

"Influencia de la posición del cuerpo sobre el pulso y la presión arterial, observaciones hechas a nivel del mar y en la altura"

Dr. MARIANO GARCIA GODOS R.
1945

Trabajo efectuado en el Departamento de Fisiopatología e Instituto Nacional de Biología Andina de la Facultad de Medicina.

I

INTRODUCCION

El presente trabajo, mediante el estudio de la presión arterial y el pulso, en relación a los cambios posturales, persigue una doble finalidad:

En primer lugar, hacer el estudio comparativo de las respuestas de los residentes del nivel del mar y de la altura, para de este modo llegar a un conocimiento más profundo de los mecanismos de adaptación circulatoria de los sujetos que viven en las grandes altitudes.

En segundo lugar, últimos trabajos de autores americanos resaltan el interés del estudio de estas respuestas en la selección de pilotos aviadores, pues los cambios posturales tan frecuentes en esta profesión, pueden tomarse como uno de los índices (entre otros muchos) de su capacidad de adaptación neurocirculatoria más difícil de realizarse cuando el sujeto vuelva a alturas elevadas. Esto tiene especial interés si se trata de pilotos militares, que por razones técnicas, muchas veces tienen que ejecutar cambios bruscos de posición. En estos casos si la respuesta neuro-circulatoria no es adecuada, es decir, si el tono vascular no responde adaptándose apropiadamente al cambio sufrido, la acción de la gravedad actuando sobre la sangre podrá producir condiciones de plétora en las zonas inferiores del cuerpo, y lo que es peor aún anemia cerebral, la que puede ser fatal en ciertos casos. Esto es lo que se co-

noce en medicina de aviación con el nombre de "black out", y es sufrido por los pilotos durante el llamado bombardeo en picada. Al enderezar el avión después de una caída en picada, la fuerza de la gravedad que se ejerce sobre el hombre y el avión es de 6 o 7 veces mayor. Cuando esta fuerza se efectúa en el hombre de la cabeza hacia los pies, la sangre se desplaza hacia las piernas y el abdomen. La sangre es desalojada de las zonas superiores y baja, provocando la isquemia del cerebro, lo que produce la sintomatología característica: pesadez en las piernas, amaurosis y desvanecimiento.

Graybiel y Mc Farland (1) en estudios a este respecto, mediante el empleo del "Tilt table", encuentran que los sujetos (aspirantes a pilotos) que daban malas respuestas a la prueba, eran más propensos a entrar en "black out" aún con pequeñas aceleraciones.

Existen pocos estudios que relacionen la respuesta vasomotora a los cambios bruscos de posición. En nuestra medio no hay ninguno. Es por ello que se ha creído interesante la investigación de este punto en sujetos comprobadamente sanos, no solo al nivel del mar, sino también en sujetos residentes en las grandes alturas, en donde la baja presión barométrica coloca al sujeto en condiciones adversas a sus Fisiologismo.

A medida que el sujeto asciende a las grandes alturas se expone a las consecuencias derivadas de una baja de la presión barométrica. Este descenso provoca el de la tensión del O₂ del aire que penetra al alvéolo pulmonar, lo que causa a su vez, una menor difusión hacia la sangre y consecuentemente una menor oxigenación de la hemoglobina. Esta anoxemia constante, en los habitantes de las grandes alturas provoca procesos compensatorios, unos que caen en el terreno fisiológico, otros que desbordan sus límites (2).

Esta modalidad, en muchos aspectos particular del hombre de la altura, (nacido o simplemente adaptado), mueve la curiosidad científica a estudiarlo en sus diferentes respuestas. El aspecto que ahora se toma no es de los más importantes, pero es innegable que comparar sus respuestas con las del sujeto del llano es de interés, y por otra parte, al hacerlo, contribuimos con un grano de arena, en el estudio de mecánica circulatoria, a la obra de aquellos científicos nacionales que se han empeñado en la tarea de levantar en árido desierto, el edificio cognocitivo del hombre de la altura.

II

METODOS. PLAN DE TRABAJO. SUJETOS ESTUDIADOS.

La prueba aquí estudiada (Tilt table) y otras similares (Tilt board) estudian en conjunto los mecanismos que regulan el ritmo cardiaco, el tono vascular y la presión arterial; los resultados que se obtienen, proporcionan una información relacionada con la integridad y sinergia circulatoria, e indirectamente con la estabilidad emocional de la persona en prueba.

Estas, adoptadas ya en algunas partes, relacionan los cambios posturales a la respuesta neuro-circulatoria, es decir al ritmo cardiaco y a la tensión arterial.

Nosotros hemos empleado el Tilt table (o lo que en español se podría llamar la mesa con declive), descrito por Graybiel y Mc Farland (1) en 1941. Esta se compone de un tablero o mesa de examen, cuya extremidad inferior está provista de un soporte para los pies del sujeto, y la cual se encuentra recubierta por un acolchado suficientemente cómodo. Sólo se usó una pequeña almohadilla para mantener la cabeza al nivel correspondiente al cuerpo.

El tablero descansando sobre una sólida base, puede ser rápidamente inclinado, bajando los pies hasta formar un ángulo de 65° con la horizontal (Fig. 1).

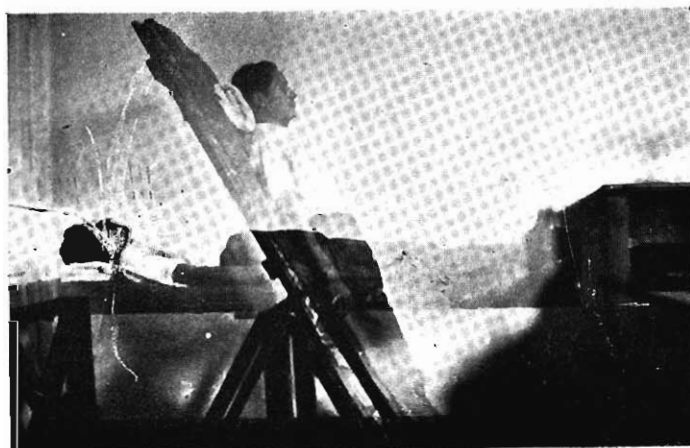


Fig. 1

Hay que hacer notar, que en principio, una inclinación en ángulo de 75° con la horizontal, es equivalente a la vertical respecto a los cambios hidrostáticos y vasculares.

El test o prueba ha consistido en la medición de la presión arterial y el pulso, consecutivamente y a intervalos regulares en posición horizontal y después en declive a un ángulo de 65° , anotando los cambios inmediatos y tardíos que se presentaban en los sujetos.

Cada persona observada fué previamente instruida respecto a la prueba, indicándosele; (a)— que debía relajar su cuerpo tanto como le fuera posible, para conseguir el mínimo de esfuerzo muscular, (reposo físico); (b)— lograr una despreocupación mental general, (reposo psíquico); (c)— liberarse de toda prenda ajustada que pudiese dificultar la libre circulación sanguínea; y (d)— mantener los ojos cerrados.

Controlando que se echase en forma adecuada, para que al producirse la inclinación el sujeto permaneciese inmóvil y cómodo, como lo estaba en la anterior posición; se le mantenía en reposo por espacio de 6 a 9 minutos, momento en el cual se comenzaba a tomar las medidas y a inscribir los cambios respectivos. Se tomaba cada 3 minutos, la presión arterial (sistólica y diastólica), y el pulso, en forma rápida y sucesiva. Como es de suponer, en los intermedios, se descomprimía totalmente el manguito del tensiómetro.

Después de 4 mediciones (15 a 18 minutos de la iniciación) se inclinaba bruscamente mesa y sujeto, en ángulo de 65° , en el cual quedaba fijo. Se anotaba los cambios objetivos y subjetivos producidos por esta maniobra. Se continuaba las mediciones y notas por espacio de 30 minutos, volviendo luego la mesa a la posición horizontal, haciéndose otras 4 mediciones para dar por terminado el test, el cual en su totalidad duraba cerca de una hora por sujeto.

Se prestaba particular atención a la producción de los siguientes síntomas: palidez, mareo, palpitaciones, angustia, somnolencia, bostezos, dificultad respiratoria, polipnea, etc. Concluido el test el sujeto era preguntado respecto a cualquier síntoma que creyera de interés.

La prueba para los sujetos del nivel del mar se efectuó en un 60%, dentro de las 2 y 4 horas después de haber tomado el último alimento; con límites extremos de 30 minutos y 12 horas. Un 87.5% de los sujetos de Morococha fueron estudiados dentro de la 1^{a.} y 4^{a.} hora después de la última ingesta; con límites extremos de 30 minutos y 9 horas.

Las determinaciones se hicieron en un total de 90 sujetos: 50

a nivel del mar: Lima; y 40 en la altura: Morococha a 4,540 mts.

De los 50 sujetos estudiados a nivel del mar 45 ó sea el 90%, eran estudiantes de la Facultad de Ciencias Médicas y 5 ó sea el 10% eran empleados del Hospital Arzobispo Loayza. Según el lugar de procedencia se repartían así: 36 costeños y 14 serranos, estos últimos con un tiempo de estadía en Lima no menor de 2 años.

De los 40 sujetos estudiados en la altura; 29 ó sea el 72.5% eran empleados (obreros) de las diversas secciones de la mina "Alejandría" y 11 ó sea el 27.5% eran obreros no pertenecientes a la mina y que se dedicaban a otros oficios (enfermero, mozo, agricultores, carpinteros, etc.). Procedían todos (100%) de la sierra, de sitios bastante elevados, (Yauli, Jauja, Casapalca, Huánuco, Oroya, Tarma, Huaraz, etc.); en su mayoría lugares próximos a Morochoca; de todos ellos el 15% nació y vivió en Morochoca toda su vida.

La edad media de los sujetos del nivel del mar, fué de 22.6 años, con variaciones entre 16 y 31 años; 68% de ellos se encontraban entre los 21 y 24 años.

La edad media de los sujetos de las alturas fué de 24.9 años, con variaciones entre 15 y 43 años; 82.5% de ellos se encontraban entre los 15 y 29 años.

Todos los sujetos estudiados se encontraban en buen estado de salud y libres de defectos físicos. Después de investigados sus antecedentes, eran examinados clínicamente desde el punto de vista cardíaco y circulatorio.

Las características de los sujetos estudiados, están resumidas en el siguiente cuadro:

CUADRO I
 CARACTERISTICAS DE LOS SUJETOS ESTUDIADOS:

	Media ⁺ — E. S.	Desv. St. ⁺ — E.S.	Coej. var. %	Var. extremas
<i>Nivel del mar:</i>				
Edad (años)	22.6 ⁺ — 0.36	2.54 ⁺ — 0.25	11.2	16 — 31
Estatura (cm)	167.0 0.91	6.42 0.64	3.8	115 — 184
Peso (kilos)	59.6 1.03	7.31 0.73	12.3	44.0 — 87.2
Area sup. (M ²)	1.41 1.84	13.01 1.30	9.3	1.39 — 2.04
<i>Altura:</i>				
Edad (años)	24.9 ⁺ — 0.96	6.06 ⁺ — 0.68	24.3	15 — 43
Estatura (cm)	155.4 1.03	6.50 0.73	4.2	136.0 — 167.5
Peso (kilos)	52.9 0.96	6.10 0.68	11.5	35.5 — 70.5
Area sup. (M ²)	1.51 1.78	11.24 1.26	7.5	1.44 — 1.77

III

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados parciales obtenidos en el presente trabajo, para la presión arterial sistólica y diastólica y el pulso, en ambos lugares, han sido estudiados y ordenados estadísticamente (3), arreglándose en los cuadros siguientes:

CUADRO II

INFLUENCIA DE LA POSICION DEL CUERPO SOBRE LA PRESION SISTOLICA EN 50 SUJETOS ESTUDIADOS EN LIMA (NIVEL DEL MAR)

		PRESION SISTOLICA				
<i>Posición y tiempo:</i>		Media ⁺ — E. S.	Desv. St. ⁺ — E.S.	Coef. var. %	Var. extremas	
Horizontal						
		⁺	⁺			
	9	115.3 — 1.39	9.80 — 0.98	8.5	96 — 140	
	6	113.3 — 1.28	9.63 — 0.90	8.0	93 — 132	
	3	112.1 — 1.30	9.21 — 0.92	8.2	93 — 136	
	1	111.0 — 1.01	7.15 — 0.72	6.4	90 — 128	
A un ángulo de 65°						
		⁺	⁺			
	1	111.6 — 1.56	11.03 — 1.10	9.9	91 — 140	
	3	113.4 — 1.42	10.03 — 1.00	8.8	94 — 135	
	6	113.6 — 1.50	10.59 — 1.06	9.3	93 — 136	
	9	113.1 — 1.49	10.56 — 1.06	9.3	91 — 134	
	12	112.7 — 1.40	9.89 — 0.99	8.8	90 — 135	
	15	112.8 — 1.32	9.31 — 0.93	8.3	90 — 140	
	18	113.0 — 1.34	9.45 — 0.95	8.4	91 — 130	
	21	113.1 — 1.45	10.23 — 1.02	9.0	91 — 133	
	24	112.7 — 1.40	9.39 — 0.99	8.8	94 — 133	
	27	112.8 — 1.35	9.56 — 0.96	8.5	94 — 133	
	30	113.0 — 1.40	9.26 — 0.95	8.2	95 — 136	
Horizontal						
		⁺	⁺			
	1	113.7 — 1.36	9.62 — 0.96	8.5	96 — 134	
	3	114.8 — 1.20	8.49 — 0.85	7.4	97 — 134	
	6	112.3 — 1.11	7.87 — 0.79	7.0	97 — 136	
	9	111.5 — 1.21	8.54 — 0.85	7.7	97 — 130	

CUADRO III

INFLUENCIA DE LA POSICION DEL CUERPO SOBRE LA PRESION
SISTOLICA EN 40 SUJETOS ESTUDIADOS EN MOROCOCHA
(4,540 mts.)

PRESION SISTOLICA (mm. Hg.)

Posición y tiempo:	+ Media — E. S.		+ Dev. St. — E.S.		Coef. var. ‰	Var. extremas
Horizontal						
9	108.1	1.19	7.54	0.84	7.0	89 — 124
6	108.0	1.30	8.23	0.92	7.6	90 — 126
3	107.5	1.25	7.93	0.89	7.4	89 — 124
ī	107.0	1.26	8.00	0.89	7.4	90 — 125
A un ángulo de 65°						
1	109.5	1.68	10.60	1.18	9.7	92 — 133
3	109.5	1.63	10.32	1.15	9.4	94 — 132
6	108.0	1.48	9.36	1.05	8.7	94 — 132
9	107.8	1.50	9.50	1.06	8.8	92 — 130
12	107.6	1.39	8.79	0.98	8.2	94 — 129
15	106.6	1.47	9.30	1.04	8.7	84 — 126
18	105.5	0.96	6.05	0.68	5.7	58 — 124
21	106.9	1.46	9.10	1.03	8.5	86 — 130
24	106.1	1.48	9.22	1.04	8.1	89 — 130
27	105.9	1.43	8.95	1.01	8.5	90 — 127
30	105.7	1.16	7.24	0.82	6.9	88 — 128
Horizontal						
1	104.0	0.92	5.83	0.65	5.6	88 — 121
3	105.9	2.16	13.66	1.53	13.0	90 — 121
6	104.6	1.10	7.00	0.78	6.7	88 — 124
9	103.8	1.38	8.74	0.98	8.4	88 — 120

CUADRO IV

INFLUENCIA DE LA POSICION DEL CUERPO SOBRE LA PRESION
DIASTOLICA EN 50 SUJETOS ESTUDIADOS EN LIMA (NIVEL
DEL MAR)

PRESION DIASTOLICA (mm. Hg.)

<i>Posición y tiempo:</i>	$\begin{matrix} + \\ \text{Media} - E.S. \end{matrix}$	$\begin{matrix} + \\ \text{Desv. St.} - E.S. \end{matrix}$	<i>Coef. var. %</i>	<i>Var. extremas</i>
Reclinado:				
9	$\begin{matrix} + \\ 66.8 - 0.84 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + \\ 5.91 - 0.59 \end{matrix}$	8.9	50 — 90
6	66.9 1.02	7.18 0.72	10.7	50 — 84
3	56.8 0.63	4.43 0.44	6.7	50 — 88
1	66.0 1.00	7.08 0.71	10.7	50 — 80
A un ángulo de 65°				
1	$\begin{matrix} + \\ 78.4 - 0.99 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + \\ 6.97 - 0.70 \end{matrix}$	8.9	63 — 100
3	78.9 0.78	6.93 — 0.69	8.8	67 — 99
6	77.9 1.11	7.86 0.79	10.1	64 — 96
9	77.7 1.06	7.48 0.75	9.6	60 — 98
12	78.6 1.03	7.28 0.73	9.3	62 — 100
15	78.9 1.02	7.21 0.72	9.1	64 — 96
18	78.9 1.02	7.21 0.72	9.1	64 — 96
21	79.9 1.07	7.56 0.76	9.5	60 — 95
24	79.9 1.05	7.43 0.74	9.3	68 — 100
27	80.4 1.11	7.87 0.79	9.8	64 — 100
30	79.8 1.48	9.81 1.00	12.3	67 — 100
Reclinado:				
1	$\begin{matrix} + \\ 70.9 - 1.00 \end{matrix}$	$\begin{matrix} + \\ 7.10 - 0.71 \end{matrix}$	10.0	56 — 90
3	70.0 1.03	7.29 0.73	10.4	54 — 89
6	70.3 0.90	6.33 0.63	9.0	54 — 85
9	69.4 0.83	5.90 0.59	8.5	54 — 80

CUADRO V

INFLUENCIA DE LA POSICION DEL CUERPO SOBRE LA PRESION
 DIASTOLICA EN 40 SUJETOS ESTUDIADOS EN MOROCOCHA
 (ALTURA: 4,540 mts.)

PRESION DIASTOLICA (mm. Hg.)

<i>Posición y tiempo:</i>	<i>Media</i> + <i>E. S.</i>	<i>Desv. St.</i> + <i>E. S.</i>	<i>Coef. var. %</i>	<i>Var. extremas</i>
Reclinado:				
9	68.0 — 1.23	7.78 — 0.87	11.5	52 — 82
6	66.9 1.29	8.18 0.91	12.2	50 — 88
3	66.1 1.52	9.64 1.08	14.6	48 — 88
1	66.0 1.26	8.00 0.89	12.1	50 — 87
A un angulo de 65°				
1	76.9 — 1.32	8.40 — 0.94	10.9	60 — 102
3	76.6 1.43	9.03 1.01	11.8	60 — 104
6	74.2 1.43	9.02 1.01	13.1	57 — 92
9	74.8 1.39	8.80 0.98	11.8	57 — 90
12	74.0 1.48	9.36 1.05	12.6	56 — 93
15	73.4 1.28	8.08 0.90	11.0	58 — 92
18	73.0 1.39	8.81 0.99	12.1	46 — 90
21	73.9 1.29	8.08 0.91	10.9	58 — 90
24	73.8 1.35	8.40 0.95	11.4	56 — 92
27	74.2 1.52	9.52 1.08	12.8	56 — 96
30	67.1 1.33	8.27 0.94	12.3	55 — 92
Reclinado:				
1	64.9 — 1.22	7.69 — 0.86	11.9	50 — 80
3	64.6 1.20	7.60 0.85	11.8	44 — 80
6	64.5 0.99	6.24 0.70	9.7	50 — 80
9	64.9 1.07	6.74 0.75	10.4	51 — 80

CUADRO VI

INFLUENCIA DE LA POSICION DEL CUERPO SOBRE LA FRECUENCIA DEL PULSO EN 50 SUJETOS ESTUDIADOS EN LIMA (NIVEL DEL MAR)

FRECUENCIA DEL PULSO (por minuto)

<i>Posición y tiempo:</i>	<i>Media</i> + <i>— E. S.</i>	<i>Desv. St.</i> + <i>— E.S.</i>	<i>Coej. var. %</i>	<i>Var. extremas</i>
Reclinado:				
9	68.5 + -1.30	9.16 + -0.92	13.4	54 — 96
6	68.4 0.58	4.08 0.41	6.0	54 — 96
3	68.0 0.60	4.26 0.43	6.3	54 — 90
1	66.1 1.22	8.60 0.86	13.0	51 — 96
A un ángulo de 65°				
1	76.2 + -1.72	12.15 + -1.22	16.0	56 — 100
3	81.1 1.64	11.52 1.16	14.3	60 — 106
6	80.5 1.69	11.96 1.20	14.9	63 — 100
9	80.5 1.61	11.39 1.14	14.1	64 — 107
12	82.0 1.66	11.71 1.17	14.3	60 — 106
15	81.9 1.65	11.69 1.17	14.3	60 — 108
18	80.8 1.55	10.93 1.09	13.5	56 — 104
21	82.5 1.62	11.44 1.14	13.9	60 — 108
24	82.0 1.72	12.13 1.21	14.8	60 — 108
27	82.0 1.59	11.23 1.12	13.7	64 — 108
30	82.5 1.82	12.03 1.23	14.6	64 — 105
Reclinado:				
1	68.2 + -1.41	10.00 + -1.00	14.7	52 — 88
3	64.4 1.29	9.10 0.91	14.1	50 — 92
6	63.4 1.24	8.75 0.88	13.3	50 — 90
9	63.8 1.17	8.29 0.83	13.0	52 — 88

CUADRO VII

INFLUENCIA DE LA POSICION DEL CUERPO SOBRE LA FRECUENCIA DEL PULSO EN 40 SUJETOS ESTUDIADOS EN MOROCOCHA (4,540 mts.)

Posición y tiempo:	+ Media — E. S.		+ Desv. St. — E.S.		Coef. var. %	Var. extremas
Reclinado:						
9	75.3	1.91	12.06	1.35	16.0	52 — 100
6	75.0	1.86	11.78	1.32	15.7	52 — 100
3	72.1	1.73	10.94	1.22	15.2	52 — 104
1	71.0	1.90	12.00	1.34	16.9	40 — 104
A un ángulo de 65°						
1	75.5	3.05	19.27	2.15	25.5	56 — 116
3	85.0	1.15	7.26	0.81	8.5	56 — 108
6	83.6	2.32	14.69	1.64	17.6	56 — 116
9	83.6	1.17	7.38	0.82	11.5	48 — 120
12	83.6	2.27	14.33	1.60	17.1	56 — 120
15	83.6	2.21	14.65	1.57	16.8	56 — 116
18	83.8	2.19	13.88	1.55	16.6	56 — 116
21	84.0	1.64	10.23	1.16	12.2	60 — 114
24	84.0	1.92	11.96	1.35	14.2	60 — 114
27	85.0	2.16	13.48	1.53	15.9	60 — 120
30	84.6	2.15	13.45	1.52	15.9	60 — 120
Reclinado:						
1	76.2	1.57	9.93	1.11	13.0	52 — 108
3	70.9	1.89	12.01	1.34	16.9	52 — 104
6	70.6	1.76	11.14	0.12	15.8	52 — 104
9	69.9	2.07	13.13	1.46	18.8	52 — 102

CUADRO VIII
 COMPARACION ENTRE LOS RESULTADOS OBTENIDOS EN LIMA
 Y MOROCOCHA EN LA PRESION DEL PULSO
 PRESION DEL PULSO O PRES. DIFERENCIAL

<i>Posición y tiempo</i>	<i>Nivel del Mar (Media)</i>	<i>Altura (Media)</i>
Horizontal:		
9	48.5	40.1
6	46.4	41.1
3	46.3	41.4
1	41.0	41.0
A un ángulo de 65°		
1	33.2	32.6
3	34.5	33.0
6	35.7	33.8
9	35.4	33.0
12	34.1	33.6
15	33.9	33.2
18	34.1	32.5
21	33.2	33.0
24	32.8	32.3
27	32.4	31.7
30	33.2	38.6
Horizontal:		
1	42.8	39.1
3	44.8	40.4
6	42.0	40.1
9	42.1	38.8

Los diagramas de la Fig. 2 y 3, muestran gráficamente los resultados obtenidos:

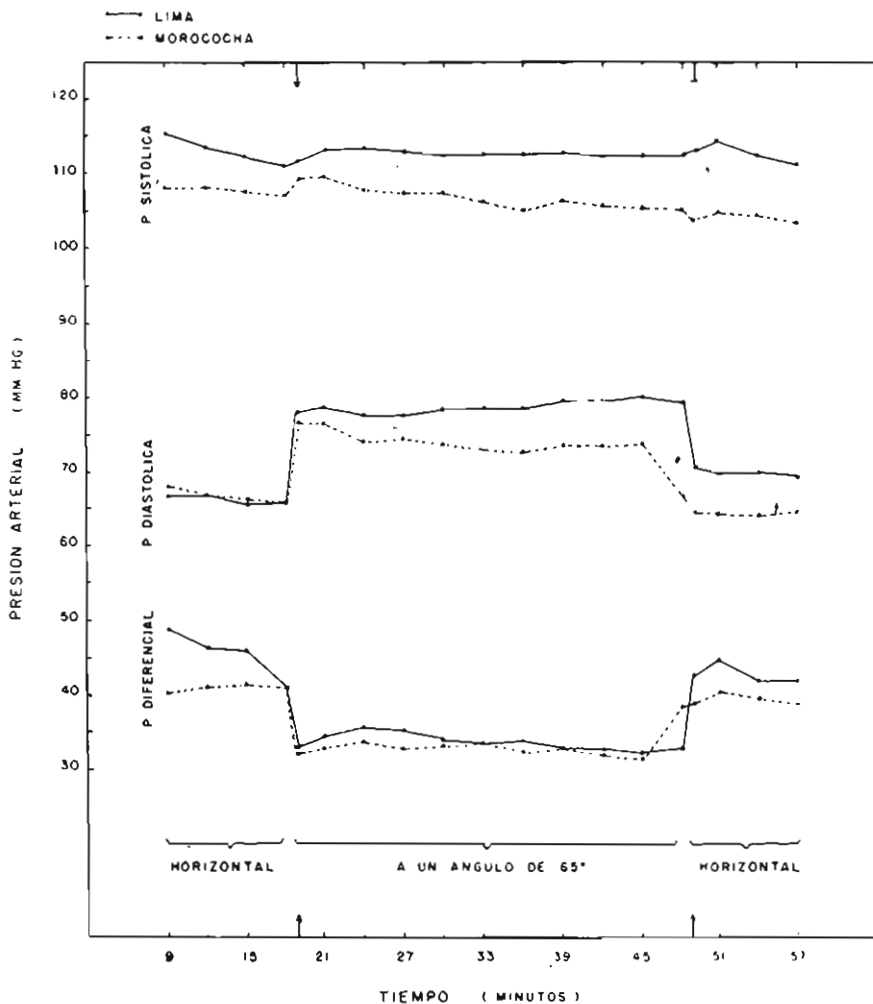


Fig. 2

En el primero, (fig. 2) en el que estudiamos la presión arterial, vemos que las curvas de presión sistólica y diastólica, siguen con ligeras variantes, las mismas inflexiones en ambos lugares. La presión sistólica a nivel del mar, se mantuvo en todo momento por encima de

la sistólica correspondiente a la altura. Lo mismo se puede decir de la presión diastólica.

La presión del pulso o diferencial, guardó conducta semejante.

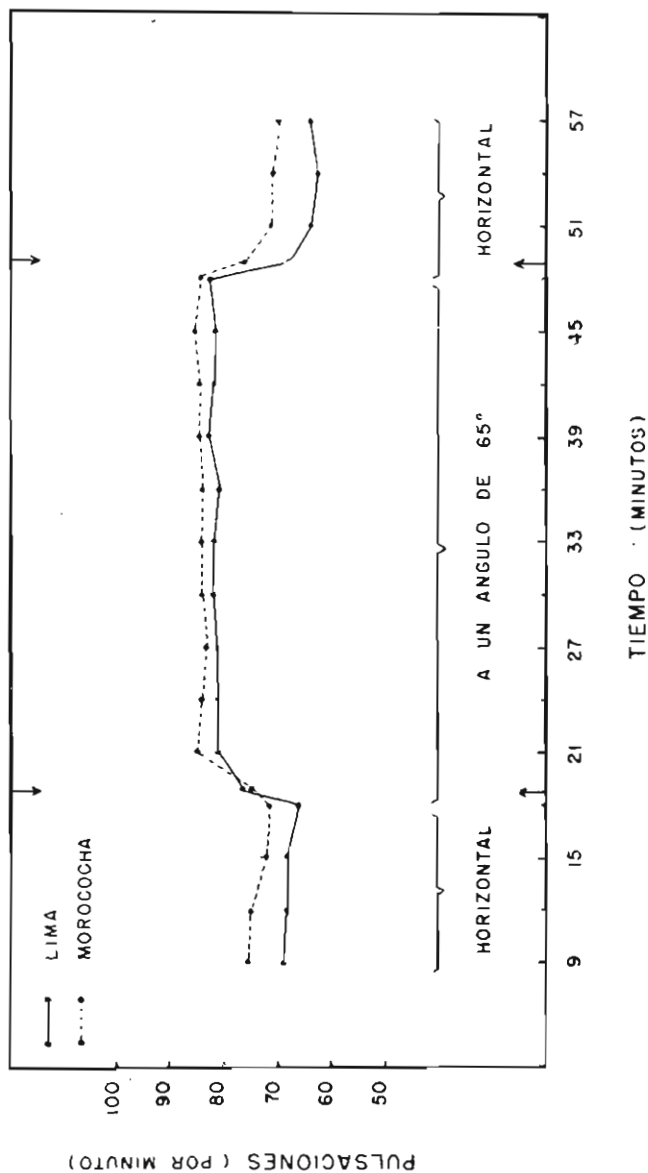


Fig. 3

En el diagrama segundo (Fig. 3), mostramos la frecuencia del pulso, observándose idénticas variaciones a las anteriormente expues-

tas para la presión; encontrándose las cifras de Morococha por encima de las encontradas en Lima.

Estudiando comparativamente los resultados obtenidos en la prueba del "Tilt-table", se puede decir:

A)—A nivel del mar, la inclinación produce en los primeros momentos un aumento de la presión sistólica que no sobrepasa los límites de la normal con la que el sujeto inició la prueba, pero que se encuentra por encima de la obtenida en el último minuto del período de reposo (horizontal), o sea cuando la presión y el pulso del sujeto se habían estabilizado. Al quitar la inclinación la presión sistólica del sujeto sufre otra pequeña elevación, pero vuelve a bajar lentamente.

En la altura, con el declive, la presión sistólica también sube, pero lo hace algo más bruscamente que a nivel del mar; se mantiene oscilando, y al suprimir el declive baja bruscamente unos pocos milímetros, para volver nuevamente a estabilizarse.

B)—La presión diastólica, si bien permaneció casi igual en ambos lugares durante el primer período, al producirse la inclinación, descendió en los sujetos de Morococha y mantuvo esta tendencia; en cambio en los del nivel del mar la tendencia fué contraria y ascendió. Al volver a la posición inicial ambas se mantuvieron en cifras paralelas.

C)—La presión del pulso, si bien fué más alta en su inicio en los sujetos de Lima, durante el declive la diferencia fué escasa, volviendo a repetirse la similitud, cuando la mesa recobró su posición inicial.

D)—Las variaciones observadas en la frecuencia del pulso en la altura no acusaron diferencia significativa con las del nivel del mar.

De los 50 sujetos estudiados en Lima, 2 entraron en colapso en los últimos minutos de la inclinación.

De los 40 sujetos estudiados en Morococha, sólo uno entró en colapso, algo después de la mitad del tiempo de inclinación.

El colapso en los sujetos del nivel del mar, fué discreto y se produjo sin cambios tensionales pronunciados; en tanto que, el producido en la altura, fué considerablemente intenso, manifestándose con una falla tensional pronunciada, más acentuada en la presión sistólica que en la diastólica; la frecuencia del pulso disminuyó considerablemente, se hizo irregular y su tensión y amplitud bajaron haciéndose casi imperceptible a nivel de la arteria radial. La palidez del sujeto se hizo muy marcada; la respiración se tornó irregular y con la tendencia al desvanecimiento el sujeto fué presa de angustia.

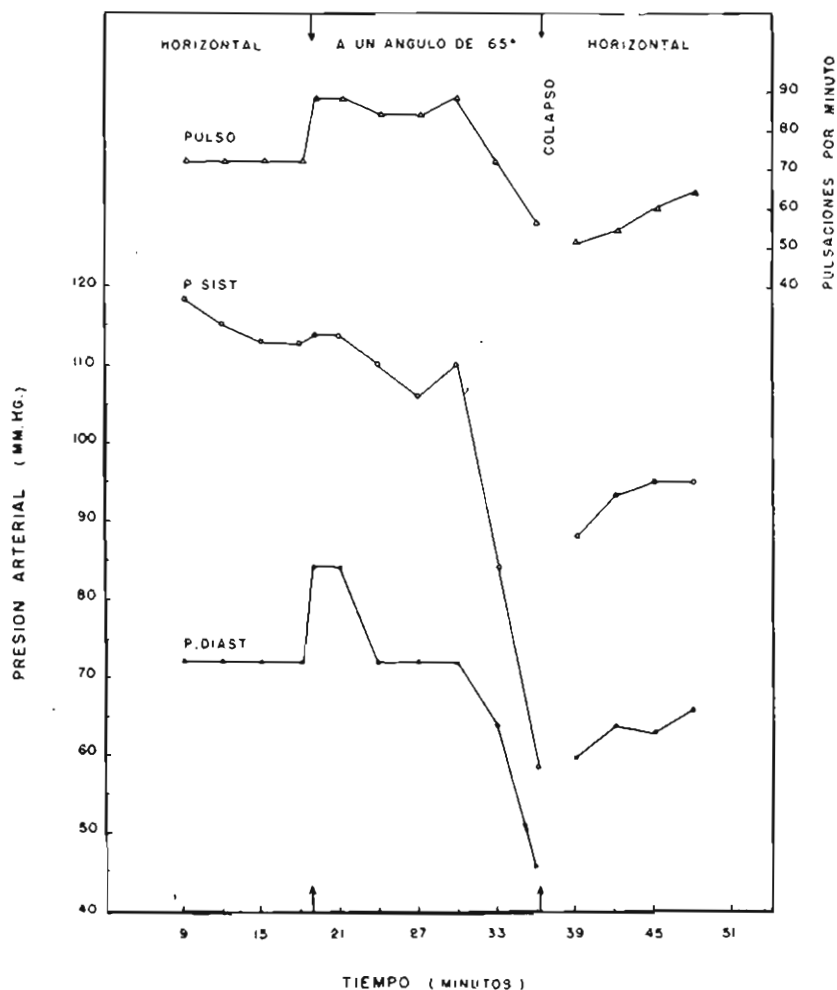


Fig. 4

La figura 4 muestra gráficamente las alteraciones que hemos mencionado en las líneas anteriores:

El retorno inmediato a la posición horizontal, tan pronto como se percataren los primeros síntomas del colapso, contribuyó a la recuperación de los sujetos que lo presentaron.

La sintomatología que se observó o que manifestaron los sujetos, al

producirse la inclinación al ángulo de 65°, se ha podido resumir en el cuadro siguiente:

CUADRO IX

<i>Signos y síntomas</i>	<i>Lima</i>	<i>Morococha</i>
Mareo	16.0%	42.5%
Sens. de caída	10.0	2.5
Palidez	28.0	7.5
Palpitaciones	32.0	10.0
Opresión torácica	3.0	12.5
Laxitud del cuerpo	16.0	12.5
Respiraciones profundas	28.0	7.5
Sopor y sueño	4.0	12.5
Bostezos	2.0	5.0
Cansancio	30.0	5.0

En los cuadros anteriormente expuestos, que se refieren a Morococha (4,50 m.,) vemos las cifras medias básicas obtenidas, es decir, las anotadas antes de producirse la inclinación.

Estas cifras básicas (no basales), deben ser comparadas con las obtenidas en previos trabajos realizados en la altura, por diferentes autores.

Cervelli (4), en su tesis de Bachiller de 1931 (primera tesis que se ocupó de problemas de altura), anota que en condiciones ordinarias de vida, entre los 3.700 y 3.200 metros de altura, se encuentra una frecuencia de pulsaciones que oscila entre 60 y 88 como límites extremos; y concluye después de otras consideraciones y apoyándose en estudios de Hurtado, que residentes y nativos en "condiciones basales", tienen una frecuencia inferior a la de los sujetos de la costa en las mismas condiciones; y refiriéndose a sus propias observaciones concluye que en "condiciones ordinarias" de vida, dicha frecuencia es semejante a la de los costeños. Las cifras que se han anotado en el presente trabajo correspondientes al período anterior y a la inclinación, caen dentro de los límites señalados por Cervelli. Con respecto a la presión sistólica y diastólica el mismo autor hacer notar que observaciones hechas por Monge (5), en nativos aclimatados de la altura, acusan cifras tensionales que varían entre 80/60 y 115/90; las que concuerdan con las encontradas por él y que en comparación con las encontradas por nosotros en este trabajo, se ve que caen dentro de dichos extremos.

Concluye Cervelli que el sistema cardio-vascular adquiere en la altura una energía ilimitada.

Rotta (6) en su tesis doctoral de 1938 hace uno de los estudios más completos de la hemodinamia en los sujetos de las grandes alturas y demuestra con cifras una serie de hechos: —El mayor trabajo del corazón en la altura; — la disminución de la velocidad circulatoria, por aumento de la viscosidad sanguínea y la congestión periférica; — aumento de la tensión venosa; — aumento del volumen circulante (en perros), demostrado por Huertado (7) en hombres; — aumento de los diámetros cardíacos (longitudinal y transverso). Conjuntamente a estos hechos, el autor cita que sus cifras medias respecto a la tensión arterial y pulso en 16 sujetos de Morococha, son las siguientes: la media de la presión arterial 120.5/73.0; y la media de la frecuencia del pulso 64 al minuto; valores algo más altos a los encontrados por nosotros, no sólo en las condiciones de reposo (echado), sino en cualquiera de las posiciones, en el mismo lugar (Morococha) y que semejan a las encontradas en el llano.

Torres (8), en su tesis de Bachiller de 1937, hace el estudio de las presiones y el pulso del hombre del nivel del mar y del que habita a diferentes alturas. En 100 nativos estudiados en Colquijirca (4,300 mts.), encontró las cifras medias siguientes:

Pres. sistólica

Columna de mercurio	11.05
Pachón	10.58

Pres. diastólica

Columna de mercurio	7.35
Pachón	7.17

Pulsaciones al minuto: 64.75

En lugares más bajos encontró cifras menores.

Torres incluye en su tesis, el siguiente párrafo: “Hemos encontrado en las grandes alturas (4,300 mts. lugares habitados), un grupo considerable de sujetos que se mantuvieron en taquicardia estable, ajena a toda reacción emotiva.

Este fenómeno no lo hemos encontrado en alturas más bajas (Huancaayo) (3,200 mts. lugares habitados)”.

Esto es lo que Monge (5), en 1934, refiriéndose al esfuerzo llamó las "taquicardias estables".

Estos hallazgos parecen indicar que las cifras de presión sistólica correspondientes a los residentes de los 4,300 mts., se acercan más a las halladas en la llanura que aquellas encontradas en las altitudes más bajas.

Señala también Torres, que la presión mínima o diastólica, no presentó diferencias apreciables en relación a las del nivel del mar.

Comparando nuestros resultados con los obtenidos por Graybiel y Mc Farland (1), hallamos que las cifras que citan dichos autores para la presión arterial y el pulso son similares a las nuestras, y que las variaciones que los cambios posturales ocasionan, son también semejantes.

I V

DISCUSION

Si estudiamos la circulación desde un punto de vista hidro-dinámico, recordaremos que la sangre, por diferencias de presión se mueve de los vasos hacia los capilares llevando los elementos nutricios a los tejidos; y que todo el sistema circulatorio está adaptado para que la presión descienda de manera sucesiva entre la máxima y la mínima. No hay que olvidar que todo ello requiere el concurso no de uno sino de un conjunto de factores que mantienen las condiciones fisiológicas de la función. Estos factores que son en número de 5:

- 1) el impulso cardíaco
- 2) la resistencia periférica
- 3) el volumen sanguíneo
- 4) la viscosidad sanguínea
- 5) la elasticidad vascular.

Ellos no necesitan explicación. Sólo hay que anotar, en resumen, que son los capilares con sus mecanismos de vaso-constricción y dilatación (resistencia periférica), los principales reguladores de los cambios de presión de la onda sanguínea en los diferentes territorios.

El mecanismo regulador vaso-constrictor, está en continua actividad y es el responsable del tono de la pared arterial. Este tono, similar al tono del sistema muscular esquelético, consiste en una continua

contracción parcial de los músculos de la pared arterial. La actividad tónica, sin embargo no es llevada a un grado máximo de contracción, porque cuando se estimula un nervio vaso-constrictor, se produce una más acentuada constricción arteriolar.

El mecanismo nervioso vaso-dilatador, no actúa continuamente como el anterior, pero es llamado a actuar en ocasiones especiales, particularmente cuando el diámetro de las arteriolas necesita ser desmesuradamente amplio. No hay evidencia experimental de la actividad tónica de este mecanismo.

La distribución de las dos clases de nervios vaso-motores es desigual. Las fibras nerviosas vaso-constrictoras son más abundantes en las arterias de la piel y de las víceras abdominales, mientras las fibras vaso-dilatadoras son más abundantes en las glándulas y músculos.

El control de la contracción arterial y tono es mantenido por el centro o centros vaso-motores de la médula y el cerebro. Hay un definido centro vaso-constrictor el cual en virtud de su actividad tónica continuamente envía impulsos nerviosos a los músculos de las arteriolas a través de las fibras constrictoras.

El centro vaso-constrictor es mantenido en actividad, de una parte, por la acción química de los gases y otros componentes iónicos de la sangre, y de otra parte porque es continuamente bombardeado por impulsos aferentes venidos desde todas las partes del cuerpo.

De igual manera, hay un centro vaso-dilatador, aún no bien localizado, como el anterior. Este centro vaso-dilatador actúa sólo intermitentemente; probablemente sólo por reflectividad.

Los factores recordados en líneas anteriores, presiden la regulación fisiológica de correlación entre el impulso del contenido sanguíneo contra las paredes de los vasos, y la presión ejercida por éstos.

La presión arterial determinada usualmente a nivel de la arteria humeral, es conocida como el índice de la presión arterial general; aunque se sabe que ésta varía de arteria a arteria.

En tiempos pasados sólo se medía la presión sistólica por considerarse un índice de la energía de expulsión; pero después se ha demostrado que la presión sistólica aislada es de relativo valor, si no se toma en cuenta la presión diastólica, que es la expresión de la resistencia periférica y por tanto un índice del tono vaso-motor, que como hemos visto anteriormente es de la más grande importancia.

Se emplea el término de Presión del pulso, para llamar a la diferencia aritmética de las presiones sistólica y diastólica; y se le toma como un índice del volumen de expulsión del corazón.

En la prueba del Tilt-table que hemos realizado al producirse la inclinación, por efecto de la gravedad hay una tendencia natural de la sangre a bajar y llenar los vasos abdominales y de las extremidades. Si los vasos espláncnicos se relajan excesivamente bajo la influencia gravitacional la persona entra en colapso. Ordinariamente el mecanismo vaso-motor espláncnico compensa esto como una marcada vaso-constricción de los vasos abdominales, con el fin de vencer los efectos hidrostáticos de la postura. La acumulación de sangre dentro del abdomen en la posición declive, es más que nada compensada por el aumento del tono vascular de los vasos espláncnicos. Por esta elevación compensadora del tono, se puede deducir que una buena respuesta es aquella en que la presión máxima sobrepasa a la que tenía el sujeto echado.

Como resultado de este estudio vemos que la prueba del Tilt-table llevada a cabo en sujetos sanos residentes al nivel del mar y a una altura de 4,540 mts. presenta resultados de variaciones semejantes en las diferentes fases del test.

Esto llama particularmente la atención porque la vida en las grandes alturas trae consigo la anoxemia permanente, la policitemia, hipervolemia, dilatación vascular periférica, el aumento de la viscosidad sanguínea, etc. y una serie de cambios en la composición química de la sangre (9). Todos estos cambios influyen profundamente al sistema circulatorio, y por ello llama la atención que pese a estos cambios, las respuestas compensadoras del sistema neuro-circulatorio, permitan una adaptación a las variaciones posturales.

Ello prueba que en la altura como en el llano, los valores de las presiones sistólica y diastólica se mantienen como una constante fisiológica pese a la variabilidad del rendimiento cardíaco, y a la influencia sobre la resistencia periférica, de factores tales como mayor número de hematies, aumento del volumen circulatorio, viscosidad elevada, etc.

V

CONCLUSIONES

En el estudio de dos grupos de sujetos (adultos, sanos): 50 residentes a nivel del mar y 40 residentes a una altura de 4,540 metros se ha hallado que las variaciones de la presión arterial y el pulso a los cambios posturales dados por la prueba del Tilt-table, son idénticas para ambos grupos estudiados en semejantes condiciones.

BIBLIOGRAFIA

- (1)—Graybiel A. y Mc Farland R. A.—The use of the Tilt table test in Aviation Medicine.—March—Dec. 1941. Vol. 12. Pág. 195—211.
 - (2)—Hurtado A.—Aspectos fisiológicos y patológicos de la vida en la altura.—Rev. Méd. Peruana.—1937 N° 97. Pág. 4.
 - (3)—Hurtado A.—Apuntes de Estadística. (Por publicarse).
 - (4)—Cervelli M.—La respuesta cardio-vascular al esfuerzo en las altiplanicies andinas.—Tesis de Bachiller.—Fac. Méd. de Lima. 1936.
 - (5)—Monge C.—El ritmo del pulso en los Andes.—Ed. Reforma Médica. Lima. 1934.
 - (6)—Rotta A.—La Circulación en las grandes alturas.—Tesis doctoral. Fac. de Ciencias Médicas. Lima. 1938.
 - (7)—Hurtdao A.—Cronic Mountain Sickness.—The Jour. of the Amer. Med. Association.—Dec. 19, 1942. Vol.—120 Pág. 1278-1282.
 - (8)—Torres H.—La presión arterial en las altiplanicies andinas.—Tesis de Bachiller.—Fac. Méd. de Lima. 1937.
 - (9)—Hurtado A.—Studies at high altitude. Blood observation on the Indian natives of the Peruvian Andes.—The Amer. Jour of Physiology.—Vol 100 N° 3, May. 42.
 - (10)—Hurtado A.—Sobre la Patología de la Altura.—Rev. Méd. Peruana. Marzo 1930 (suelto).
-