

PRESION INTRACRANEAL Y GRAN ALTURA

CONSIDERACIONES CLINICAS ESPECIALMENTE PSICONEUROLOGICAS
EN EL ALTIPLANO*

ALEJANDRO P. ARELLANO Z.

INTRODUCCIÓN

El líquido céfalo-raquídeo encerrado en las cavidades cerebrales, espacios subaracnoideos y endimarios constituye en buenas cuentas una colchoneta hídrica protectora del sistema nervioso cerebro-espinal, al que bañándolo a través de la piamadre, estableciendo una relación muy íntima con el órgano que jerárquicamente es el más importante de la economía desempeña indiscutiblemente un papel fisiológico igualmente importante y complejo del cual se conoce mucho pero no lo suficiente.

En las Jornadas Neuro-Psiquiátricas Panamericanas llevadas a cabo en Lima, en marzo de 1939 (1), tuvimos la oportunidad de llamar la atención por primera vez sobre la importancia que podría tener la fisiología del líquido céfalo-raquídeo en la altura, del hombre que habita el Altiplano, de modo especial en su aspecto hidrodinámico. Desde entonces hasta la fecha no hemos tenido conocimiento que se hayan hecho estudios de este orden en el individuo de los Andes.

HILL, NICHOLSON, YESINICK y GELLHORN (2) producen aumento de la presión del líquido céfalo-raquídeo en animales administrando mezclas gaseosas de escaso contenido en oxígeno. BERGERET y GIORDAN (3) efectúan experiencias en animales sobre los efectos de la depresión atmosférica en la tensión del líquido céfalo-raquídeo. MICHELSEN y THOMPSON (4) estudian en cámaras especiales en individuos los efectos de la anoxemia en la presión endocraneal. Estos trabajos que desconocíamos en la época de nuestra primera publicación, vienen a confir-

* Nota preliminar.

mar en cierto aspecto y modo nuestras observaciones sobre lo que llamáramos aquella vez "hidráulica del líquido céfalo-raquídeo en la altura" Posteriormente, ARMSTRONG (5), WALSH (6), WALSH y BOOTHBY (7), (estos últimos en 1941) realizaron similares investigaciones.

En esta ocasión tenemos a bien traer un pequeño aporte más, sin pretender con ello llegar a conclusiones definitivas, es un relato de observaciones aún escasas en número efectuadas en la Costa y en la Altura que servirán como un paso más hacia el conocimiento de la fisiología casi desconocida del líquido céfalo-raquídeo en las altiplanicies.

El organismo que vive normalmente sometido a la influencia de la gran altura, de ese medio especial fundamentalmente caracterizado por la pobreza de oxígeno y baja tensión barométrica, a parte de otros factores cosmológicos o hipsológicos que definen el Altiplano, tiene que poseer ciertas condiciones biológicas que le hagan posible su existencia en dicho medio que es diferente del llano. La célula nerviosa debe poseer también ciertas condiciones fisiológicas que le permitan adaptarse a las consecuencias que soportará el organismo en ese medio, pobre en posibilidades de vida, y siendo ella elemento aristocrático del organismo y tan exigente en sus requerimientos de oxígeno. La fisiología de la célula nerviosa, la neurofisiología del hombre del altiplano sin duda tiene sus características, una de ellas a caso constituya el *tempo lento* de sus reacciones.

Los seres vivientes del llano que ascienden las grandes altitudes siguiendo una ley biológica inmutable se adaptan a las exigencias del nuevo medio o parecen, como individuo aislado o como progenitor, análogamente se podría decir de los que descienden, aun que el fenómeno en este caso es menos notorio. El término de adaptación lo conceptuamos no solamente desde el punto de vista de la sobrevida aparentemente normal del sujeto, si no referido a su especie, es decir a su procreación, desde que como dice MONGE (8): "La infertilidad del hombre y de los animales llevados de regiones bajas, que ocurre a veces, significa la eliminación del inadaptado a través de un proceso de selección natural". La tarea de los investigadores a este respecto es considerable: precisar los mecanismos de adaptación, encontrar las causas por las cuales algunos no logran adaptarse, o porque pierden otros esa aptitud de compensación habiéndola poseído, etc., son puntos no bien aclarados. Cual es el papel, o mejor, la participación que le toca al sistema nervioso en estos procesos de adaptación y desaclimatación en la vida normal y patológica de la altura, es aun materia de investigación.

El Mal de Montaña, dice MONGE, es el periodo adaptativo; puede ser: inaparente, agudo, subagudo o crónico. Existen grados intermedios desde la forma aguda o agudizada del Soroche —“gran mal de altura”, que es la expresión grosera de la gran inadaptación— hasta la adaptación completa, pasando por esas formas menos aparentes mono u oligosintomáticas que podría denominarse “pequeño mal de altura”, en la que incluimos aquellas formas que no tienen trascendencia para el individuo sino para la especie, por ejemplo la infertilidad.

Un conjunto de manifestaciones clínicas de este Mal son de orden neurológico o más bien psico-neurológico relacionado o vinculado por lo menos en parte con la presión intracraneal. En efecto, la cefalalgia, de todos los tipos especialmente la gravativa acompañado de sensación de constricción, es uno de los primeros síntomas que abre la escena; los vómitos a veces tipo cerebral y estado nauseoso; la constipación; bradicardia; mareos, sensación de embotamiento y pesadez cerebrales; vértigo y zumbidos; diversos síntomas oculares subjetivos y objetivos tales como: fopsias, escotomas, discromatopsias y nublamientos visuales que se acompañan desde la simple inyección vascular de las conjuntivas y de las papilas hasta el edema papilar bilateral; etc. Por otra parte, agragaríamos, la localización misma de la cianosis, sobre todo en la clásica enfermedad de Monge, atestiguaría también este aserto. Pues mientras en la forma aguda la cianosis es de fondo pálido y depletiva, en la crónica es de fondo eritrémica y pletórica acompañada de repleción vascular cutáneo-mucosa que en los casos más típicos dan la impresión que estos sujetos estuvieran perennemente realizando la maniobra de Valsalva, todo esto unido a cierta hipomimia facial y aspecto un tanto estúpido, caracterizan una facies especial que bien podría singularizarse en el Mal de Monge.

La acentuación sintomática con los actos que se acompañan de bloqueo torácico (tos, estornudos, defecación, etc.), u otra clase de esfuerzos, es carácter general de esta sintomatología.

Por otra parte, los disturbios psíquicos que se presentan en la altura, sobre todo en la forma típica de *enfermedad de Monge* —y en esto nos permitimos llamar la atención—, puede analogarse al *síndrome psíquico general de Lhermitte*. En efecto, la torpeza mental con disminución de la capacidad psíquica acompañado de estupor o somnolencia variables que son las características de este síndrome, están presentes entre los disturbios psíquicos que acompañan el mal de Monge. Recordemos además, que en general la bradipsiquia, el *tempo lento* y retardo de las reacciones e hipobulia, como si hubiera un déficit de energía para

el logro de las acciones, y escasa espontaneidad es lo que caracteriza a estos sujetos.

Pues bien, habíamos relacionado este conjunto sintomático psico-neurológico, desde un comienzo como dependiente, por lo menos en parte, de los disturbios hidrodinámicos de la tensión intracraneal, como uno de los factores patogénicamente importantes. Hacia esta mira hemos pues encaminado nuestras observaciones. Para lo cual hemos practicado raquipunciones y medido las presiones del líquido céfalo-raquídeo realizando lo que denominamos la raquimanometría en sujetos del altiplano y a fin de obtener cifras comparativas las mismas observaciones realizamos en sujetos normales a nivel del mar.

MATERIAL Y MÉTODOS USADOS

Hemos tomado 25 sujetos en Lima elegidos entre los de la consulta externa de nuestro servicio de Neuro-Psiquiatria del Hospital Obrero de Lima, que han acudido por alguna molestia banal de orden psicógeno, habiendo excluido aquellos que por el carácter de su neurosis o emotividad u otro síntoma como la cefalea, podría haber influenciado en los resultados. Hemos igualmente tomado en Morococha * 9 sujetos andinos que voluntariamente se prestaron. La prueba se realizó estando el sujeto en condiciones básicas estrictas y después de obtener su colaboración psicossomática. En posición horizontal decúbito-lateral con el eje cráneo-raquídeo sensiblemente paralelo al plano de la cama; sin anestesia local previa se punzó con aguja de 90×0.9 -mm. a nivel del tercer o cuarto espacio intervertebral de la región lumbar, no habiendo tenido necesidad de efectuar la punción en uno de los espacios inmediato superior o inferior. Se usó manómetro tubular abierto graduado en centímetros, tipo STRAUSS.

Tomamos las diversas presiones siguiendo la técnica siguiente : después de haber alcanzado con la aguja el canal subaracnoideo y puesto en comunicación el líquido céfalo-raquídeo con el manómetro se espera que se estacione la columna líquida en el tubo, o sea después de tres o cuatro minutos, y luego se hace la lectura del nivel que ha alcanzado dicha columna y ésta corresponde a la presión inicial. En seguida se realiza la prueba de QUECKENSTEDT-STOOKEY considerando las siguientes maniobras : 1) Contacto, toque o compresión instantáneo de las yugulares, pa-

* Agradecemos a la C^a Minera Cerro de Pasco C. C. y al Dr. M. D. Bartholomew, por las facilidades que nos prestaron en el hospital americano.

ra lo cual con las manos abiertas colocadas a manera de horquilla en las regiones antero-laterales del cuello se ejerce compresión sobre las venas yugulares durante dos segundos, se controla el ascenso máximo que alcanza la columna líquida y luego el descenso cada cinco segundos hasta que alcance la normal. 2) Compresión yugular, que en este caso es más profunda y prolongada sobre el plano vertebral durante diez segundos, controlando las variaciones de ascenso y descenso de la columna líquida cada cinco segundos. 3) Compresión abdominal, profunda y prolongada que se ejerce con la mano sobre el abdomen de delante a atrás durante diez segundos, controlando la subida y bajada del líquido raquídeo cada cinco segundos. 4) Medida del índice de presión o manométrico, que se obtiene relacionando la presión inicial antes de extracción de líquido y la final que corresponde después de la extracción de cierta cantidad de líquido raquídeo.

También se ha obtenido el índice de Ayala o cociente raquídeo como también se llama. Es el producto de la relación entre la presión final y la inicial multiplicado por la cantidad de licor extraído, cuya fórmula es la siguiente :

$$\frac{Q \times F}{I} = q' \text{ o mejor } \frac{F}{I} \times Q = q'$$

F , es la presión final. I , la presión inicial. Q , la cantidad de líquido extraído. Y , q' , el cociente raquídeo llamado así por M. AYALA.

Antes de efectuar la raquimanometría, hemos tomado el número de pulsaciones, presión arterial por medio del tensiómetro de VAQUÉZ y presión venosa por el método directo de TAYLOR y colaboradores (9) empleando el mismo tubo del raquimanómetro adaptándole una aguja para punción venosa de 0.9 x 50 mm. y ayudado de una solución citratada anticoagulante la que se mezclará con la sangre en mínima porción en una jeringa pequeña que está con este fin adaptada a la llave del manómetro, y en las condiciones que clásicamente se recomiendan para esta prueba.

En todas estas pruebas la misma técnica se ha empleado en la costa y en la altura, Lima y Morococha, respectivamente.

RESULTADOS

Exponemos los resultados de nuestras investigaciones por medio de tablas y gráficas. En la tabla I, se anotan los promedios de los valores

aparentes obtenidos a nivel del mar (Lima) en 25 sujetos cuyas edades fluctúan entre los 18 y 36 años; en la tabla II, se expresan los valores hallados en la altura (Morococha, situada a 4,538 m. y con una presión barométrica de más o menos de 418 mm. de Hg.) en 9 sujetos cuyas edades están comprendidas entre los 19 y 40 años, excepto uno que tiene 53. Se consignan en dichas tablas los promedios de las siguientes pruebas: presiones del líquido céfalo-raquídeo correspondientes a la: inicial, compresión instantánea de las yugulares, compresión yugular profunda durante 10", compresión abdominal durante 10"; índice de Ayala e índice manométrico. Además las medias de: la presión venosa, número de pulsaciones al minuto, y presión arterial.

TABLA I (LIMA)

	Media \pm E. P.	Desv. St. \pm E. P.	C. V. %	Variaciones
Presión inicial	14.3 \pm 0.34	2.56 \pm 0.24	17.8	9.2 — 19.4
Comps. Instan. Yugul.	20.4 \pm 0.43	3.22 \pm 0.30	15.7	14.0 — 26.8
Comps. Yugul. Profund.	33.8 \pm 0.87	6.51 \pm 0.62	19.2	20.7 — 46.8
Compresión abdominal	24.1 \pm 0.46	3.48 \pm 0.33	14.4	16.1 — 32.0
Índice de Ayala (6 cc.)	4.2 \pm 0.10	0.69 \pm 0.08	16.4	2.81 — 5.6
Índice de Ayala (10 cc.)	6.3 \pm 0.18	1.24 \pm 0.13	19.8	3.78 — 8.7
Índice manométrico (7 cc.)	45.6 %			
Índice manométrico (10 cc.)	71.4 %			
Presión venosa	10.6			
Número de pulsaciones	69.6			
Presión arterial (máxima)	11.8			
Presión arterial (mínima)	7.0			

E. P. : Error provable. Desv. St. : Desviación standard. C. V. : Coeficiente de variación.

La gráfica N° 10, representa la curva promedial de presiones raquimanométricas obtenidas por medio de las maniobras de Queckenstedt-Stookey. El resto de las gráficas numeradas ordenadamente corresponden a los casos aislados de la altura, en las que se ha representado además de las curvas de la prueba de Queckenstedt-Stookey una que corresponde a las variaciones de la presión del líquido céfalo-raquídeo con la extracciones sucesivas de cierta cantidad de licor raquídeo.

DISCUSIÓN

Como se ve, el promedio de la presión del líquido céfalo-raquídeo en Lima que está prácticamente a nivel del mar, es de 14.3 centímetros de agua y un error probable de 0.34; en tanto que en Morococha, localidad situada a 4,538 metros sobre el nivel del mar ese promedio es de 16.9 con un error probable de 0.64. Es decir, la presión del líquido céfalo-raquídeo en esa altura se encuentra aumentada en 2.6 centímetros. Comparando nuestra cifra promedial obtenida en la altura con los valores que dan otros autores, por ejemplo RISER (10) estaría dentro de los

TABLA II (MOROCOCHA)

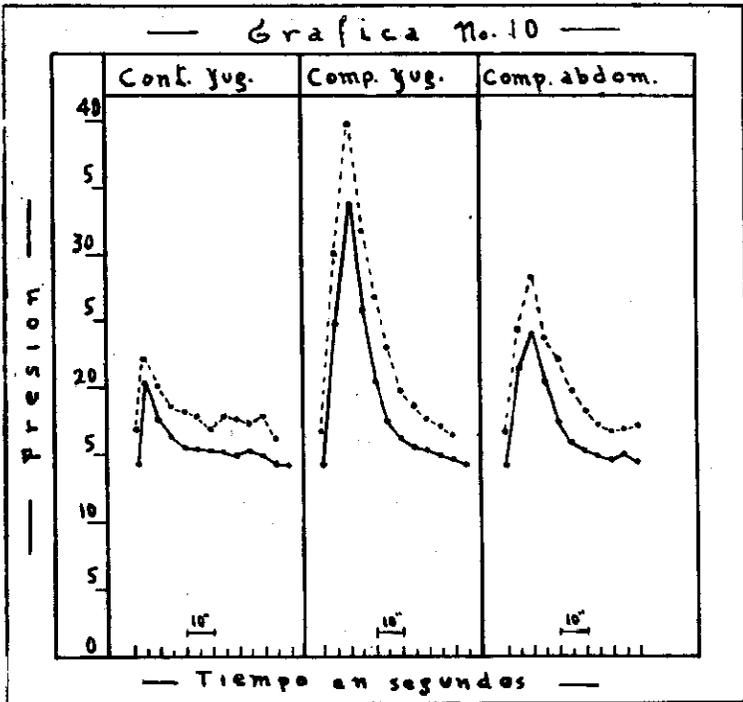
	Media \pm E. P.	Desv. St. \pm E. P.	C. V. %	Variaciones
Presión inicial	16.9 \pm 0.64	2.7 \pm 0.45	15.9	11.5 — 22.3
Comps. Instan. Yugul.	22.3 \pm 0.77	3.24 \pm 0.54	14.5	15.8 — 28.8
Comps. Yugul. Profund.	39.6 \pm 2.9	12.4 \pm 2.09	31.3	14.8 — 74.4
Compresión abdominal	28.4 \pm 1.27	5.3 \pm 0.9	18.8	17.7 — 39.1
Índice de Ayala (5 cc.)	3.9 \pm 0.14	0.62 \pm 0.1	0.2	2.7 — 5.2
Índice de Ayala (10 cc.)	6.8 \pm 0.12	0.53 \pm 0.09	7.9	5.7 — 7.9
Índice manométrico (5 cc.)	24.7 %			
Índice manométrico (10 cc.)	44.4 %			
Presión venosa	11.9			
Número de pulsaciones	66.4			
Presión arterial (máxima)	10.4			
Presión arterial (mínima)	6.6			

E. P. : Error provable. Desv. St. : Desviación standard. C. V. : Coeficiente de variación.

límites de lo normal y con los de LANGE (11), GARDNER (26), etc., estaría aumentada. Sin desdeñar los valores de los autores y ateniéndonos a nuestras cifras diríamos que en la altura donde efectuamos nuestras experiencias se encontró ligera hiperpresión del líquido céfalo-raquídeo. A este propósito, antes de sentar esta conclusión preliminar, me permito hacer breves disquisiciones.

En la medición de la presión del líquido céfalo-raquídeo (L. c-r), una vez introducida la aguja en el canal subaracnoideo con lo que se ha puesto en relación un contenido líquido de una cavidad cerrada con el medio externo, se establece un equilibrio de fuerzas, una diferencia de

presiones. Por un lado, la presión del L. c-r., y por otro, la presión atmosférica. Por consiguiente, la expresión manométrica no sería el valor real o absoluto de la tensión del L. c-r., sino que traduciría simplemente la diferencia de presiones, la sobrepresión ambiental; de la misma manera que el manómetro de una marmita de Papin no acusa la tensión real que ésta encierra, puesto que el manómetro empieza a marcar desde el momento en que la tensión de la marmita sobrepase la atmosférica, pero



Gráfica No. 10. Curvas promediales de la prueba de Queckenstedt-Stookey. La línea ininterrumpida corresponde a los sujetos de la costa, la línea discontinua a los sujetos de la altura. Obsérvese que los valores que corresponden a la altura sobrepasan a los correspondientes de la costa.

hasta alcanzar igualarla existe una presión no perceptible manométricamente. En la altura habría que considerar dos clases de valores, unos reales y otros aparentes, esto es referidos o no a la presión barométrica, sobre todo cuando se trata de experimentos que se relacionan con la mecánica de los flúidos.

Pues bien, la presión real del líquido céfalo-raquídeo en Lima de acuerdo con lo dicho sería :

$$P_m = 14.3 + 1.000 = 1014.3$$

Puesto que Lima está más o menos a nivel del mar, es decir a 760 mm. de Hg. que reducido a centímetros de agua resultaría 1.033 y fracción, pero tomamos 1.000 para facilitar los cálculos y porque en realidad Lima no está exactamente a nivel del mar sino a más o menos 150 m.

En Morococha, localidad "habitada" y no "habitable" (MONGE, 24), situada a 4.538 metros y con una presión barométrica de 418 mm. de Hg., la que calculada en centímetros de agua resulta 550, la presión real del L. c-r. sería entonces :

$$P_e = 16.9 + 550 = 566.9$$

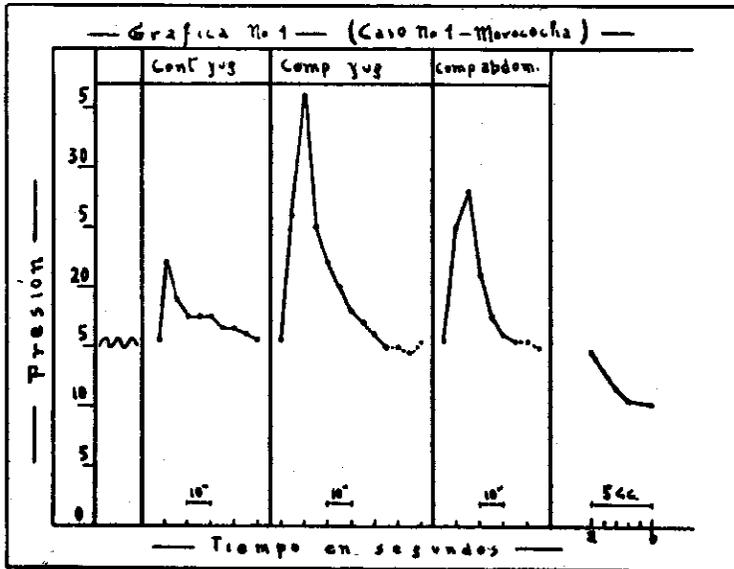
Comparando estos promedios de Lima y Morococha referidos a las presiones barométricas respectivas, se advierte que en la altura hay una hipotensión real notable. El valor de la presión del L. c-r. que teóricamente debería corresponder desde el punto de vista puramente mecánico a los individuos que habitan, o mejor, ascienden al lugar donde efectuamos nuestros estudios y cuya presión barométrica hemos dicho es de 550 centímetros de agua, sería el valor en centímetros de agua que falta para completar la presión barométrica a nivel del mar.

Así sucederían los hechos si la experiencia se efectuara con un aparato cuyos dispositivos fueron exclusivamente físicos y transportado desde el nivel del mar hasta una altura de 4.548 m. o bien sometiéndolo dentro de una máquina neumática y se hiciera el vacío hasta obtener una presión que corresponda a la altura señalada, es decir 550 centímetros de agua. Pero el organismo que no es un aparato mecánico, por mucho que se le quiera comparar, está dotado anatómicamente y fisiológicamente de múltiples posibilidades para compensar inmediata y mediatamente, dentro de ciertos límites, los desequilibrios que le sobrevengan. Es así que la baja de presión atmosférica que le significaría un grave desequilibrio a favor de un aumento de las tensiones internas del organismo debe ser compensada.

Este efecto es notoriamente observable a nivel del tracto digestivo donde como se comprende debido a su gran contenido gaseoso la baja de presión atmosférica produce durante la ascensión un aumento relativo de la presión gaseosa digestiva y esto sería uno de los factores que explica el por qué la expulsión de gases especialmente por el ano se hace más frecuente, el organismo trataría de compensar con esos escapes ga-

seosos ese exceso de tensión. Esto sería una de las causas de la sobre-flatulencia en la altura.

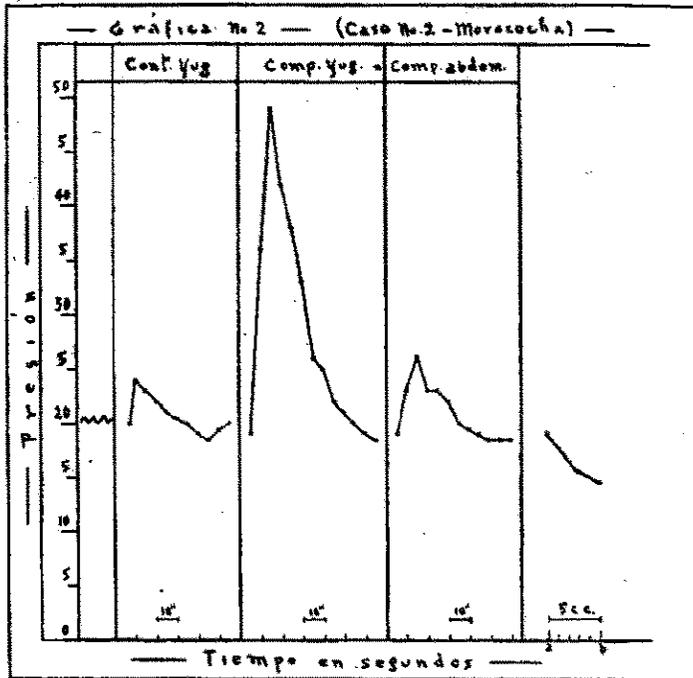
Análogamente, el efecto de la baja de presión atmosférica a nivel del aparato respiratorio explicaría en parte el denominado enfisema relativo de la altura y de consiguiente el aumento indudable de la presión intra-pleural negativa, fenómeno este patogénicamente coadyuvante de la disnea, y que tiene importancia en los accidentes pleuro-pulmonares en la altura, como el neumotorax traumático, etc. Estos hechos como se comprende tienen sumo valor en Medicina de Aviación.



Gráfica No 1. Esta, así como las siguientes, representan las curvas de presión del líquido céfalo-raquídeo en centímetros de agua correspondientes a las maniobras de Queckenstedt-Stookey y a las extracciones de cierta cantidad de líquido. Las abreviaturas usadas son iguales para todas las gráficas y son las siguientes: Cont. Yug.: contacto o compresión instantánea yugular; Comp. yug.: compresión yugular profunda; Comp. abdom.: compresión abdominal profunda; ab.: número de cc. de líquido extraído.

En relación a esto y saliéndonos del tema, diremos dos palabras de importancia práctica, y es la consideración de la influencia de la altura, especialmente de la depresión barométrica, sobre el organismo de enfermos transportados a través de las altiplanicies, sobre todo en aquellos que por razones patológicas revelan una menor resistencia en algún lugar de su organismo más o menos influenciado por la presión atmosférica. Un número de enfermos de Lima provienen del interior y tienen

que residir o atravesar por razones geográficas lugares muy altos. A este propósito citamos un caso de úlcera duodenal que estuvo tratándose en Lima y estando en condiciones de aparente curación al trasladarse a Tarma por la Carretera Central —uno de los caminos más altos que atraviesa los Andes— hizo una complicación de hemorragia y perforación, en este accidente complicatorio sobrevenido en la altura cabe preguntarse, qué papel ha jugado la baja de presión atmosférica? La Medicina de Aviación ha tomado ya este aspecto patológico y citado casos.



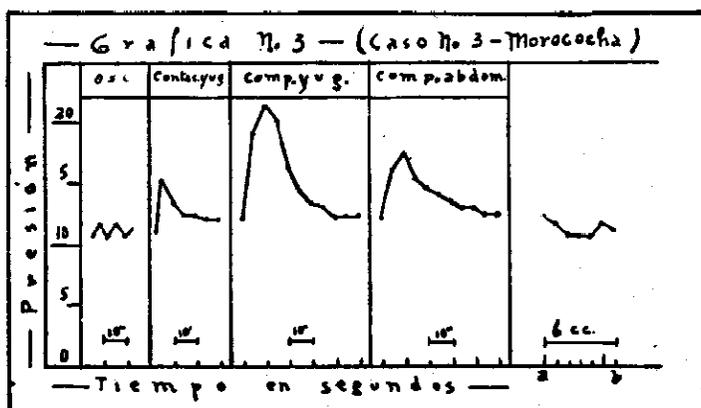
Gráfica No 3

Continuemos con el tema. Los promedios obtenidos correspondientes a la : compresión yugular instantánea, compresión yugular profunda y prolongada durante 10 segundos, y compresión abdominal, están también relativamente aumentados en la altura, siendo los dos últimos de mayor cuantía proporcional y comparativamente. El índice de presión raquídea o manométrico en la altura está bastante disminuído, o mejor diremos que, en comparación porcentual con los de la costa son bajos; así, el índice promedial obtenido para los 10 cc. es de 44.4 % en tanto que en la costa el promedio obtenido es de 71.4 %, siendo el promedio

para los 7 cc. ya un valor que sobrepasa al primero. El índice de Ayala está también aumentado en la altura aunque este fenómeno es menos evidente.

Sin entrar a teorizar y lanzar hipótesis, ni establecer conclusiones sobre estos hechos encontrados, ya que como hemos dicho en un comienzo son escasas las observaciones que disponemos; no obstante nos vamos a permitir hacer comentario o mejor tratar de explicarnos el significado de estos hechos, refiriéndonos exclusivamente a nuestros casos sin por esto pretender hacer generalizaciones.

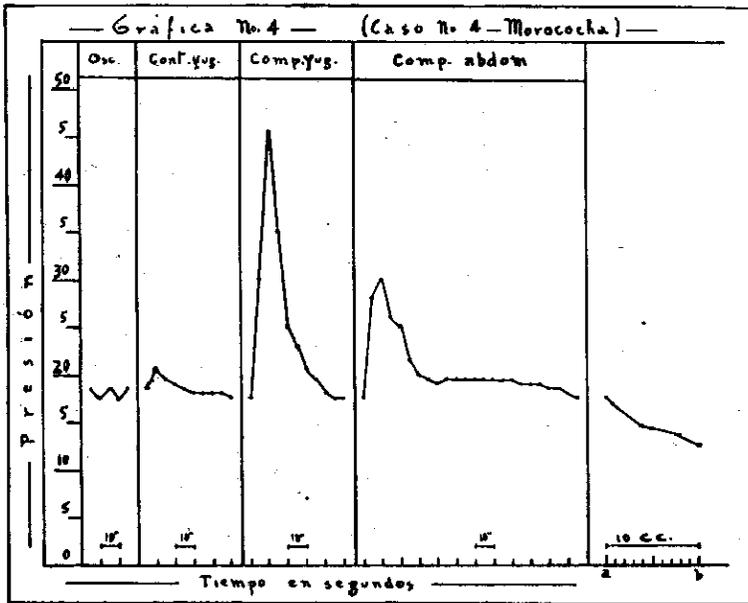
Si nuestros sujetos de la altura tienen una mayor capacidad que los del llano para realizar una hiperpresión intracráneo-arquídea —ya que



Gráfica No. 3. Corresponde al sujeto de 53 años; Nótese que la curva en relación con las extracciones sucesivas de líquido raquídeo es un tanto paradójica e igualmente el índice de Nunez el que arrojó un valor de -0.5 para los 5 cc. No se extrajo mayor cantidad de líquido por prudencia.

las maniobras de Queckensdt-Stookey producen hipertensión venosa del segmento cefálico o espinal por el mecanismo de repleción venosa o éstasis sobrevenido a la compresión— significa que tienen mayor capacidad para aumentar el volumen encéfalo-medular por un aumento de su contenido sanguíneo, así como también para disminuirlo aunque algo más lentamente. Por otra parte, si existe en esos mismos sujetos del altiplano índices de presión raquídea o manométricos bajos comparativamente con los de la costa e índices de Ayala algo elevados, significaría que esos sujetos de la altura tienen una mayor cantidad de líquido céfalo raquídeo o una mayor capacidad en la producción licuórica que los individuos del llano.

Debo agregar que estos índices, incluso el de Nuñez y especialmente el de Ayala, han sido bastante criticados. BALDUZZI (13), CLAUDE (14), POLLOCK y BOSHES (15), y recientemente entre otros, SAVITSKY y KESSLER (16), y GARDNER (26). Nosotros diremos a este respecto, el índice raquídeo igual que otros índices en clínica tienen valor relativo y su importancia no depende de la actitud interpretativa aislada. AYALA por medio de su índice ha querido establecer un criterio diagnóstico diferencial en las diversas enfermedades del eje cerebro-espinal hipertensivas, especialmente meníngeas y tumorales, basándose en que la hipertensión endocraneana puede deberse : a un aumento de la cantidad del líqui-

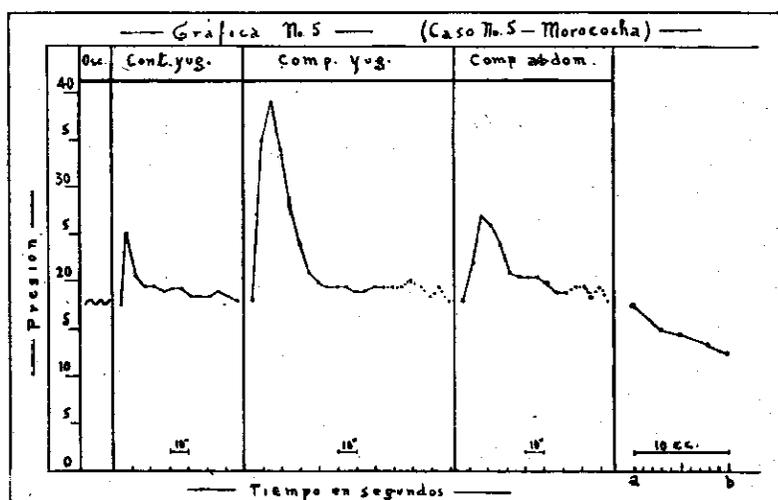


Gráfica No 4

do céfalo-raquídeo como pasa por ejemplo con las meningitis serosas, o a un aumento de masa neoplásica con relativa disminución de L. c-r. En ambos casos la extracción de L. c-r. para alcanzar la presión normal varía opuestamente, en el primero es necesario mayor extracción y menor en el segundo. De allí que haya establecido que la presión final o residual no está solamente en relación con la presión inicial sino con la cantidad de líquido extraído, es decir, un índice volumétrico.

Es indudable que la relación entre el líquido céfalo-raquídeo y los tejidos que le rodean existe un equilibrio de presiones opuestas. La extracción de líquido céfalo-raquídeo produce baja de presión, una dismi-

nución de su volumen total que como se comprende no va ser reintegrada o restituida instantáneamente y que dada su condición física de mínima elasticidad el continente debe ajustarse al molde hídrico disminuido sirviéndose precisamente de su capacidad elástica inmediata y subsiguientemente por medio de la producción de licor céfalo-raquídeo, según la cantidad total de L. c-r. del individuo, la cantidad extraída y la velocidad de extracción. De allí que el índice de Ayala varía normalmente con la edad y con la cantidad de líquido extraído, debiendo sí tener valores determinados por cada centímetro cúbico que se extrae. De manera general los índices de Ayala serían tanto más bajos o más altos, normalmente, cuanto menor o mayor sea el número de centímetros de L. c-r. extraídos.



Gráfica No 5

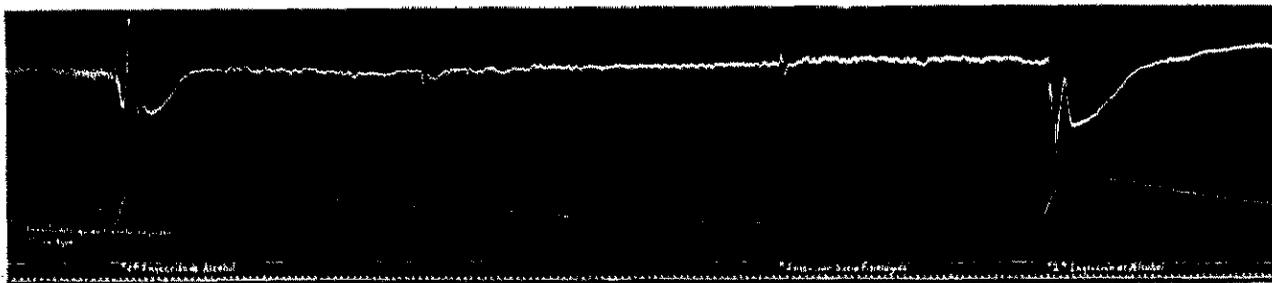
Nuestros promedios normales tanto en Lima como en Morococha varían para los mismos individuos según la cantidad de líquido extraído, como puede verse en las tablas I y II, confirman lo que acabamos de decir.

En la altura serían dos las causas fundamentales que actuarían en la modificación de la presión del líquido céfalo-raquídeo: la anoxemia y la depresión atmosférica. Experimentalmente se ha demostrado la importancia de estos factores. MICHELSEN y THOMPSON (4), en 4 sujetos sometidos a ambiente de baja de tensión de oxígeno atmosférico mostraron manifestaciones clínicas de hipertensión endocraneal, y que no estaría en relación con el grado de saturación de oxígeno en la sangre arterial, desgraciadamente no midieron la presión del líquido céfalo-raquídeo. BERGERET y GIORDAN (3) realizan un estudio experimental en ani-

males sobre la influencia de la presión atmosférica en la tensión del líquido céfalo-raquídeo, estudian sucesivamente : a) la acción de la depresión atmosférica, en una cámara; y, b) la acción del factor "disminución de la tensión parcial del oxígeno en el aire inspirado" haciendo respirar al animal mezclas gaseosas pobres en oxígeno. Demuestran estos autores que la depresión atmosférica produce hipertensión del líquido céfalo-raquídeo regular y progresiva pudiendo ser muy considerable si la depresión es suficientemente acentuada, esta hipertensión obtenida en los perros sería esencialmente pasiva ligada a las condiciones circulatorias y de modo especial a la presión venosa. ARMSTRONG (5), HILL, NICHOLSON, YESINICK y GELLHORN (2), realizan parecidas demostraciones. WALSH y BOOTHBY (7) en 5 sujetos sometidos a presiones artificiales de cámara comparables a la presión atmosférica de las grandes alturas, observan la aparición de burbujas en líquido céfalo-raquídeo (fenómeno este que ya había sido observado por otros autores) del manómetro desde una presión correspondiente entre 10 mil y 12 mil pies de altura, y aumento de la tensión del L. c-r. en 3 centímetros.

Otros tipos de anoxias pueden también producir aumento de la presión intracraneal. FORBES y colaboradores (17) y recientemente MAURER (18) revelaron aumento de esta presión en la intoxicación por el CO. En la asfixia aguda experimental por obliteración de la traquea (10), y otras anoxias, puede elevarse la presión del L. c-r. A este propósito, vamos a mostrar un trazado gráfico de la presión suboccipital efectuado en un perro en el que inyectamos endovenosamente 20 cc. de una solución de agua alcoholizada al 30 %; como se puede ver en el trazado (trazado N° 1) se ha producido una hipertensión endocraneal que demora en recobrar su normalidad, la cual no se produce cuando se inyecta la misma cantidad de suero fisiológico. Además presentamos una gráfica (N° 11) que corresponde a un enfermo de anemia grave de Carrión en el que se practicó una prueba de Queckenstedt-Stookey en las mismas condiciones anteriormente anotadas para nuestros sujetos de experimentación, y demuestra también una hipertensión endocraneal notable. Basta recordar que el alcohol produce una anoxia histo-tóxica, y en la anemia grave de Carrión existe una anoxia hemática; la frecuencia de estos fenómenos, el mecanismo de la hipertensión del líquido céfalo-raquídeo en estos casos, etc., nos merecerán otra publicación.

En el Altiplano existen fundamentalmente un factor anoxémico y otro barométrico, a los que hay que agregar los cósmicos e hipsológicos, que están asociados y cuya participación, grado, importancia y mecanismos fisiológicos en la presión endocraneal necesitan estudiarse mejor. Las



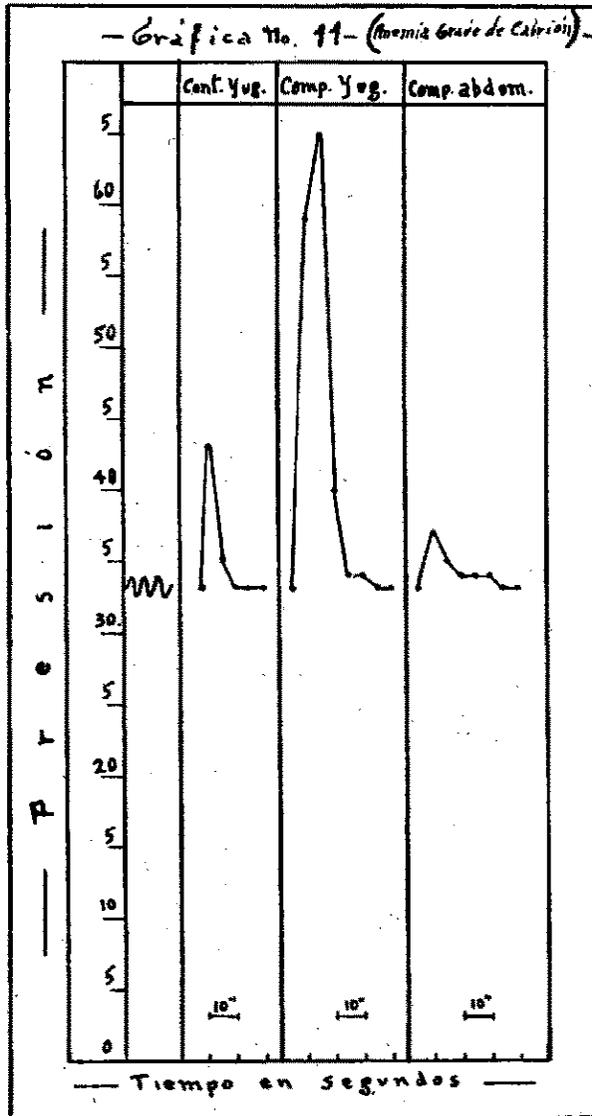
Trazado N° 1. Corresponde a la presión suboccipital del líquido céfalo-raquídeo de un perro en el que se inyectó agua alcoholizada. Obsérvese la hipertensión endocraneal sobrevenida a la inyección endovenosa de dicho fármaco y que demora en recobrar su normalidad, este efecto no se observa al inyectar la misma cantidad de suero fisiológico. (Experimento realizado en el Laboratorio de Farmacología de la Facultad de Medicina).

experiencias realizadas en cámaras de baja presión son a nuestro juicio, un remedo de lo que ocurre en el altiplano y no enteramente comparables, y, por otra parte se refieren únicamente a procesos mas o menos agudos. No es lo mismo que un sujeto del llano se someta por primera vez a la influencia del Altiplano que un nativo de la altura; el primero tiene que acomodar su organismo a las condiciones del medio andino, el segundo nace desde ya acomodado o acomodándose a ese ambiente, la compensación o descompensación en ambos deben sin duda tener sus particularidades.

No sabemos el papel que le toca a la presión intracraneal, al líquido céfalo-raquídeo, frente a estas causas en los mecanismos adaptativos de la altura. Si nos atenemos a nuestros hallazgos y a la manera de ver anteriormente consignada, y que es únicamente un modo de considerar el fenómeno desde el punto de vista mecánico, diríamos que el organismo que se somete a la influencia de la altura no busca aumentar la presión endocraneal sino a rebajarla puesto que de suyo se le plantea una hipertensión, y tiene que rebajarla para mantenerse a tono con los límites fisiológicos que la altitud le impone, siguiendo la ley general del mantenimiento de las constantes biológicas, que en este caso es la presión intracraneal, la diferencial raquimanométrica. No siempre el organismo alcanzará rebajar totalmente ese aumento de la tensión intracraneal ya sea por falta de capacidad de compensación o ya sea por necesidad fisiológica y se tendría de ese modo : la hiperpresión patológica en el primer caso, o la fisiológica en el segundo; y análogo juicio se podría hacer de la hipopresión.

Cabe preguntarse de que mecanismos reguladores se vale el organismo para compensar los disturbios de la presión cráneo-raquídea especialmente los hipertensivos sobrevenidos por la altitud, la respuesta es una interrogante mas. Únicamente recordaré que el organismo posee condiciones : anatómicas, fisiológicas y humorales que favorecen esa clase de compensaciones.

Así, el líquido céfalo-raquídeo interpuesto a manera de colchoneta hídrica entre el continente cráneo-vertebral, articulado y duro pero no uniformemente resistente ya que entre las porciones óseas existe tejido blando, y de otro lado, el contenido encéfalo medular, blando. El grado de elasticidad de estas diferentes partes no es pues igual, siendo mínimo el del L. c-r. dada a su condición física; además varían con el sexo, edad y condiciones anatómicas de cada sujeto. Es indudable que existe un juego de fuerzas elásticas, un equilibrio de presiones opuestas entre el contenido encéfalo-medular y el continente cráneo-raquídeo a través del li-

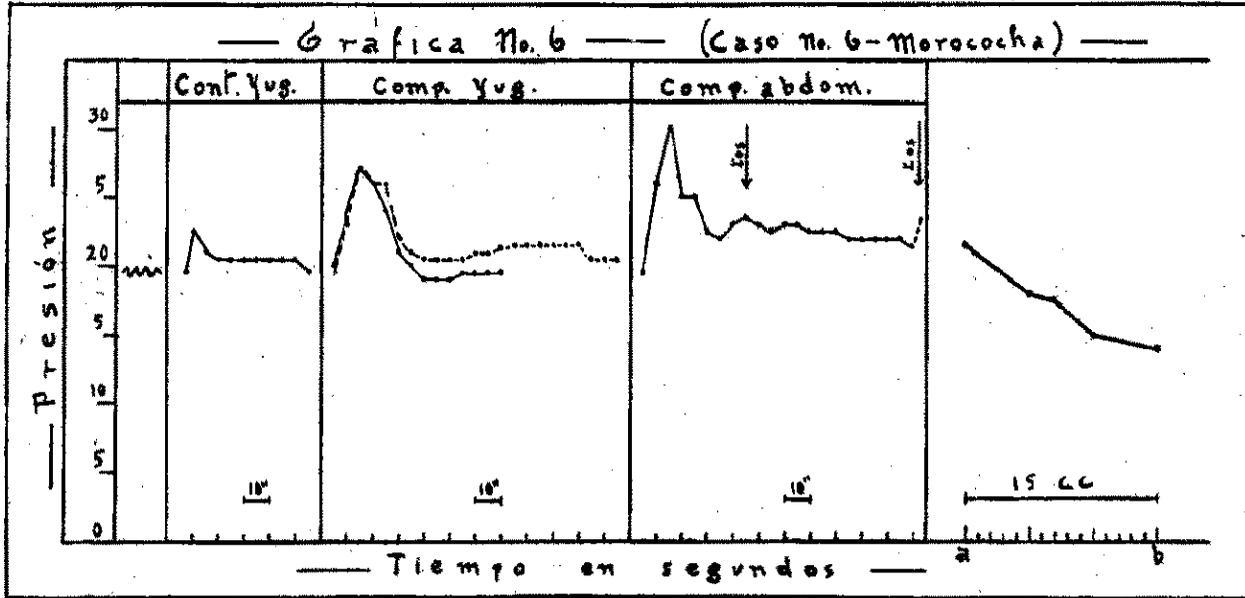


Gráfica Nº 11. Corresponde al sujeto atacado de anemia grave de Carrión. Nótese la marcada hipertensión del líquido céfalo-raquídeo.

quido céfalo-raquídeo, y por lo tanto las variaciones de cada una de ellas repercutirá contrariamente en la otra; de esta relación entre continente y contenido resulta la verdadera presión intracraneal, siendo el líquido céfalo-raquídeo un simple trasmisor de esa resultante ya que como todo líquido es prácticamente inelástil e hidrostáticamente equilibrado. De modo que si la altura actúa por medio de la depresión atmosférica sobre el continente cráneo-raquídeo produciéndole una mayor expansión y por lo tanto determinando un mayor volumen, obliga al contenido encéfalo-medular un mayor volumen también el que precisamente sirviéndose de su capacidad elástica suvendrá de inmediato ese aumento de volumen y subsiguientemente por medio de un aumento del volumen hídrico, es decir de neoformación licuórica. Es probable que el límite y grado o intervención de cada uno de estos fenómenos, incluso en los de la anoxemia pura, esté vinculado con el agrado y velocidad de la depresión atmosférica. Es de suponer que si la expansibilidad del continente cráneo-raquídeo sea mayor y el grado de elasticidad del contenido encéfalo-medular menor cuyo aumento de volumen limitado no alcance a reintegrar el requerido por la expansión del continente, entonces el líquido céfalo-raquídeo se vería entre dos fuerzas que tienden a descomprimirlo o aumentar su volumen y que si no fuera compensado con una mayor producción de líquido la baja de tensión relativa que se produciría favorecería la aparición de gas por el mecanismo físico de la solubilidad de los gases en los líquidos, esta sería una explicación de la aparición de burbujas en el líquido céfalo-raquídeo.

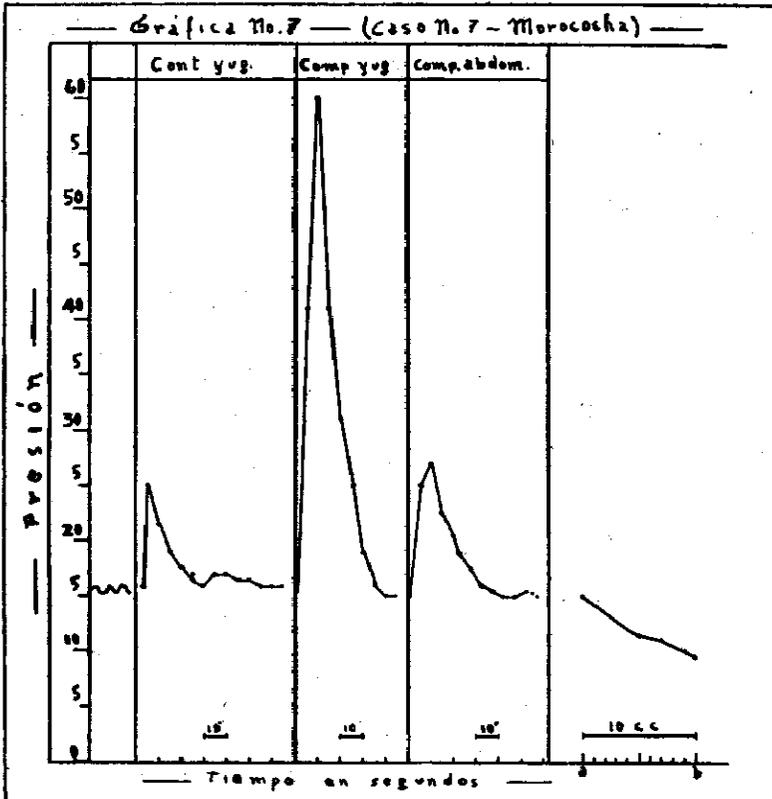
El volumen encéfalo-medular depende principalmente del acúmulo de masa sanguínea sea por acción arterial o venosa. Siendo el factor venoso el más importante. La presión venosa es uno de los factores que influyen de manera indudable sobre la presión del líquido céfalo-raquídeo, de su regulación especialmente encefálica depende fundamentalmente la presión del L. c-r., la que ejerce principalmente en forma pasiva, ya que entre la circulación venosa general y la encefálica no existe como en la circulación arterial ningún aparato regulador tipo seno carotídeo. BERGERET, LÉONARD, y GIORDAN (19), experimentalmente han demostrado que la depresión atmosférica —hasta cierto límite anoxémico— produce aumento de la presión venosa ligada a la hipertensión arterial. Por otra parte, en la altura se ha encontrado valores aparentes aumentados de la presión venosa periférica, CAPDEHOURAT y colaboradores (20), ROTTA (21), y nosotros en el presente trabajo (véase tablas I y II).

Si, como hemos dicho, el sujeto que se somete a la influencia de la altura trata de bajar sus sobre-tensiones relativas sobrevenidas, y sien-



Gráfica No 6. Obsérvese que la curva correspondiente a la compresión abdominal sobre pasa a las demás. La línea interrumpida es la repetición de la prueba.

do la hiperpresión venosa un factor de hipertensión intracraneal, la tensión venosa aumentada en la altura sería en este caso una reacción anti-fisiológica o equivocada del organismo sino excesiva, puesto que sería patogénicamente contribuyente del círculo vicioso de los desórdenes hipertensivos endocraneales, y acaso del círculo vicioso morbigeno de otros desórdenes de la Enfermedad de Altura. La sangría terapéutica o la



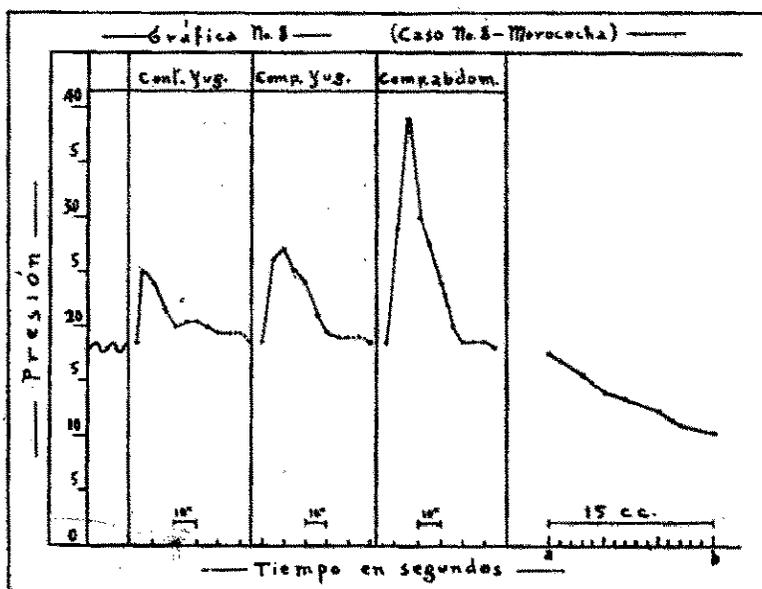
Gráfica No 7. Nótese la curva de compresión yugular extremadamente elevada, siendo la mas alta de todos nuestros sujetos de experimentación.

hemorragia espontánea que mejora a muchos de estos enfermos a caso encuentre parcialmente justificada explicación en lo que acabamos de decir.

Finalmente agregaríamos que el organismo se vale también de los mecanismos osmóticos de regulación de la presión intracraneal y otros menos importantes.

Cual es la importancia fisiológica o fisiopatológica de estos hechos y aspectos en las reacciones adaptativas en la altura y en la vida normal del Altiplano, son problemas que necesitan mas investigaciones para formular las indicaciones terapéuticas apropiadas que deriven de la presión intracraneal.

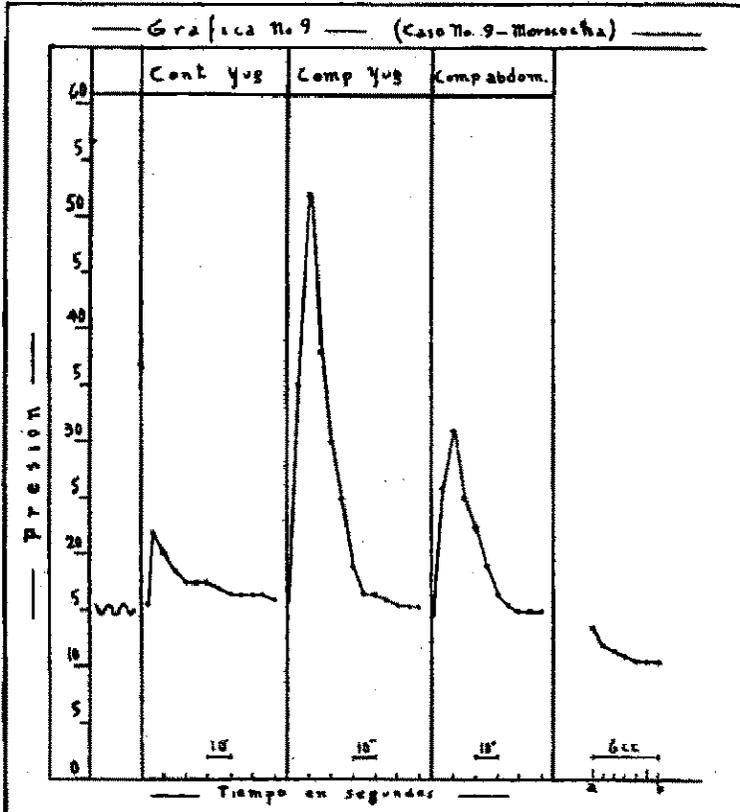
De todos modos existe en la altura un conjunto de manifestaciones que no son atribuibles únicamente a la depresión atmosférica así como tampoco a la anoxemia; la participación de cada una de las causas, el grado y mecanismo de acción, especialmente de la anoxia y presión at-



Gráfica No. 8. La curva de compresión abdominal sobre pasa mas del doble de la correspondiente a la compresión yugular profunda.

mosférica, necesita mayor aclaración. BERGERET, LÉONARD, y GIORDAN (19), de acuerdo con los trabajos de BEYNE y colaboradores (22, 23), establecieron esquemáticamente, durante la depresión progresiva en el perro cloralosado dos zonas de anoxias separadas digamos por un "seuil o dintel" comprendido entre los 7 mil y 8.5 mil metros en que el animal hace una poliglobulia por contracción esplénica: una, debajo de este umbral, zona sub-anoxémica o zona de anoxemia parcial; y, otra sobre ella, zona de anoxemia verdadera. En la primera los disturbios respiratorios son marcados, la reacción de la tensión arterial es hipertensiva e igualmente la de la presión venosa; y, en la segunda, las perturbaciones res-

piratorias son intensas, la reacción de la tensión arterial es en hipotensión y así mismo la de la presión venosa, en hipotensión. Por otra parte, BERGERET y GIORDAN (3) observan que la hipertensión intracraneal consecutiva a la depresión atmosférica en los perros cesa suministrando oxígeno, y por lo tanto aquel sería un fenómeno esencialmente anoxémico. Otros autores (4, 7) al parecer no confirman esta aseveración en el hombre.



Gráfica No. 9. Revela también una curva alta de compresión yugular profunda no igualada por ningún sujeto de la costa.

En clínica existen cuadros patológicos en relación con las variaciones de la presión externa, como se puede ver en algunas enfermedades profesionales así por ejemplo en los buzos, en ciertas manifestaciones patológicas un tanto singulares y no bien precisadas de los aviadores desde el conocido aéreoembolismo y ciertos síntomas psiconeurológicos hasta las congelaciones atípicas e irreductibles no bien precisados, siendo que

estos sujetos están convenientemente equipados para compensar los sufrimientos anóxicos mas no lo suficiente para soportar la baja de presión atmosférica, de allí que los lanzamientos de los paracaidistas por ejemplo se hagan dentro de otras razones, a determinada altura. Los progresos de la Medicina de la Aviación de estos tiempos seguramente guarda secretos respecto a los fenómenos sobrevenidos por la altura pero que el momento bélico actual no permite conocer.

Antes de finalizar diremos que, refiriéndonos únicamente a los sujetos de la altura, durante las pruebas realizadas no hemos tenido ningún accidente digno de tomarse en cuenta; en cambio consecutivamente a la raquipunción se ha observado las reacciones siguientes : Un sujeto (caso N° 1) presentó cefalalgia de mediana intensidad y diplopia clinostática por espacio de seis días, molestias que no le impidieron continuar en sus labores de ayudante de carro. Dos casos (N°. 2 y 3), presentaron ligera reacción meníngea acompañada de cefalalgia, vértigos, estado nauseoso y vómitos, y gran malestar; síntomas que aparecieron o se acentuaron con la posición ortostática o de pie del sujeto y que cesaron o disminuyeron con la posición clinostática, y que los obligaron a permanecer varios días en reposo. Otro, (caso N° 7), acusó únicamente cefalalgia. Tres sujetos (casos N°. 4, 5, y 8) no presentaron ninguna molestia. Y, finalmente, dos sujetos (casos N°. 6 y 9), manifestaron gran sensación de bienestar. Debo declarar que los casos N°. 2 y 6 no guardaron reposo en cama hasta el día siguiente ni siguieron el régimen dietético indicados.

Veamos ahora, algunos casos de Morococha que nos han llamado la atención por ciertas particularidades que no se presentaron en los de la costa. Así los sujetos O. S. y S. G. (casos N°. 6 y 8) mostraron una prueba de QUECKENSTEDT-STOOKEY caracterizadas por una marcada elevación de la curva de presión del líquido céfalo-raquídeo a la compresión abdominal que sobrepasó casi hasta el doble a la de la compresión yugular profunda (véase las gráficas respectivas, 6 y 8); además, los índices de presión raquídea para los 7, 10 y 15 cc. de líquido extraído de dichos casos fueron, calculados porcentualmente, de : 22.8 y 29.6; 40 y 44.2; y, 50 y 71.5 respectivamente; los índices de AYALA para los 7, 10 y 15 cc. fueron de : 5.5 y 5.4; 6.8 y 6.8; y, 9.8 y 8.6 respectivamente. El sujeto O. S. (N° 6) que aveces solia presentar : cefalea, mareos, sensación de atontamiento y cierta cianosis con los esfuerzos, acusó gran bienestar e incluso menos "amoratamiento", y es de advertir que no siguió las indicaciones médicas y caminó largos tramos a pie. El caso N° 7, presentó la curva de presión a la compresión yugular profunda la mas alta que hemos obser-

vado en nuestras experiencias tanto en los sujetos de la costa como en los de la altura, habiendo alcanzado dicha presión 60 centímetros de agua. Este sujeto no presentó ninguna molestia.

SUMARIO Y CONCLUSIONES

Hemos hecho un estudio raquimanométrico de la presión intracraneal a nivel del mar (Lima) en 25 sujetos normales, y en la altura (Morococha, localidad situada a 4.538 metros sobre el nivel del mar y con una presión barométrica de 418 mm. de Hg.) en 9 sujetos. Hemos tomado la presión del líquido céfalo-raquídeo, realizado la prueba de QUECKENSTEDT-STOOKEY, y calculado los índices: de presión y de AYALA; además, hemos determinado la presión venosa, arterial y número de pulsaciones.

De la comparación de los valores aparentes obtenidos y sin pretender hacer generalizaciones, diremos que:

1. El promedio de la presión del líquido céfalo-raquídeo en posición horizontal en nuestros sujetos de la altura está aumentada en 2.6 centímetros de agua.

2. Las curvas de presiones correspondientes a las maniobras de QUECKENSTEDT-STOOKEY están igualmente aumentadas en Morococha, más pronunciadamente las de la compresión yugular profunda y la de la compresión abdominal.

3. En dos sujetos de la altura la curva de presión del líquido céfalo-raquídeo correspondiente a la compresión abdominal fué excesivamente elevada, sobrepasando a la de la compresión yugular profunda, fenómeno este que no se ha presentado en ninguno de nuestros sujetos de la costa.

4. El índice de presión raquídeo o manométrico está muy disminuído en la altura comparativamente con el de la costa; el índice de AYALA, ligeramente aumentado en la altura. Esto haría suponer que nuestros sujetos de la altura tienen una mayor cantidad de líquido céfalo-raquídeo, o una mayor capacidad de producción de dicho líquido, u otra forma de compensación.

5. La presión venosa está aumentada ligeramente, la presión arterial disminuída y el número de pulsaciones es menor en los sujetos de Morococha.

6.—No hemos tenido ningún accidente grave durante o consecutivo a las pruebas.

SUMMARY

We have made a cerebrospinal-fluid-manometric study of the intracranial pressure at sea level (Lima) on 25 normal subjects, and at high altitude (Morococha, at 4,538 metres above sea level and with a barometric pressure of 418 mm. of mercury) on 9 subjects. We have taken the spinal fluid pressure, made the QUECKENSTEDT-STOOKEY test, and calculated manometric and AYALA's indexes. Furthermore, we determined the venous and arterial pressures, and the number of pulsations.

We comment a few neurologic and mental aspects of high altitude and of high altitude disease (specially a few forms of Monge's disease) in relation with intracranial pressure disturbances; and other clinical manifestations that take place—in people inhabiting at high altitude (high plateau or altiplanicies of the Andes of Perú) who are not acclimatized and patients who are being transported in such regions—mainly from an anoxemia and barometric points of view.

From the comparison of the apparent values obtained, and far from pretending to make generalizations, we can say :

1. The average of cerebrospinal-fluid pressure, in horizontal position, in our subjects at a high altitude (using an opened tubular spinal-fluid-manometer) is increased 2.6 cm. of water.
2. The curve of pressures graphics corresponding to the QUECKENSTEDT-STOOKEY handling are equally increased at Morococha, being more accentuated those of the deep compression of the jugular and the abdominal compression.
3. In two high-altitude subjects the spinal fluid pressure curve, corresponding to the abdominal compression, was exceedingly high, being almost twice as much as the deep compression of the jugular, a fact that we have not observed in none of our subjects at sea level.
4. The manometric or spinal pressure index is very decreased at high altitude in comparison with that at the coast or at sea level; the Ayala's index is slightly increased in the altitude. This would tend to make us suppose that our high altitude subjects have a greater amount of spinal fluid, or a greater capacity to produce the same, or another form of compensation.
5. In our subjects at Morococha : the venous pressure is slightly increased; the arterial pressure is somewhat diminished; and the number of pulsations is inferior to those of the coast.
6. We did not have serious accidents during or after the tests.

7. A few subjects presented various symptoms : headache, diplopia, nausea, vomit, weak miningeal reaction, etc., which are intensified or appeared with an orthostatic or standing position, that diminished or disappeared in decubit-dorsal position; and others, paradoxically, were euphoric notwithstanding that they did not follow medical indications.

8. We do expose a few view points about how high altitude affects our organism.

BIBLIOGRAFÍA

1. A. Z. ARELLANO : *Jornadas Neuro-Psiquiátricas Panamericanas*, Lima, v. 2, p. 113, 1939.
2. Cita de MAURER (18).
3. P. BERGERET & P. GIORDAN : *J. Physiol. et Path. Gen.*, v. 36, p. 1050, 1938.
4. J. MICHELSEN & J. W. THOMPSON : *Amer. J. Med. Sci.*, v. 195, p. 573, 1938.
5. Cita de MONGE (12).
6. M. N. WALSH : *Proc. Staff. Meet., May. Clin.*, v. 16, p. 220, 1941.
7. M. N. WALSH & W. N. BOOTHBY : *Proc. Staff. Meet., May. Clin.*, vol. 16, p. 225, 1941.
8. C. MONGE : *Anal. Fac. Med.*, Lima, v. 26, p. 117, 1943.
9. F. A. TAYLOR, A. B. TOHMAS & G. H. SCHLEITER : *Proc. Soc. Exp. Biol. Med.*, v. 27, p. 867, 1930.
10. M. RISER : *Biol. Médical.*, v. 26, p. 573, 1936.
11. O. LANGE : *O Líquido Cefalo-raquidiano em Clínica*, Sao Paulo, Rio de Janeiro, 1938.
12. C. MONGE : *Anal. Fac. Med.*, Lima, v. 25, p. 1, 1942.
13. O. BALDUZZI : *Encéphale*, v. 19, p. 83, 1924.
14. H. CLAUDE, A. LAMACHE & P. SCHIFF : *Comt. ren. Soc. Biol.*, v. 99, p. 300, 1928.
15. L. J. POLLOCK & B. BOSHES : *Arch. Neurol. and Psychiat.*, v. 36, p. 931, 1936.
16. N. SAVITSKY & M. KESSLER : *Arch. Neurol. and Psychiat.*, v. 39, p. 988, 1938.
17. H. FORBES, S. I. COBB & F. FREMONT-SMITH : *Arch. Neurol. and Psychiat.*, v. 11, p. 264, 1924.
18. F. W. MAURER : *Am. Journal Physiol.*, v. 133, p. 180, 1941.
19. P. BERGERET, LÉONARD & GIORDAN : *J. Physiol. Path. Gen.*, v. 35, p. 371, 1937.

20. E. L. CAPDEHOURAT, V. MORERA, A. NANCLARES, L. E. COTINO, A. CÓPOLA & A. MARTÍNEZ : *Estudios sobre la "Biología del Hombre de Altitud"*, Ministerio de Just. e Inst. Pública, Buenos Aires, 1937.
21. A. ROTTA : *Anal. Fac. Med.*, Lima, v. 2, p. 291, 1938.
22. J. BEYNE, J. GAUTRELET & N. HALPERN : *J. Physiol. Path. Gen.*, v. 33, p. 486, 1935.
23. J. BEYNS, L. BINET & STRUMZA : *Compt. rend. Soc. Biol.*, v. 116, p. 988, 1934.
24. C. MONGE : *Anal. Fac. Med.*, Lima, v. 11, p. 1, 1928.
25. C. MONGE : *Anal. Fac. Med.*, Lima, v. 1, p. 1, 1936.
26. W. J. GARDNER : *Medical Physics*, 1944, p. 148.
27. J. H. TALBOTT : *Medical Physics*, 1944, p. 6.