

INSTITUTO DE BIOLOGIA Y PATOLOGIA ANDINA
FISIOLOGIA ANDINA
Circulación.

POR

CARLOS MONGE M., ENRIQUE ENCINAS, MIGUEL
CERVELLI, HUGO PESCE, VICTOR VILLAGARCIA

Y ASOCIADOS: TOMAS ESCAJADILLO, CONSTANTE LOPEZ,
PABLO MORI CHAVEZ, RAUL PICON, ANDRES ROTTA
Y ERNESTO RAEZ

—
2.ª Memoria

2.—*El rendimiento cardio-vascular al esfuerzo en el hombre
de los Andes.*

En la comunicación anterior hubimos necesariamente de referirnos al rendimiento del corazón frente al esfuerzo, para determinar las características de frecuencia, forma, estabilidad, etc. que constituyen el ritmo del pulso del hombre de los Andes. Efectivamente, hemos anotado la frecuencia de reacciones ortocárdicas y bradicárdicas que sin duda alguna son el mejor exponente de la valoración fisiológica del corazón andino. Por eso dijimos que la *ley del corazón andino* frente al esfuerzo moderado o grande, *no es la línea recta como ocurre al nivel del mar*—esfuerzo igual aceleración—*sino la quebrada a expensas de reacciones ortobradicárdicas frenadoras de la aceleración.* Y no son tales respuestas fisiológicas exponente de fatiga, sino todo lo contrario, pues precisamente los sujetos que las presentan se conducen clínicamente en la mejor forma, cuando se trata de andinos aclimatados.

Si es verdad que las reacciones paradójicas—taquibradicárdicas—al esfuerzo se presentan también en los recién llegados, lo que revela una actividad frenadora del sistema nervioso vegetativo, con todo, su alargamiento en el tiempo de retorno a la calma expresa en tales casos la insuficiencia de la prueba. En cambio, no se pre-

senta sino excepcionalmente este alargamiento en los casos de corazones andinos vigorosos, en que, como veremos, el pulso ortocárdico es frecuente.

Puede pues estimarse en la altura una aceleración ortocárdica, esto es, que no cambia con el esfuerzo o que vá a la bradicardia, *d'emblée*, como prueba de eficiencia circulatoria.

Pero es evidente que para juzgar del rendimiento cardio-vascular no nos atendremos siempre a la forma del pulso que puede conducir a error sino al conjunto de elementos—frecuencia, tensión máxima, tensión mínima y tiempo de retorno a la normal,—que integran una prueba de eficiencia.

En este trabajo vamos a dar cuenta de los resultados conseguidos hasta hoy, resumiendo en una exposición de conjunto las experiencias llevadas a cabo en 1930 (V. comisión) y 1932 (Pesce); esto es en Oroya (3700 m.), Huancayo (3200 m.) y Morococha (4500 m.), sobre rendimiento del corazón andino.

TECNICA Y MATERIAL DE ESTUDIO

TEST DE MASTER-MODIFICACIÓN DE MONGE-TEST DE EFICIENCIA Y DE ESFUERZO. COEFICIENTE DE ACELERACIÓN

“La prueba esencialmente consiste en subir y bajar una escala de dos peldaños de 9 pulgadas de altura cada uno, durante uno y medio minutos, siendo entendido que a cada sujeto, en función de su talla, peso y edad, corresponde empíricamente determinado número de ascensiones. Es entendido que el trabajo realizado se mide en kilogramos, multiplicando el peso del sujeto por la altura total a que se ha elevado. Se mide el número de pulsaciones y se determina la tensión sistólica antes y después, a partir del momento de reposo y se continúa cada medio minuto haciendo estas determinaciones hasta que la frecuencia y el valor de la tensión vuelvan a las cifras normales anteriores a la prueba. El Dr. Monge añadió la determinación de la tensión diastólica”.

“Agreguemos que primeramente fué necesario un entrenamiento intensivo del personal que requirió tres personas : una para contar el pulso, otra para determinar las tensiones y una tercera para apuntar los resultados. En su mayor parte las determinaciones fueron hechas por el autor de este trabajo o el Dr. Encinas a fin de que los resultados tuvieran siempre el mismo coeficiente de error”.

“Aparte de este sencillo ejercicio al que le hemos asignado el título de prueba de eficiencia circulatoria se ha ideado por el Profesor Monge para el fin que perseguíamos una segunda prueba haciendo verificar el doble de subidas que le corresponde por la tabla y en un tiempo también doble o sea tres minutos. El Dr. Monge ha designado ésta última con el nombre de prueba de esfuerzo.”

“El Dr. Monge ha introducido como unidad de medida de esta prueba “el coeficiente de rendimiento”. Sin insistir sobre lo llamado por diferentes autores coeficiente de aceleración absoluta, porcentaje de aceleración, etc., que solo toman en cuenta un factor del complejo que significa la respuesta cardio-arterial, nosotros creemos que solo considerando los cuatro factores enumerados al principio de este capítulo estaremos en condiciones de obtener cifras comparables. El coeficiente de rendimiento se obtiene dividiendo la cifra fija dos (tiempo límite normal de respuesta) entre el tiempo que tarda en volver a la normalidad el pulso y la tensión, después de una prueba de suficiencia cardiaca tipo. El cociente uno corresponde a una prueba normal: todo valor superior o inferior a la unidad significa una respuesta superior o inferior a la normal.” (Cervelli)

*
* * *

Consideraremos primero aquellos casos en que unicamente hemos contemplado la aceleración en experiencias verificadas en Lima (150 m.) (Monge) y Morococha (4500 m. Dr. Pesce).

Hemos comparado las aceleraciones del pulso antes y después de un esfuerzo que es el mismo para todos los individuos y para los individuos de la Costa a nivel del mar. El término de la comparación ha sido dada por miembros de la Comisión peruana formada de médicos jóvenes y estudiantes de medicina, algunos de ellos deportistas. En cuanto al personal estudiado en Morococha debemos agregar a lo indicado anteriormente, 1.^a memoria, que comprende sujetos desde los 18 años hasta los 50 años de edad. Por lo tanto los términos son comparables. Denominamos *coeficiente de aceleración* al cociente de la división del número de pulsaciones en un minuto inmediatamente después de la prueba entre el número de pulsaciones antes de ésta. En el cuadro siguiente indicamos en la primera línea horizontal, el número de casos que han dado determinado coeficiente; en la segunda, los coeficientes; en las subsiguientes líneas se dan los porcentajes de la Sierra y de la Costa.

Coeficientes de aceleración después de igual
esfuerzo en Morococha (4500 m.) y Lima (150 m)

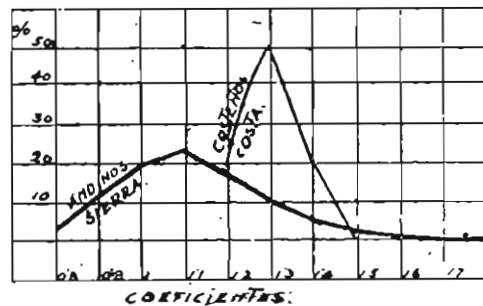
	Morococha									
Nº de casos	8	31	48	59	41	25	15	6	3	1
Coeficientes	0.8	0.9	1	1.1	1.2	1.3	1.4	1.5	1.6	1.1
Porcentajes	3.5	13	20	25	17	11	6	3	1	0.5
					20	50	19	1	Costa	

Se observa claramente que los porcentajes elevados corresponden en Morococha a coeficientes bajos que expresan la estabilidad del pulso mientras que en la Costa predominan los coeficientes altos que acusan una clara respuesta acelerativa. Es posible seguir en la gráfica N.º 15 este desarrollo con toda claridad; coeficientes bajos a la izquierda dando mayor número de porcentajes.

La enorme frecuencia de coeficientes por debajo de la unidad habla sobre el fenómeno paradójico de la bradicardia primitiva frente al esfuerzo, lo que comprueba las observaciones que hicimos en líneas anteriores sobre este hecho peculiar de la fisiología Andina, y lo que es más importante significa los valores supranormales de la respuesta al esfuerzo del corazón andino comparado con el de la Costa. Efectivamente

mientras que en este último lugar solo el 20% de los casos dan coeficientes de rendimiento medidos por la aceleración, de 1, 2; en la Sierra la reacción ortocárdica, coeficiente igual 1, supranormal (que no ha sido alcanzada en ningún caso en la Costa) se acusa en 20% y aun hay 18% de casos de reacciones bradicárdicas *d'emblée* que tienen también un valor por encima de la normal. En realidad en el 38% de los casos el rendimiento solo es comparable con el de los atletas.

GRÁFICA N.º 15.



MOROCOCHA = 4,500 MTS.
COEFICIENTE DE ACCELERACION - 257.
PORCENTAJES.

Si estudiamos ahora la frecuencia del pulso y el rendimiento cardio vascular sobre todo, debido al esfuerzo muscular en Oroya (3700 m.) y Huancayo (3200 m.) vamos a encontrar características análogas. En el cuadro XIV consideramos las aceleraciones y los coeficientes de rendimiento después de un trabajo igual al producido en la Costa. Colocamos en la parte superior el resultado obtenido en la Costa en condiciones semejantes.

CUADRO XIV

Cuadro comparativo de aceleraciones después de un mismo trabajo .- Costa(Costaños)-Sierra(Andinos)

Nombres	Costaños		Lima 170 m.)					Coefi- ciente (%)	Acelera- ción
	Antes	Trabajo	Después						
			1/2	1	1 1/2	2	2 1/2		
Cervelli	30		102	90	84			1.3	22
Encinas	86		100	90	86			1.3	14
Rojasdillo	84		100	100	90	86		1	16
Lopez	90		115	112	94			1.3	25
Moraga	75		102	95	96			1.3	27
Morfi	76		96	80	76			1.3	20
Picon	67		94	88	66			1.3	27
Sotta	75		105	88	80			1.3	26
Villagarcia	91		120	115	100	92		1	30
Bermudez	72		110	98	90	72		1	32

Andinos (Sierra 3700-3200 m.)									
M.	60		64					4	44
G.	80		88					4	8
E.	84		86					4	2
N.	70		105	66				2	32
P.	74		92	72				2	18
E.	80		116	80				2	36
J.	60		80	60				2	20
A.	88		112	96				2	24
J.	72		80	68				2	8
J.	80		88	80				2	8
S.	60		68	64				2	8
F.	76		96	76				2	20
F.	80		96	80				2	16
H.	84		92	80				2	6
M.	72		84	76				2	12
R.	96		120	100				2	24
T.	84		116	88				2	32
M.	76		102	72				2	26
O.	60		92	68				2	32
A.	82		112	88				2	30
P.	80		100	80				2	20
O.	80		104	84				2	24
B.	80		92	80				2	12
P.	72		104	84	86			1.3	32
F.	84		112	96	88			1.3	28
E.	64		100	80	72			1.3	36
P.	78		112	92	84			1.3	36
R.	72		100	88	72			1.3	28
Z.	74		100	88	76			1.3	26
F.	64		92	84	64			1.3	28

(%) .- El coeficiente de rendimiento se obtiene dividiendo 2 -tiempo normal de reacción - entre el tiempo expresado en fracciones de minutos (1/2 en 1/2 minuto) .- C. Normal = 1 .

Es fácil deducir inmediatamente por el exámen de las cifras de este cuadro :

1°—que en el 25% de los casos la aceleración en la Sierra es tan pequeña (4 a 8 pulsaciones) que ésta, puede considerarse dentro del error posible de cálculo; esto es que la aceleración permanece invariable;

2° que en los casos restantes, la aceleración puede alcanzar los valores de la Costa sin sobrepasarlos en general pero que, en tal caso los coeficientes de retorno a la calma - indicados en el mismo cuadro - revelan en el 78% un valor superior al de la Costa;

3° apenas en el 22% es igual el rendimiento al del nivel del mar.

En suma se llega así a las conclusiones siguientes :

a) *la aceleración francamente menor en la Sierra que en la Costa*, hecho desconcertante dentro de los conocimientos clásicos de la vida del hombre sobre las alturas;

b) rendimiento cardiaco superior al del nivel del mar.

Son estas, características de las razas de los altiplanos, cuyo *coeficiente de rendimiento es supra-normal en el 78% de los casos*. Advirtamos que sólo los atletas pueden conducirse de una manera análoga.

Para hacer mas demostrativa la influencia de la altitud hemos sometido a nuestros sujetos a un rendimiento doble de trabajo, en una segunda prueba, después de un período de reposo de 30 minutos. Los resultados están consignados en el cuadro XV.

Encontramos los mismos hechos a saber: de un lado aceleraciones minúsculas en el 18% de los casos; en el resto, frecuencias análogas a las del nivel del mar, contrarrestadas por un menor tiempo de retorno a la calma, que la simple inspección de los coeficientes permite ver. Mientras que en la Costa apenas si el 10% corresponde a individuos supranormales, (C. R.=1) en la Sierra, alcanza el 60%, (C. R.=2 a 4) hechos que definen caterogicamente la capacidad del corazón andino.

CUADRO XV

 Cuadro de aceleración cardíaca después de un trabajo
 doble equivalente para cada individuo (Costa i Sierra).

Costeños (Lima 170 m.)								
Nombres	Antes	Trabajo	D e s p u e s			Coefi- ciente	Aceleración	
			1	1½	2			
Cervelli	90		108	105	90			
Encinas	88		120	110	106	88	1	
Escardillo	100		128	108	104	100	1	
Lopez	90		115	90			2	
Moraga	75		112	100	86	88	7z	
Mori	78		105	96	86	82	1	
Picon	72		112	108	90	74	1	
Rotta	79		108	8	79		1.3	
Villegarcia	91		125	112	96		1.3	

Andinos (Sierra 3700 - 3200 m.)								
1	72		140	108	86 ^{ij}	84	80	0.8
2	76		96	88	84			1.3
3	72		104	84	86			1.3
4	80		120	100	100			1
5	84		128	100	88	88		1
6								
7	72		118	96	92	76		1
8	80		100	100	80			1.3
9	88		120	100	92			1.3
10	76		88	80				2
11	60		88	74				2
12	88		112	96				2
13	72		100	72				2
14	80		104	80				2
15	76		100	80				2
16	80		112	80				2
17	64		96	68				2
18	76		100	80				2
19	80		108	96				2
20	72		92	72				2
21	76		108	80				2
22	76		92	76				2
23	60		92	68				2
24	80		108	72				2
25	60		92	68				2
26	68		96	74				2
27	80		116	88				2
28	64		76	64				2
29	80		80	88				4
30	80		80	88				4
31	80		68	68	72			1.2
32	96		116	80	80	80	96	0.8
33	88		104	76	80			1.3
34	72		80	64	80			1.3

* * *

Si hacemos ahora una discriminación de los distintos sujetos estudiados conforme a su procedencia, aptitudes atléticas, adaptación y aclimatación, encontraremos hechos dignos de ser mencionados.

El estudio sistemático por medio de los coeficientes de rendimiento cardio-vascular, permite ver que éstos aumentan conforme se adapta el recién llegado a la vida en el altiplano.

Coeficiente de Redimiento

PRUEBA DE EFICIENCIA CIRCULATORIA

Lima 150 m. Oroya 3,700 m. Huancayo 3,200.

Encinas.....	1	0.8	1.3
Cervelli.....	1.3	0.45	0.6
Escajadillo....	1	1.3	1.3
López.....	1.3	0.4	1.3
Dr. Monge...	1.3	1	1.3
Mori.....	1	0.8	1.3
Picón.....	1.3	0.6	1.3
Rotta.....	1.3	1.3	2
Villa García..	1.3	0.8	1.3

“En el cuadro anterior puede observarse que en el 80% de los casos el rendimiento cardio-vascular es inferior en Oroya. Solo en dos casos es mejor, hecho aparentemente paradójico que se explica por un mecanismo de compensación de otro orden que determinaría una adaptación más eficaz. Con todo clínicamente la respuesta al esfuerzo fué más marcada que en la Costa. En Huancayo todos mejoraron el coeficiente de rendimiento y aun en cuatro casos llegó a ser superior al de Lima. Muy lejos estamos en creer que la respuesta cardio vascular sea mejor en la Sierra que en la Costa. Entendemos que, dentro de los mecanismos de compensación hay procedimientos que será preciso estudiar para llegar a establecer las leyes que rigen el balance de la adaptación y de la aclimatación. Constatamos el hecho sin ir más allá. Pero nuestra observación nos dice que la *respuesta respiratoria* fué inferior a la de la Costa. Y solo cuando el estudio correlacionado que lleva a cabo el Dr. Monge, discrimine las otras respuestas que restablecen el equilibrio biológico, podrá emitirse una hipótesis o una teoría sólida sobre los fenómenos que nosotros señalamos”.

“En el cuadro inmediato indicamos los coeficientes de eficiencia y esfuerzo en Lima, en la Oroya y en Huancayo. Puede verse allí inmediatamente, en primer lugar que tanto a nivel del mar

como a 3700 y a 3200 metros la prueba de esfuerzo es inferior a la prueba de eficiencia circulatoria con la excepción de un solo caso (López) que presentó una prueba *compensada* (second wind) en la Oroya; de Villa García que en Lima tuvo las dos pruebas iguales y de Picon en la Oroya que igualó también ambas pruebas. En Huancayo después de quince días, la prueba de eficiencia readquirió en todos nosotros su valor normal de la Costa y aun llegó a superarla. La prueba de esfuerzo adquirió caracteres iguales y aun superiores a las de Lima."

Coeficiente de Rendimiento

	Lima		Oroya		Huancayo	
	Efic.	Esfuer.	Efic.	Esfuer.	Efic.	Esfuer.
Encinas.....	1	0.5	0.8	0.4	1.3	0.57
López..	1.3	1	0.4	0.6	1.3	0.8
Dr. Monge..	1.3	0.4	1	0.14	1.3	0.6
Mori.....	1.3	0.8	0.8	0.4	1.3	0.8
Picon.....	1.3	0.6	0.6	0.6	1.3	0.8
Rotta.....	1.3	0.8	1.3	0.8	2	1.3
Villa García	1.3	1.3	0.8	0.6	1.3	0.6

"En el mecanismo de adaptación a la vida en las grandes alturas, es pues un hecho impresionante observar que el sistema cardiovascular adquiere una energía inusitada".

Estudiamos ahora el rendimiento comparativo de los atletas *futbolistas* huachanos (0m.) y de Morococha (4,500) recién llegados a la Oroya (3,700 m.)

ATLETAS.—Coeficiente de rendimiento. Oroya 3,700.

Huacho.—(0m.) 1.3. 1.3. 0.8. 0.8. 0.8. 0.6. 0.6. 0.6. 0.57. 0.57.

Morococha (4,500 ms.) 4.4. 2.2. 2.2.

La diferencia es tan perceptible que no vale la pena insistir sobre los valores *supranormales* del atleta de Morococha comparado con el de la Costa.

Sin embargo, días después, éstos últimos en su recorrido por Huancayo (3,200 m.) y Tarma (3,000 m.) se conducían excelentemente en sus actividades deportistas. Pero en su primer match, al día siguiente de llegar a Oroya, hubo de reducirse los tiempos de football a 30 minutos y terminaron extenuados.

En fin, vamos a considerar aquellos casos que salen igualmente de la normalidad, pero que hay que tener en cuenta para la mejor apreciación del problema.

Obs.— Ch. natural de Morococha (4,500 metros), edad 27 años, peso 54 k. talla 1.63 m. Subidas 21.

Antes	1/2 m.	1 m.	1 1/2 m.	2 m.	2 1/2 m.
11	11.5	11			
8	7.5	8			
74	96	80	64	64	74

En este caso la tensión vuelve a la normal al minuto, pero la aceleración toma la forma taquibradicárdica, paradójica. Aparentemente la respuesta se hace en dos minutos y medio; sin embargo la observación revela que la prueba está terminada al minuto pues el sujeto no acusa la menor sensación de fatiga.

El coeficiente de rendimiento de 0.8 sería engañoso y realmente debe corresponderle 2. Si comparamos la curva paradójica de aceleración de este caso con la de los Huachanos que hicieron una prueba insuficiente con curva paradójica de aceleración, encontramos de diferencia que en el sujeto de Morococha el retorno a la normal de las tensiones es casi instantáneo, mientras que en los sujetos no aclimatados (Huachanos), el retorno de tensiones está considerablemente retardado.

Obs.— L. natural de Morococha (4,500 metros), edad 20 años, peso 57 k. talla 1.69 m. Subidas 27.

Antes	1/2 m.	1 m.	1 1/2 m.	2 m.	2 1/2 m.	3 m.	3 1/2 m.
11	10	10.5	10.5	10.5	11	11	11
8.5	7.5	6.5	7	6.5	7.5	7.5	8
70	108.	68.					

Obs.— O. natural de Huancayo (3,200 metros), edad 24 años, peso 57 k. talla 1.65 m. Subidas 27.

Antes	1/2	1 m.	1 1/2 m.	2 m.	2 1/2 m.	3 m.	3 1/2 m.
11.5	13	12.5	12	12	11.5		
8	8	8	8.5	8.5	8.5		
60	92	68	52	56			

Estas dos pruebas son más o menos parecidas, pero debemos agregar que en esta última observación al hacer inmediatamente la prueba de esfuerzo, como en el caso consignado a continuación, la respuesta fué excelente, superando a toda expectativa.

G. natural de Huancayo (3,200 metros), edad 27 años,
peso 65 k. talla 1.73 Subidas 25.

Antes	½	1m.	1 ½m.	2 m.	2 ½m.
12.5	16	13			
6	6	6			
64	120	88	76	52	64

El coeficiente de rendimiento es de 1; sin embargo practicando la prueba de esfuerzo inmediatamente después de un reposo prudencial, el resultado de esta última es idéntico a la anterior."

"Si comparamos ahora la prueba de esfuerzo con la prueba de eficiencia podemos todavía señalar que en algunos casos la respuesta al trabajo fué mejor en las grandes alturas, después de la prueba de esfuerzo, esto es, se hizo en un tiempo menor que en la prueba de eficiencia. Este hecho paradójico también solo tiene explicación sea en el factor entrenamiento, sea en el second wind de que hablamos en el capítulo anterior. Es posible según los trabajos del Dr. Monge, que integrarán la labor de la Comisión que haya además un factor de inhibición pulmonar, que despierta un reflejo cardio acelerador por carbo-acidemia pasajera la que, desaparecida en un segundo tiempo, permite la respuesta normal del corazón. Todo sería cuestión de permeabilidad pulmonar o en otros términos, de la difusión mayor o menor de gases a través de la membrana hemato-alveolar."

"A este tipo de prueba la llamaremos prueba compensada".

Del exámen de los protocolos anteriores se deducen las conclusiones siguientes:

1°-En mas del 50% de los casos estudiados, el rendimiento de los sujetos aclimatados a la vida en las grandes alturas es superior en un 100% al rendimiento obtenido en sujetos de la Costa examinados al nivel del mar.

2°-En algunos casos en que la prueba de eficiencia era normal o ligeramente retardada nos ha sido posible observar que en la prueba inmediata de esfuerzo (doble de la de eficiencia), el coeficiente de rendimiento era superior (second wind de los autores americanos).

La bradicardia, expresión de supra-normalidad del corazón andino, debemos referirla a los estudios sobre la valoración fisiológica de los atletas a nivel del mar. Busquemos una explicación en el estado actual de nuestros conocimientos científicos.

Desde luego es un hecho perfectamente establecido que el entrenamiento desarrolla la capacidad de reserva del corazón que se exterioriza durante el esfuerzo muscular haciendo que el pulso vuelva al punto de partida en un tiempo mucho menos considerable. Todo lo cual está perfectamente definido en el estudio científico del atletismo. Michell ha hecho ver que en los estudiantes que se dedican al deporte el ritmo cardiaco medio disminuye de año en año (1.º año, 72 pulsaciones; 2.º, 68; 3.º, 58. 3). Buchman cita el caso de un remero de Oxford con una bradicardia de 45. Mercklen llega a las mismas conclusiones. * En estudios alemanes sobre el deporte encontramos que Kulbs señaló un caso de 42; posteriormente Kulbs y Brustman, series de 42-54; Herzheimer (1921) - comunicación oral de Brustman - el de un deportista con 38 pulsaciones por minuto y uno de 28 (?). Para este autor no se trata de un hecho análogo al de la bradicardia del puerperio pues no respondían con aceleración a la atropina. Se trata de una propiedad intrínseca del músculo cardiaco. La hipertrofia que acompaña a la bradicardia de los atletas no debe tomarse en su sentido fisio-patológico sino en el del desarrollo de la fibra cardiaca a efecto de aumentar su capacidad contráctil, puesto que está ligada íntimamente al aumento del gasto del corazón (minuto-volumen.)

Bramwell estudiando los campeones de las Olimpiadas de Amsterdam (1928) señala las series siguientes para atletas de distintos tipos.**

		Media
Corta distancia	58. 76	66
Distancia media	49. 76	63
Larga distancia	56. 64	61
Marathon	50. 67	58

Inas, Kral y Stritesky (cita de Herlitzka) han hecho ver en un estudio comparado de campeones vencedores de atletismo internacional, de sujetos óptimos de la organización atlética de Checo-Eslavia y de sujetos no admitidos a concurso pero sin embargo educados deportivamente, que en los dos primeros grupos había una bradicardia manifiesta. Herlitzka*** concluye en la superioridad del corazón de estos a causa de una autónoma virtud de menor frecuencia y no por excita-

* Mercklen.

** Bramwell.—Clinic. obs. on olympic athlts.—Erg. sportsarztl Unters. IX Olymp. Springer, Berlin 1928.

*** Herlitzka.—Valutazione fisiologica degli atleti.—Roma. 1931 pag. 213.

ción del vago, de acuerdo con su falta de reacción a la atropina. Henderson, Haggard y Dolly* admiten (1927) que la bradicardia se acompaña de un aumento de gasto del corazón, el cual, según sus experiencias, no es solamente mayor que la del resto de los individuos durante el ejercicio sino aún en reposo. El corazón del atleta es un corazón supranormal, según Herlitzka (1931).**

Si de estos hechos nos remontamos a la interpretación de lo que ocurre en las grandes alturas habitadas del Perú, debemos plantear esta cuestión desde el punto de vista de los recién llegados y del de los andinos.

No sabemos que jamás se hayan hecho investigaciones sobre este particular. Desde luego en unos y otros hemos comprobado la tendencia bradicárdica, inusitada en los últimos. En los inadaptados no cabe una explicación cardíaca de orden intrínseco y menos cabe aún para la bradicardia de los eritrémicos.

En tal caso hay que ocurrir a una interpretación de orden vegetativo, a la intervención del sistema nervioso frenador del corazón; esto es del vago. Efectivamente, como veremos en el capítulo pertinente, el vago tiene una acción predominante en las grandes alturas que se expresa en manifestaciones respiratorias, digestivas, cardíacas, etc. El pulso paradójico solo puede explicarse por una anómala excitabilidad del vago dependiente de la anoxemia, del cambio de los electrolitos, de la desviación del Ph hacia la alcalinidad, etc.

En lo que respecta a lo que ocurre con los andinos la interpretación debe ser enteramente diferente. El corazón ha adquirido una modificación intrínseca por la cual ha aumentado su capacidad de reserva, seguramente su volúmen minuto y, en estas condiciones, corresponde al tipo de corazón supra-normal, sólo comparable al corazón del atleta, que en lugar de trabajar a expensas de su frecuencia lo hace aumentando el volúmen de la onda pulsátil. La elasticidad de la fibra cardíaca del andino es supranormal.

* Henderson, Haggard, Dolly.—The efficiency of the heart and the significance of rapid and slow pulse rate.—*Amer. Jour. Physiology*.—82: 512 1927.

** Herlitzka.—Obra citada.

Conclusiones

La respuesta cardio-vascular al esfuerzo del Hombre de los Andes demuestra características del corazón andino que lo hacen equiparar al de los atletas. La respuesta del corazón del hombre procedente del nivel del mar, es inferior a la encontrada en su lugar de procedencia.

Con la adaptación los coeficientes de rendimiento cardíaco suben progresivamente; no es aventurado afirmar que, con frecuencia llega a adquirir valores superiores a los de la costa.

Existe un tipo de entrenamiento que permite al andino responder con mas eficiencia a una subsiguiente prueba de esfuerzo que a la primera (second wind), reacción compensada.

Este mismo tipo de reacción lo presentan algunos sujetos procedentes del nivel del mar.

En el curso de las determinaciones de los test de esfuerzo, debe darse mas importancia al retorno a la normal de las tensiones arteriales que a las frecuencias del pulso. 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 sistema nervioso vegetativo debe jugar papel de primer orden en la regulación de la actividad cardiaca.

El corazón andino, al trabajar, con menor aceleración que en la Costa - para esfuerzos iguales o superiores - debe presentar un gasto pulsatorio muy superior a los hechos conocidos en la diaria fisiología del hombre del nivel del mar. Podría suponerse que aún el gasto por minuto es mayor.

En fin la muerte súbita y los síndromes de insuficiencia cardiaca en los recién llegados encuentran una explicación en esta forma de trabajo del corazón, sin desconocer por cierto la existencia de otras causas.
