vegetativa del andino, explica los hechos anotados en nuestras comunicaciones anteriores sobre el trabajo del corazón”.

Más tarde (1936), Aste (3), insiste en que, en las reacciones de tipo bradicárdico, además de la participación del sistema nervioso vegetativo, debe jugar un rol importante “alguna propiedad intrínseca del corazón”.

En cuanto al sistema nervioso vegetativo, encuentra igualmente una hiperexcitabilidad vegetativa en el andino : “La excitabilidad vago-simpática del andino (en la altura, es, superior a la del costeño (a nivel del mar). El andino presenta hiperanfocitabilidad neurovegetativa a predominio vagal”.

Sáenz (4), en su tesis “Electrocardiografía en la Altura” (1939), hace estudios en 140 andinos, utilizando el método electrocardiográfico, y encuentra lo siguiente :

“Existe una arritmia sinusal por hiperanfotonia a predominio vagal en un 70 % de los casos”.

“A esfuerzos intensos, se producen trastornos de la excitabilidad y desviaciones del segmento ST. La distonía vagal explica esta cuestión”:

El objeto de este trabajo, en el que hemos sido guiados por nuestro profesor el Dr. Carlos Monge, es estudiar, por primera vez entre nosotros, la respiración en uno de sus aspectos más sencillos : la forma, utilizando para esto el método gráfico.

FORMA DE RESPIRACION

Entendemos por forma, el aspecto del trazado respiratorio teniendo en cuenta todos sus caracteres : frecuencia, amplitud, ritmo, duración, etc.

La forma de la respiración es normal, cuando sus caracteres no se modifican, es decir, conservan su regularidad, permaneciendo dentro de los límites fisiológicos. (Fotografía N° 1).

Historia.

Sobre la forma de la respiración en la altura, casi no se han ocupado los autores. Mosso (5), señala los períodos de apnea, indicando que “al final de una espiración, el tórax se detiene y la aguja inscribe una línea casi horizontal, donde se ve dos o tres latidos del corazón. Tal forma puede considerarse como típica de la respiración a grandes alturas”. Afir-

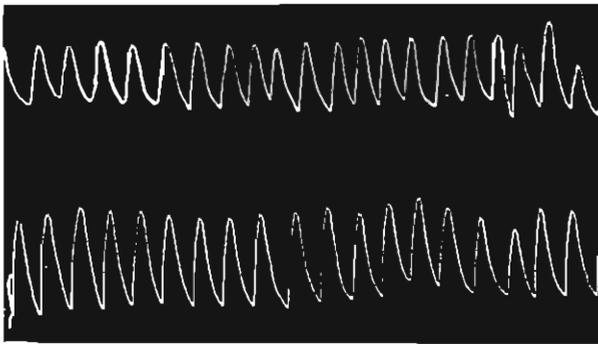


Foto N° 1

ma que “esto prueba que a grandes alturas respiramos menos”. Hace notar que, en algunos sujetos, la inspiración dura más tiempo que la espiración, como sucede en el sueño, y dice que “el tipo de respiración puede resultar, allá arriba, semejante a aquel característico del sueño”.

También describe un tipo de respiración con períodos de actividad unas veces mayor y otras menor, razón por la cual la línea es como ondulada, no siendo todas las espiraciones igualmente profundas. En un trazado, tomado a él mismo, señala unas inspiraciones muy débiles, producidas de rato en rato, a las que sigue una inspiración normal.

Todas estas formas de respiración han sido encontradas en reposo.

Mosso realizó algunos trazados durante el sueño; en ellos comprobó la aparición de una respiración de tipo periódico, con apneas que duraban doce segundos. El doctor Gurgo (6), que acompañó a Mosso en una de sus excursiones a la cabaña Reina Margarita, manifiesta que, durante la noche, casi todos tenían la respiración periódica.

Jourdanet (7) sólo describe las apneas que es frecuente observar durante el estado de reposo, generalmente seguidas de una inspiración profunda. Después del esfuerzo, no señala ninguna anormalidad.

Herrera y Vergara Lope (8) únicamente señalan, en lo que se refiere a la forma de la respiración, pequeñas ondulaciones al final de la espiración, que interpretan como debidas al choque del corazón contra la caja torácica. Y presentan, en apoyo de esta afirmación, trazados simultáneos de pulso y respiración, en que efectivamente coinciden esas ondulaciones con las del pulso que da el esfigmógrafo.

En cuanto a la forma de la respiración después del esfuerzo, Mosso únicamente cita un caso, en el que no se observa ninguna irregularidad hasta el momento en que el sujeto de experiencia sufre un desvanecimiento, haciéndose entonces la respiración muy irregular y teniendo que detenerse la experiencia. Al reanudarse, una vez que el sujeto se ha restablecido, la respiración es nuevamente regular.

En lo que respecta a las formas de respiración encontradas por nosotros en los andinos a 3200 metros, debemos decir que han sido halladas con tanta frecuencia, en comparación con la Costa, que bien podrían considerarse como características de la respiración en la Altura.

Apneas.

Frecuentemente hemos encontrado, en los trazados respiratorios de los andinos, períodos de apnea más o menos prolongados, que llegan algunas veces a tener una duración de dieciocho segundos (Fotografía N° 2. Primera línea) y de catorce segundos (Caso N° 2. Huancayo). Como se vé, estos períodos de apnea prolongados no han sido hallados antes, en la Altura, de una manera tan manifiesta, pues Mosso encuentra apneas máximas de doce segundos de duración solamente du-

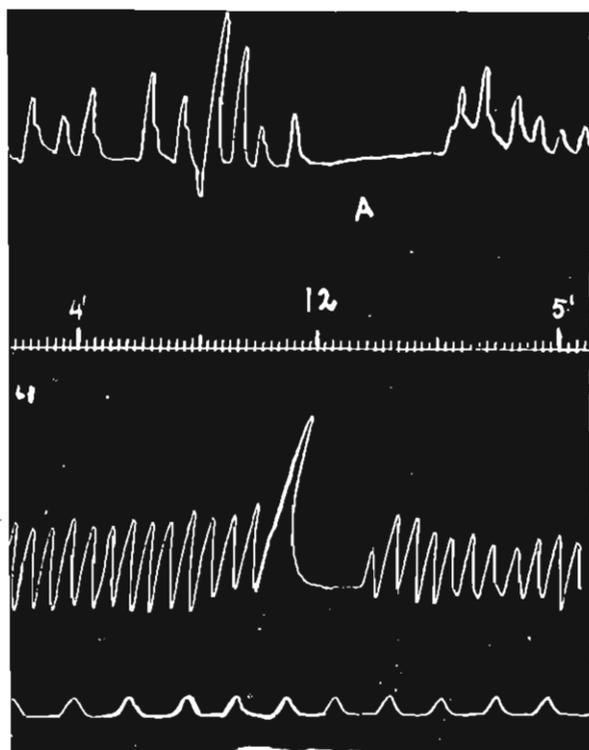


Foto N° 2

rante el sueño. Verdad es que Mosso no realizó sus estudios en individuos aclimatados, sino sólo en los miembros de su expedición. Jourdanet habla de detenciones involuntarias de la respiración, como “olvidos de respirar”, en los momentos de concentración intelectual, sin indicar su duración.

En ciertos casos, se produce una inspiración profunda que va seguida de un período de apnea (Fotografía N° 2. Segunda línea) o de pequeños movimientos respiratorios separados entre sí por apneas, de tal manera que mientras los movimientos respiratorios van decreciendo en amplitud, las apneas aumentan su duración (Fotografía N° 3).

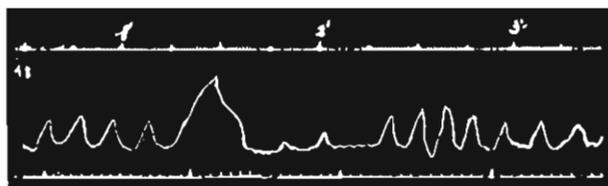


Foto N° 3

Otras veces, los períodos de apnea son pequeños y separan regularmente un movimiento respiratorio de otro, de modo que la inspiración no sigue inmediatamente a la espiración, sino que hay entre ellas una corta fase de apnea (Fotografía N° 2. Tercera línea). Debemos advertir que este trazado fué tomado a mayor velocidad que los dos superiores, de la misma fotografía. El sujeto respiraba con una frecuencia de 16 a 18 respiraciones por minuto.

Es interesante anotar que los períodos de apnea prolongados sólo se encuentran en la Costa en los sujetos examinados en la Escuela Naval de la Punta, que pueden considerarse como atletas, deportistas en forma, por el método de vida

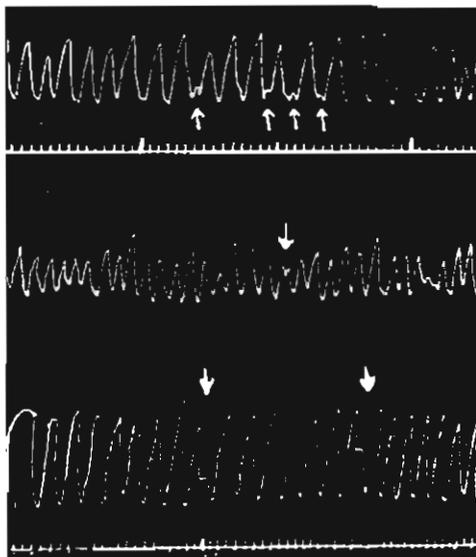


Foto N° 4

y de ejercicios físicos que ejecutan diariamente. En los sujetos examinados en Lima, que son en su mayoría estudiantes, no se ha encontrado un solo caso de apnea prolongada, y solamente uno de ellos presenta ese tipo de respiración con apneas pequeñas. De los 50 casos examinados en Huancayo (3200 m.), aproximadamente la cuarta parte presenta el tipo de respiración con apneas. De igual número de sujetos observados en la costa, a nivel del mar : 17 lo fueron en la Escuela Naval de La Punta y 33 en Lima. Entre los de La Punta, poco más o menos la mitad presenta respiración con apneas; en Lima, solamente en un caso se observaron apneas.

Ondas atípicas (frustradas o abortivas).

En cierto número de casos, encontramos unas ondas muy pequeñas, que se frustran apenas iniciadas (Fotografía N° 4. Primera línea), movimientos respiratorios abortivos, que cuando se producen en el vértice de la onda, dan la figura que aparece en la fotografía N° 4. Segunda línea, y cuando es en el descenso, que corresponde a la espiración, producen un escalón, como se puede apreciar en la misma fotografía N° 4. Tercera línea.

De estas formas, Mosso describe sólo la primera, señalándola como inspiraciones muy débiles que se producen de rato en rato.

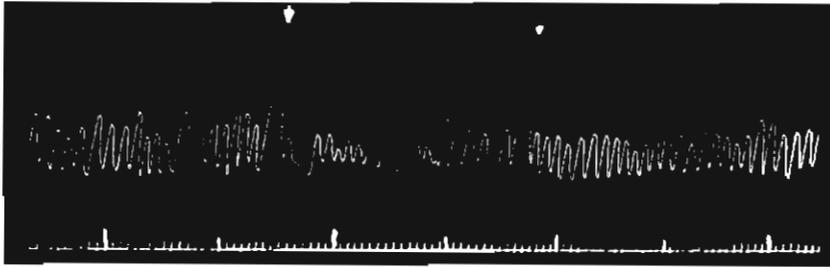


Foto N° 5

Estas ondas atípicas se presentan en la Altura aproximadamente en la cuarta parte de los casos observados, y en la costa sólo en un caso. No hemos considerado los casos en que alguna de estas formas se presentaba esporádicamente.

Inspiraciones forzadas.

Otras veces se trata de inspiraciones profundas en aguja, que se producen de tiempo en tiempo sin modificar mayormente el ritmo respiratorio (Fotografía N° 5).

En otras oportunidades, son inspiraciones profundas que se mantienen por un tiempo más prolongado, produciéndose a intervalos más o menos regulares. (Fotografía N° 6).

En la altura, las inspiraciones forzadas se presentan más o menos en la quinta parte de los casos examinados, pero debemos hacer notar, que de los casos de la costa, en Lima se pre-

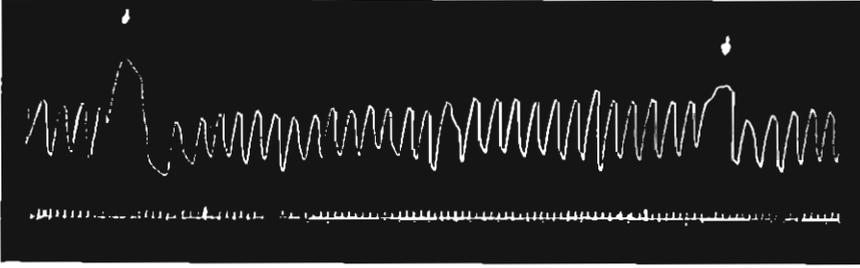


Foto N° 6

sentan en un pequeño número (la décima parte), en cambio en la Escuela Naval de La Punta, hay inspiraciones forzadas en la mitad de los casos.

Respiración periódica.

Se observan varios casos de este tipo de respiración. El más manifiesto, es el que se puede apreciar en la fotografía N° 7. Aquí se agrupan 14 o 15 respiraciones amplias que disminuyen poco a poco hasta formar casi un período de apnea, para después formarse progresivamente otro grupo de respiraciones amplias y así se suceden alternativamente.

Otras veces, los movimientos respiratorios no se inscriben en la misma línea horizontal, sino que un grupo de ellos no

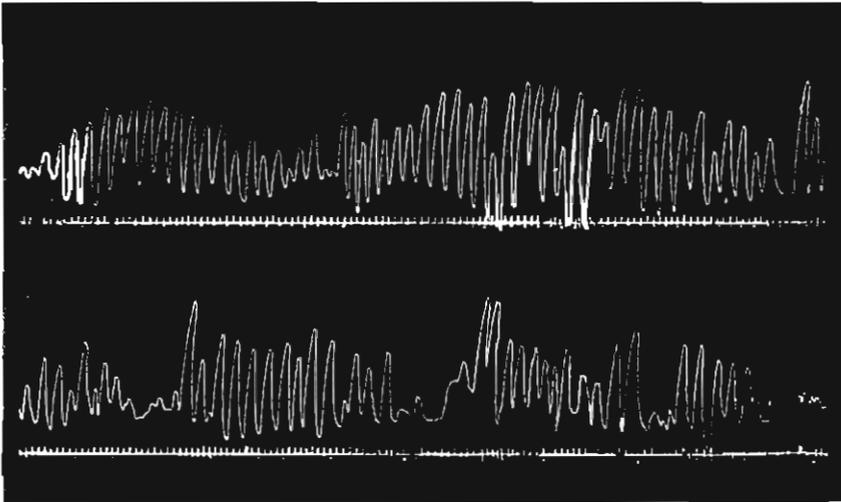


Foto N° 7

llega a recuperarse, dando una figura parecida a las ondas térmicas de la Fiebre de Malta. (Fotografía N° 8).

Aparte de las formas descritas, hay otros casos en que los movimientos respiratorios son completamente irregulares, sobre todo en su amplitud, produciéndose desordenadamente en la forma más caprichosa.

La respiración de tipo periódico la hemos encontrado en la altura en 4 casos. En la costa, en ninguno.

Después del esfuerzo, la respiración no tiene formas propias, pues son las mismas encontradas en el reposo. Casi siempre las formas que se han producido durante el reposo, se repiten después del esfuerzo en el mismo sujeto, tal vez en algunos casos un poco más acentuada, sobre todo en la respiración periódica.

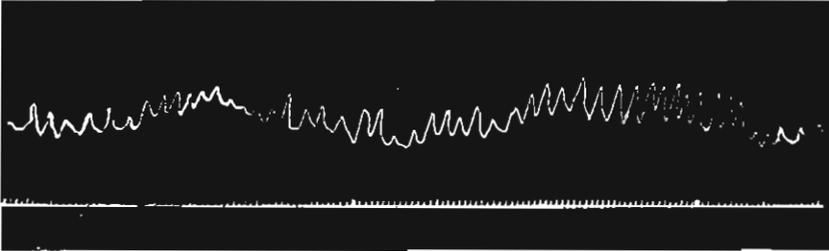


Foto N° 8

FORMA DE LA RESPIRACION EN LA ADAPTACION

Las formas de respiración durante el proceso adaptativo encontradas por Mosso, Jourdanet y Herrera y Vergara Lope, ya han sido descritas al tratar la forma de la respiración en el andino. Mosso, que es el que más se ocupa de esto, realizó sus investigaciones en miembros de su expedición al Monte Rosa, o sea, en sujetos durante el proceso adaptativo.

Nosotros hemos realizado estas observaciones en un grupo de 10 estudiantes de Medicina, que con nosotros realizó el viaje a Morococha (más o menos 14.000 pies sobre el nivel del mar) y Huancayo (más o menos 10.000 pies s. n. m.), en enero-febrero de 1941.

El trazado de la respiración en reposo, se ha tomado solamente durante un minuto y es posible que algunas formas hayan escapado a nuestra observación, debido a la brevedad

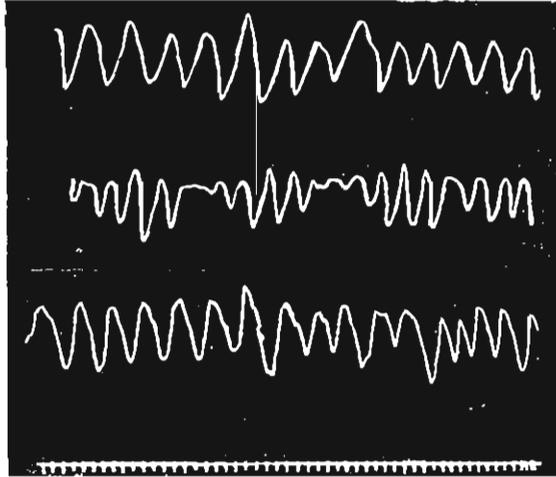


Foto N° 9

del trazado. Después del esfuerzo, se inscribió el trazado durante 10 minutos.

Al examinar los trazados, observamos que en todos ellos la respiración del reposo en Lima es regular, presentando sólo en dos de ellos, sujetos naturales de la sierra y habituados a subir con frecuencia, una tendencia a las apneas.

Al ascender a Morococha, la respiración se hace irregular,

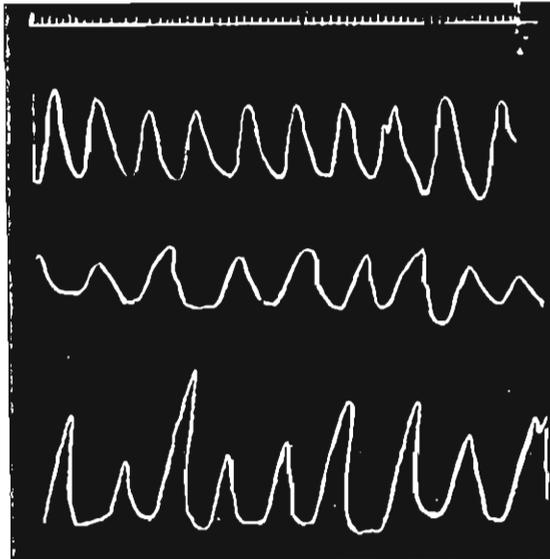


Foto N° 10

apareciendo períodos de apnea repetidos y sobre todo en algunos casos, la amplitud de las ondas, que era regular en Lima, varía totalmente en Morococha produciéndose unas ondas de amplitud dos o tres veces mayor que otras, que aparecen muy pequeñas (Fotografía N° 9). Otras veces, esta irregularidad que va acompañada de apneas y de ondas bifurcadas en su vértice, no se produce hasta Huancayo (Fotografía N° 10); pero el hecho es que la forma de la respiración en reposo, cambia al ascender, presentándose los tipos que hemos encontrado en los aclimatados.

En lo que respecta a la forma post-esfuerzo, la respiración en Lima es bastante regular; en Morococha y Huancayo

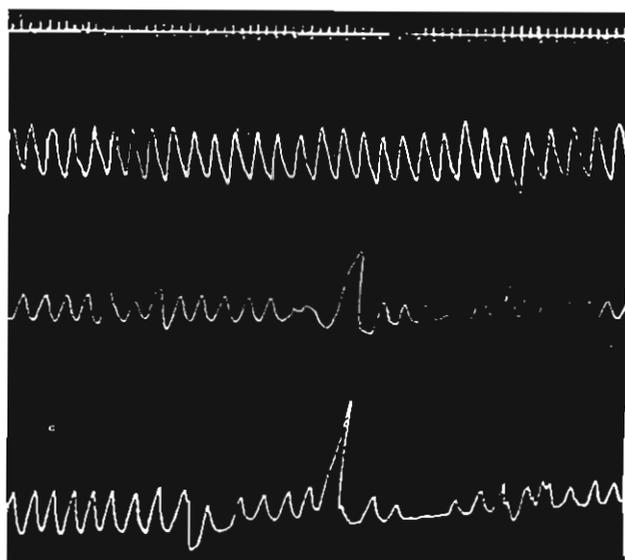


Foto N° 11

aparecen sobre todo apneas e inspiraciones forzadas (Fotografía N° 11)..

En otros casos (Fotografía N° 12), aparecen en Morococha apneas cortas de distinta duración entre uno y otro movimiento respiratorio, alterando el ritmo, y en Huancayo se observan inspiraciones profundas acompañadas de otras muy pequeñas, ondas atípicas y fases apneicas, es decir, casi toda la gama de las formas que hemos visto en los aclimatados.



Foto N° 12

El trazado que era rítmico en Lima, se hace arrítmico en la altura.

Anotemos un hecho interesante : cuando estábamos inscribiendo la respiración del alumno G. Zegarra, después de cuatro minutos de realizado el esfuerzo, notamos que se sentía mal, sufriendo un síncope que lo obligó a seguir la prueba sentado. Este fenómeno fué registrado en su trazado respiratorio; examinándolo encontramos que, segundos antes de él, los movimientos respiratorios disminuyeron bruscamente de amplitud, produciéndose unas ondas muy pequeñas; en se-

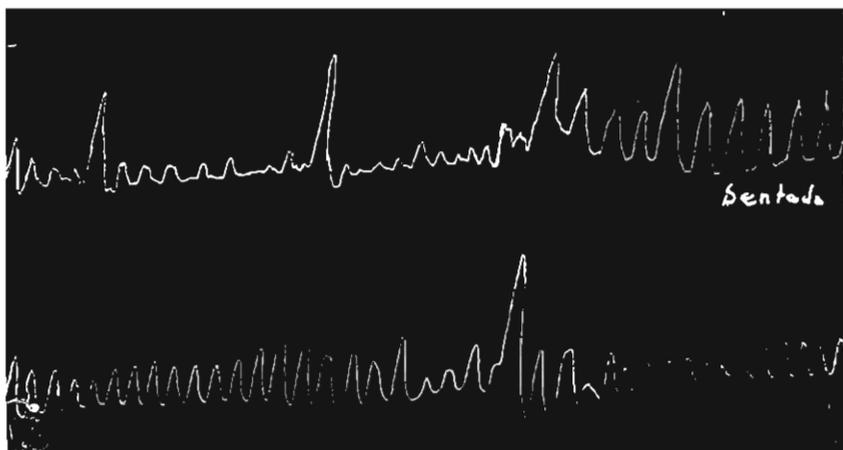


Foto N° 13

guida, al pasar el síncope, aumentó la amplitud, presentándose una serie de inspiraciones forzadas, volviendo después la respiración poco a poco a su amplitud normal, como puede verse en la fotografía N^o 13. Una vez restablecida la normalidad del trazado, se pudo observar durante los cinco minutos en que se siguió inscribiendo la respiración, la aparición aislada de una que otra inspiración profunda.

DISCUSIÓN E INTERPRETACION

El centro respiratorio posee un ritmo intrínseco fundamental determinado por estímulos químicos, que puede ser modificado por acción refleja. El ritmo respiratorio, pues, funciona por un doble mecanismo : químico y reflejo.

Existen zonas reflexógenas indispensables para el mantenimiento del ritmo respiratorio normal. La más importante se encuentra en los pulmones.

Los impulsos nerviosos partidos del pulmón y provocados por la distensión y retracción de éste, dan lugar a los conocidos reflejos descritos por primera vez por Hering y Breuer en 1868. La vía aferente está en el vago; esto fué también descubierto por Hering y Breuer, quienes llamaron la atención, por primera vez, sobre la importancia del vago en el control de la respiración. Estos reflejos fueron perfectamente estudiados por Read (1889), quien ideó un método para inscribir las contracciones de un fascículo muscular de diafragma, en tal forma, que sólo las contracciones activas del músculo fueran registradas, permitiendo la distensión y retracción de los pulmones, sin que se produjeran trastornos pasivos en el trazado. Esto se pudo realizar en el conejo y no en otros animales de laboratorio.

Head encontró que cuando ocluía la tráquea al final de una inspiración normal, el diafragma se relajaba y se producía una fase de apnea, hasta que el incremento de la asfixia vencía a la inhibición nerviosa; entonces se presentaba un esfuerzo inspiratorio más poderoso y de mayor duración. Cuando la tráquea fué ocluida al final de la espiración, se produjo una inspiración igualmente amplia y prolongada, pero que no fué precedida de una fase de apnea. Estos mismos fenómenos han sido producidos con mayor intensidad : el prime-

ro por insuflación artificial del pulmón, y el segundo por succión artificial del aire fuera de la tráquea. Todos estos fenómenos fueron abolidos por congelación de los vagos, lo que dió por resultado que dejaran de conducir los impulsos aferentes esenciales.

Estos resultados muestran claramente, como ya lo establecieron Hering y Breuer, que la distensión de los pulmones inhibe la inspiración y que el colapso de ellos la estimula. Esta es la esencia de la autoregulación de la respiración por medio del vago. (9).

De acuerdo con Gesell, Magee y Bricker, los resultados de la excitación del vago, dependen de la fase de la respiración durante la cual es aplicada. Así, la excitación farádica o la distensión del pulmón durante la inspiración la acelera grandemente o incrementa la frecuencia de las acciones potenciales de los músculos inspiradores. Por otra parte, la misma excitación durante la espiración, produce apnea y aumenta las acciones potenciales de los músculos abdominales espiradores. (10).

Apnea.

La palabra apnea etimológicamente significa ausencia de respiración, pero el término es usado para indicar que la cesación es temporal. Teóricamente el apnea puede ser producida : 1º por reducción de los estímulos que an al centro respiratorio, manteniendo éste su excitabilidad normal; 2º por inhibición activa de la descarga de impulsos por parte del centro, los estímulos permanecen normales o aumentados y el centro igualmente normal; 3º por disminución de la capacidad del centro para reaccionar a los estímulos; 4º por cualquier combinación de estos factores.

Apnea en el hombre.—El apnea debida a reducción de los estímulos que van al centro respiratorio, se presenta cuando se realiza una hiperventilación voluntaria durante unos dos minutos, después de lo cual el sujeto no siente la necesidad de respirar más, hasta que la tensión del gas carbónico en la sangre, vuelva a lo normal. El apnea debida a inhibición activa de las neuromas respiratorias, aparece cuando se suspen-

de voluntariamente la respiración. Estos dos tipos de apnea pueden ser provocados más rápidamente en el hombre normal que en los animales, no sólo porque él coopera voluntariamente, sino también porque las neuromas respiratorias se hallan en un estado de reactividad máxima a los estímulos de toda clase. El apnea que depende de una disminución de la reactividad del centro, se puede encontrar también en el hombre; tal como la producida por la absorción brusca de un medicamento depresor, así como la debida a la falta de oxígeno dentro de las células del centro. Esto último, toma frecuentemente la forma de respiración periódica en el hombre. (9).

Respiración periódica.

Bajo circunstancias normales, la respiración se realiza sin variaciones en el intervalo entre uno y otro movimiento respiratorio, y sin cambios significativos en la profundidad; pero, a veces, la respiración se hace periódica, es decir, hay períodos de apnea entre grupos de esfuerzos respiratorios. La forma más común es la respiración de Cheyne Stokes. Está caracterizada por una pausa en la posición espiratoria, por esfuerzos respiratorios que son al principio débiles, pero que se hacen sucesivamente más poderosos, hasta que se alcanza un tipo disneico de respiración, a esto sigue una gradual disminución, o sea, esfuerzos cada vez más débiles y, finalmente, se presenta otra vez el apnea. Al mismo tiempo, hay cambios en la conciencia, que es obnubilada o ausente durante la fase apneica, recuperándose durante la fase de actividad respiratoria. Generalmente hay también cambios en la presión arterial que coinciden con los de la respiración, pero la dirección de estos cambios no es constante; la presión sanguínea puede subir durante el apnea y caer durante la disnea, pero en la respiración de Cheyne-Stokes encontrada en clínica, la presión generalmente cae durante el apnea y se eleva durante la disnea. La respiración de Cheyne-Stokes, es un signo de enfermedad, no porque sea peligrosa por sí misma, sino porque es expresión de una anoxia severa del sistema nervioso central. Se le encuentra en trastornos cardíacos descompensados, en la uremia y en casos de enfermedad o de injuria que comprometen el cerebro. Puede ser vista en personas norma-

les a grandes altitudes y ha sido descrita en aviadores y alpinistas, cuando ascienden rápidamente y antes de que la conciencia se pierda por completo. (9). Haldane y sus colaboradores lograron producirla en ellos mismos sometándose a la anoxemia. (11).

La respiración de Cheyne-Stokes es probablemente debida a la anoxemia del cerebro en todos los casos. La coincidencia de la vuelta de la conciencia con la actividad respiratoria y de la inconciencia con el apnea, significa posiblemente que todo el cerebro está sometido a los mismos cambios de su capacidad funcional que son tan evidentes en el centro respiratorio. (9).

Interpretación.

Hemos encontrado apneas producidas después de una inspiración forzada. Esto se explicaría por una disminución del estímulo químico del centro respiratorio, ejercido por el gas carbónico. Hemos visto que, normalmente, después de una hiperventilación de uno o dos minutos, se produce una fase de apnea por eliminación exagerada de gas carbónico. El apnea sería un mecanismo compensador que permitiría que, al no ser eliminado el gas carbónico de la sangre, se acumule en ella hasta alcanzar su cifra normal. Ahora bien, en la Altura, sabemos que la tensión del gas carbónico en la sangre es menor y, por lo tanto, hasta una inspiración forzada para que disminuye todavía más el gas carbónico y se produzca la fase de apnea.

En otros casos, después de un tipo de respiración más o menos irregular, se produce una apnea prolongada. La explicación de este se hallaría en la hiperexcitabilidad neurovegetativa a predominio vagal, encontrada por el Prof. Monge y colaboradores en el hombre de los Andes. Según las experiencias de Head sobre los reflejos de Hering-Breuer y la interpretación de la acción del vago sobre la respiración, los impulsos vagales aferentes partidos del pulmón pueden determinar una fase de apnea : si la fase de excitación vagal coincide con la respiración, entonces los impulsos inhibo-inspiradores, determinados por la distensión del pulmón, cortan la inspiración y producen una relajación prolongada de los mús-

culos inspiradores, que se mantiene mientras dura la fase de excitación vagal. También, experimentalmente, por excitación eléctrica del cabo central del vago seccionado, ha sido posible producir fases de apnea.

En cuanto a las ondas que hemos llamado frustradas o abortivas, se producirían por la misma excitación del vago que hemos señalado anteriormente; pero que no sería lo suficientemente intensa para determinar una fase apneica, sino que serían instantáneas descargas de impulsos inhibo-inspiradores que no alcanzarían a cortar completamente el acto inspiratorio, sino que determinarían esas pequeñas ondas, reanudándose inmediatamente el movimiento primitivo.

Si la fase de excitación vagal coincide con la respiración, los impulsos vagales aferentes determinan una inspiración más poderosa, como lo obtuvo Head en sus experiencias, y que corresponderían a las inspiraciones forzadas que nosotros hemos descrito.

En lo que se refiere a la respiración de tipo periódico, que toma una forma semejante a la de Cheyne-Stokes, se produciría en los sujetos en los cuales la anoxia del sistema nervioso central es más severa, dando por resultado que todas las células nerviosas del centro respiratorio sean deprimidas, entonces la respiración va disminuyendo cada vez más; pero las neuronas respiratorias son capaces todavía de responder al aumento en la tensión del gas carbónico que resulta de esta disminución de la respiración. Esto, combinado con reflejos originados en los cuerpos carotídeos por la anoxemia y, tal vez, el estímulo proporcionado por la caída de la presión sanguínea, bastan para "despertar al centro respiratorio perezoso" y la respiración se reanuda. La sangre es inmediatamente oxigenada, determinada por la anoxia desaparece rápidamente y la respiración mejora. Pero, durante la disnea, el gas carbónico disminuye en la sangre, el estímulo químico sobre el centro respiratorio es reducido, la respiración se deprime y la anoxia sobreviene otra vez.

Entrenamiento respiratorio.

Al observar los fenómenos ocurridos durante el síncope que sufrió en Morococha el alumno G. Zegarra, llaman la

atención dos hechos : 1º la disminución notable en la amplitud de los movimientos respiratorios antes y durante el síncope, que indica la desadaptación respiratoria, y 2º la realización, durante la etapa anterior, de 1 o 2 inspiraciones profundas, que revelarían el esfuerzo de adaptación que se realiza para contrarrestar la disminución en la amplitud.

Estas observaciones nos llevan a pensar en el consejo que nos daba el Prof. Monge antes de ir a la Altura, de que, cuando nos sintiésemos un poco mal, realizáramos 3 o 4 inspiraciones profundas para evitar el soroche, lo que ha sido experimentado por nosotros mismos con magníficos resultados. Es decir, que el entrenamiento respiratorio que se realiza al respirar profundamente de una manera voluntaria, es un mecanismo de adaptación. Esto se confirma al observar que la mayoría de los otros miembros de la expedición presentan también inspiraciones profundas; y que, entre los aclimatados, hemos encontrado, con cierta frecuencia, sujetos cuya forma de respiración presenta inspiraciones profundas.

MATERIAL DE ESTUDIO

En total, han sido observados 114 sujetos : 50 en Huancayo (3200 m.); 50 en Lima y La Punta (a nivel del mar); 4 en Morococha (4500 m.) y 10 estudiantes que hicieron el viaje Lima-Morococha-Huancayo.

Los sujetos examinados en Huancayo son todos andinos, en su mayor parte de 18 a 35 años. Más de la mitad no ha bajado a la costa y son casi todos de condición humilde (cargadores, aguadores, etc.).

De los 50 sujetos examinados en la costa, 32 son estudiantes y fueron observados en Lima; los 18 restantes son marineros y se les examinó en la Escuela Naval de La Punta. La edad de todos ellos fluctúa entre 18 y 30 años. En su mayoría son nacidos en la costa y el resto reside ahí desde hace varios años.

Los 4 sujetos examinados en Morococha son también andinos; de profesión, mineros y su edad varía entre 23 y 34 años.

Los 10 estudiantes de Medicina que hicieron el viaje Lima-Morococha-Huancayo, residen todos en Lima. Su edad oscila entre 24 y 28 años.

En general, todos los sujetos observados han sido sanos, como se dedujo del examen clínico y radiológico que llevó a cabo el Dr. Juan Machiavello, del Departamento de Medicina del Hospital "Arzobispo Loayza" Clínica médica de Mujeres (Director : Prof. Carlos Monge M.).

Casi todos los observados en Huancayo y Morococha tenían como hábitos coca y alcohol, en cantidades moderadas.

TECNICA E INSTRUMENTAL

Todas las observaciones se han efectuado en condiciones ordinarias de vida. Los sujetos fueron sometidos a reposo durante un mínimo de quince minutos, al final de los cuales se les tomaba el pulso durante un minuto y luego se inscribía el trazado de la respiración, durante cinco minutos, estando el sujeto de pie. Luego se le invitaba a realizar la prueba de esfuerzo, según el método de Master : subir una escalera de dos peldaños, de nueve pulgadas cada uno, durante un minuto. Inmediatamente después de la prueba de esfuerzo, y estando siempre el sujeto de pie, se contaba el pulso de 30 en 30 segundos y simultáneamente se inscribía un nuevo trazado respiratorio. El pulso se contaba durante cinco minutos y la respiración se inscribía durante diez minutos.

Las observaciones en Huancayo y Lima han sido realizadas exactamente en las mismas condiciones. Para los cálculos, sólo consideramos los casos observados en estas ciudades, en vista del reducido número de casos observados en Morococha, sólo cuatro, insuficientes para llegar a alguna conclusión.

En el grupo de diez estudiantes que viajaron de Lima a Morococha y Huancayo, la respiración en reposo se inscribió sólo durante un minuto. Después del esfuerzo, se tomó el pulso durante cuatro minutos y el trazado respiratorio durante diez minutos.

El pulso no ha sido registrado en los trazados sino contado directamente, siempre por el mismo observador, con la ayuda de un cronómetro de precisión y siempre de 30 en 30 segundos.

Para el trazado de la respiración se ha utilizado un cinturón neumático de 13 cm. de ancho, aplicado directamen-

te sobre la piel, a la altura del epigastrio y de las últimas costillas. Este cinturón estaba en comunicación con un tambor inscriptor de Marey. Los movimientos de la aguja eran registrados por medio de un kimógrafo a cuerda, y el tiempo, en segundos, era también registrado, mediante un cronógrafo tipo Jacquet.

CONCLUSIONES

1º En el Andino hay formas o aspectos propios de respiración, que bien pueden considerarse como característicos de la respiración en la Altura.

2º En la respiración del Andino se observan frecuentemente fases apneicas (en la cuarta parte de los casos), cuya explicación se hallaría en la hiperexcitabilidad neurovegetativa a predominio vagal.

3º También aparecen, en la respiración del Andino, inspiraciones forzadas (en la quinta parte de los casos), cuya explicación sería también vagal, así como ondas atípicas (frustradas, en escalones, etc.) del mismo origen.

4º Se observa igualmente, en algunos casos, en condiciones normales, respiración de tipo periódico en el Andino.

5º La forma de la respiración después del esfuerzo presenta los mismos caracteres que durante el reposo, en lo que se refiere a las fases apneicas, inspiraciones forzadas y ondas atípicas. La respiración periódica se encuentra con más frecuencia, y con caracteres más precisos, después del esfuerzo que antes de él.

6º Al descender (adaptación), cambia el tipo de respiración, presentándose las formas que hemos descrito en los aclimatados.

BIBLIOGRAFIA

(1) Prof. Carlos Monge M., Drs. Enrique Encinas, Miguel Cervelli, Hugo Pesce, Victor Villagarcía y otros colaboradores. Segunda Memoria sobre Circulación. "El Rendimiento Cardiovascular al Esfuerzo en el Hombre de los Andes". — Anales de la Facultad de Ciencias Médicas. Tomo XVII-Nº 1. Lima-Perú. 1935.

(2) Prof. Carlos Monge M. y Dr. Hugo Pesce. "El Sistema Nervioso Vegetativo en el Hombre de los Andes". Tercera Memoria. Anales de la Facultad de Ciencias Médicas. Tomo XVII-Nº 1. Lima-Perú. 1935.

(3) Humberto Aste Salazar. Tesis de bachiller : "Contribución al estudio de la Fisiología del Hombre Andino. Exploración funcional del Sistema nervioso extra-cardíaco del Andino". 1936.

(4) Ricardo Sáenz Jiménez. Tesis de bachiller : "Electrocardiografía en la Altura". — Anales de la Facultad de Ciencias Médicas. Tomo XXII-Nº 2. Lima-Perú. 1939.

(5) Angelo Mosso. "Fisiologia dell Uomo sulle Alpi". Milán 1898.

(6) Francesco Gurgo. (Mosso-Obra cit.).

(7) D. Jourdanet. "Influence de la Pression de l' Air sur la Vie de l'Homme. Climats d' Altitude et climats de Montagne". Paris, 1875.

(8) A. L. Herrera y D. Vergara Lope. "La Vie sur les Hauts Plateaux". Méjico 1899.

(9) Macleod's Physiology in Modern Medicine. Edited by Philip Bard. — Octava edición. 1938.

(10) Gessell, Mages and Bricker. "Central Integration of Motor Activity". Trabajo en prensa cedido por estos autores al Prof. Carl Wiggers y citado por éste en su obra : "Physiology in Health and Disease", 1939.

(11) J. S. Haldane. "Respiration". 1935.