

ANALES de la FACULTAD DE CIENCIAS MEDICAS

TOMO XVII, N.º 1

LIMA, 1.º TRIMESTRE 1935.

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

1.ª Memoria

1.—El pulso; ritmo y forma.

El pulso ha sido uno de los elementos que fué primeramente observado en los viajes a las grandes alturas. Lo consideraremos:

A.—Durante la ascensión y la adaptación:

a).—Taquicardia crítica.

Se ha pretendido establecer una relación entre la altura y la frecuencia del pulso mientras este fué estudiado durante el viaje. En la actualidad — en los casos de ascensiones sin esfuerzo o en aereoplano — está demostrado que tal hecho no ocurre, sino en determinadas condiciones de rarefacción del aire. Podemos afirmar, como resultado de nuestras observaciones, que esta frecuencia es relativamente moderada y que únicamente cuando se presentan signos de Soroche se rom-

pe el ritmo normal para aparecer una taquicardia más o menos intensa. En general, si se revisa los trabajos de las expediciones a las cimas elevadas del Globo se nota que el pulso permanece dentro de límites normales hasta la altura de 3,500 a 4,000 metros, bien entendido siempre que se excluyan todos los factores metereológicos — viento, tempestades, radiación, nieve, calor o frío excesivo, etc.— y de trabajo que actúan indirectamente en la aceleración del pulso. Los hombres entrenados pueden llegar a grandes alturas sin que la frecuencia media aumente ostensiblemente. Mosso (1898) lo demostró en la Cabaña Regina Margherita a 4,560 metros y en cámaras neumáticas, y Hingston en la expedición al Monte Everest.

Cuadro N° I (Mosso) pulso.

Localidades	Altura en mts.	SUJETOS				
		I.	II.	III.	IV.	V.
Turin	276	56	54	47	52	46
Gressoney	1627	62	50	50	47	46
Cabaña Linty	3047	78	52	57	50	46
C. Margherita	4560	88	67	60	58	100 (pulso imperceptible).

Cuadro N° II (Hingston) Pulso.

Monte Everest	Antes	Trabajo	Después
0 mts.	72		84
5050 „	72		120
6400 „	108		144

Schneider (1929) ha podido determinar experimentalmente la aparición de la taquicardia en las cámaras neumáticas a bajas tensiones de aire. Zuntz, Loewy; Muller y Gaspari en su ascensión al Brienzer-Rothorn encontraron una taquicardia de 158-175 que después cayó a 130-140. Loewy en las montañas tirolesas señaló un aumento de pulsaciones de 160-176 para determinado trabajo muscular que en el llano solo ocasionaba una aceleración de 90 a 108 por minuto. El simple hecho de ponerse de pié basta para acelerar considerablemente el ritmo del corazón. Se comprende que el esfuerzo ascensional pueda a elevadísimas alturas determinar taquicardias verdaderamente considerables. Así en la expedición al Monte Everest, a 8200 metros de altura, se señalaron taquicardias de 160-180 siendo:

de notar que uno de los dos sujetos que alcanzó esta enorme altitud presentaba durante el reposo únicamente 64 pulsaciones y solo 44 a nivel del mar.

En las condiciones ordinarias de ascensión en reposo (ferrocarril), dentro de los moderados esfuerzos que se lleva a cabo, el pulso —sólo a determinada altura que está dada por la capacidad de adaptación a la altitud— se mantiene dentro de un nivel moderado; inmediatamente que el esfuerzo se sobreagrega o que el recambio aumente se rompe la condición aparente de equilibrio y la taquicardia sobreviene. En el cuadro adjunto (III), damos cuenta de las variaciones de pulso en nuestra ascensión en ferrocarril de 1929:

Cuadro N.º III

	Lima	Chosica	Matucana	Casapalca	Ticlio	Oroya	
Altura	179 m.	800 m.	2330 m.	4147 m.	4750 m.	3700 m.	
Hora		5 am.	8 am.	11 am.	3 pm.		
Encinas	86	74	76	81-104	140	86	(Soroche, pulso frecuentísimo).
Cervelli	80	80	80	100		108	
Escajadillo	84	76	76	80		100	(Soroche)
López	90	80	99	104		112	
Mori	76	74	82	94		100	(Soroche, pulso frecuentísimo).
Picón	67	74	80	100		80	
Rotta	79	68	72	88-82		88	
Villagarcía	91	80	84	80-92		88	(Soroche)
Castagnet	56	66	66	80			

(Almuerzo y marcha a pié).

Como puede verse la aceleración cardiaca es moderada hasta los 4000 metros en que el almuerzo y la necesidad de marchar a pié y subir las escaleras del Hotel, aumentando el metabolismo, determinaron un brusco desequilibrio que la mayor parte soportó a expensas de una pequeña aceleración pero que en otros se hizo intensa simultáneamente con la aparición de síntomas de Soroche. Tal es la taquicardia crítica de la altura.

b.)—Aceleraciones adaptativas, fases bradicárdicas.

Con la adaptación la frecuencia se hace menor regresando el pulso paulatinamente a límites inferiores de aceleración. Douglas, Haldane, Henderson y Schneider han establecido que durante la permanencia en las alturas hay una aceleración diaria y gradual por una o dos semanas (4000 metros mas o menos) que vuelve a la normalidad del nivel del mar o se aproxima mucho con el desarrollo de los mecanismos de compensación para la vida en esas condiciones. A igual conclusión han llegado recientemente Ewig y Hinsberg (1931).

CUADRO IV .- Frecuencia del pulso

Expedición de 1927								
Básicas	Condiciones no básicas - Oroya 3700m					Lima 170m.	Básicas Lima	
	Oroya	Julio	12	13	14			15
Monge	70		102			89	70	57
Hurtado	70	84		80	92	68	80	65
Escajadillo	72	90		88	98	68	88	69
Medina	66	76		80	88	76	78	62
Cervelli	45	88		78	80	68	80	74
Rondon	64	100		100	96		72	64
Fosrbe	76	104		64	104	72	84	62
Morey	76	86		72	100	68	65	68
López	82	92		56	104	94	80	70
Núñez	86	82		80		80	84	76
Heraud	76	78		72	90	74	80	60
Encinas	66	90		82	96	72	74	69

Expedición de 1930					
Básicas Lima	Condiciones no básicas Oroya (3700m), Julio 23 y 30			Huancayo (3200 m.) 6 Agosto 6	Básicas Sierra
	Lima	Lima 170m.	Oroya (3700m)		
Rotts	66	79	80	88	62
Encinas	64	86	86	96	66
Villegarcía	74	91	88	100	72
Morey	70	76	100	104	70
Monge	68	75	86	100	68
Cervelli		80	100	96	
Escajadillo	62	84	100	84	
Lopez		90	112	104	
Piñon		67	80	96	

En la tesis de Cervelli (1931) este asunto está minuciosamente estudiado y a ella nos remitimos para los que deseen tener una opinión detallada sobre el particular. Nosotros únicamente nos limitaremos a revisar rápidamente nuestras observaciones.

Sobre un total de observaciones muy por encima de los estudios aislados de otros investigadores anteriores nos ha sido posible establecer categóricamente el hecho notado tantas veces de una gradual disminución de la frecuencia con el correr de los pro-

cesos adaptativos. Vemos que aún en condiciones ordinarias de vida la aceleración tiende progresivamente a disminuir. Se presenta—en ciertos momentos—*fases bradicárdicas*—cuya significación no puede ser otra que la de cambios profundos en el miocardio o en su inervación, como veremos después. Así en la Oroya (1927) observamos que los valores del pulso —el último día de nuestra estadía— eran en su mayor parte inferiores a los valores de Lima en días anteriores. Cervelli en condiciones básicas presentó una bradicardia desconcertante. En 1927 no nos atrevimos a publicar estos resultados esperando nuevas investigaciones científicas sobre el particular. Podríamos anticipar que hay una marcada tendencia a la bradicardia. De otro lado, como veremos posteriormente, el pulso responde muchas veces en la altura lentamente, de suerte que no sería raro, en condiciones ordinarias de vida, que la faz bradicárdica sorprenda al observador, de donde las diferencias que se puede obtener en dos numeraciones tomadas en momentos distintos. Como quiera que sea, este fenómeno de *fases bradicárdicas*, debe llamar la atención de los fisiólogos y de los clínicos y sobre él insistiremos al hablar de la vida en las localidades “habitadas” del altiplano.

c).—Aceleración y esfuerzo. Reacciones bradicárdicas.

Schneider y Clarke (1929) que han estudiado el trabajo muscular a reducidas tensiones barométricas en cámaras neumáticas han llegado a las conclusiones siguientes. A la presión de 760 ^m/m. la aceleración del pulso mantiene una relación lineal con el trabajo producido hasta que este sobre-pase la capacidad de rendimiento, en cuyo caso la relación se quiebra. La anoxemia causa una aceleración mayor a bajas tensiones y mientras más bajas sean éstas, mas pronto se interrumpe la relación lineal. El retorno a la calma del pulso a bajas tensiones barométricas es mas lento que a nivel del mar para cortos períodos de trabajo. Este trabajo experimental tiene la ventaja de eliminar todas las causas accesorias que intervienen en la aceleración cardiaca.

Tal cosa no nos ha sido posible constatar siempre. Efectivamente, considerado el pulso en relación directa con el esfuerzo como uno de los exponentes del rendimiento cardio-vascular se puede establecer desde ahora—a mas de la conocida aceleración que guarda relación directa con la disminución de la presión barométrica y el aumento del trabajo—un hecho que ha de llamar singularmente la atención: la *reacción bradicárdica al esfuerzo*.

Mediante el procedimiento Master-Monge* que empleamos para medir el trabajo producido por un sujeto, determinamos un

* Véase página 30

esfuerzo equivalente en la Costa y en la Sierra, llegando a demostrar que la aceleración es mayor en la Sierra que en la Costa—para los sujetos recién llegados—y el tiempo de retorno a la normal más alargado.

Pero, ahora bien, no siempre se mantuvo ese ritmo de aceleración conocido, sino en ciertos casos se produjo una respuesta bradicárdica inesperada, verdadera reacción paradógica.

CUADRO V-

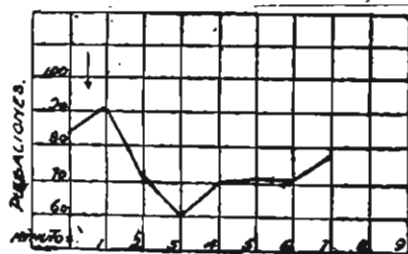
Reacción normal						
	Antes	Trabajo (*)	D e s p u e s			
			m	1	1½	2
O	80		112	80		
B	84		128	80		
R	86		100	84		
A	106		110	108	78	
S	78		120	100		
S	86		122	84		

(*) - aproximadamente 3,000 pies-libras, en todas las observaciones.

Reacción bradicárdica								
	Antes	Trabajo	D e s p u e s					
			m	1	1½	2	2½	3
V	84		104	72	64	64	84	
J	92		112	76	60	68	76	
MV.	84		104	64	64	72	76	
C	78		86	66	58	62	72	
B V.	84		92	72	80	70	72	76

En la gráfica N.º 1 puede observarse este fenómeno con toda claridad. Nos apresuramos a decir que no tiene relación

GRÁFICA N.º 1



con la capacidad de rendimiento del sujeto ya que en este caso particular de individuos recién llegados y con solo 24 horas de permanencia a 3800 metros, tanto los que respondieron normalmente como los de reacción paradógica presentaron el mismo fenómeno. En suma, hay una *reacción bradicárdica al esfuerzo*, después de una faz de *aceleración*.

REACCIÓN BRADICÁRDICA

ción nada particular. Tal hecho no ha sido encontrado a nivel del mar, ni está señalado en la Fisiología.

d).—Pulso eritrémico.

Estudiemos el pulso en los sujetos inadaptados o que han perdido su capacidad para vivir en las altiplanicies (Eritremia Monge 1929). *

Cuadro No. VI

Nombre	Edad	Pulso básico	R TREMICOS			Observaciones
			En reposo	Respiraciones	Tensiones	
M.I.	33	40	64	28	120-80	Eritremia discreta
F.C.	46	44	94	22	100-70	id id
L.L.	48	49				id id
F.R.	30	56	72	24	110-79	id id
N.S.	36	58				id id
D.T.		60				id id
J.V.		60				id id
T.N.	37	54	68	16	110-80	id id
E.O.	37		72	20	110-85	id id
O.B.	27		72	20	110-70	id id
F.A.	50		80	18	100-80	id id
L.C.	44	84	112	32	100-66	[Enfermedad de Monge, grave]

Con excepción del caso último cuya condición de gravedad lo pone aparte de toda posible comparación, en los demás el pulso en condiciones básicas acusa una bradicardia desacostumbrada que necesariamente debemos referir a la misma causa que la determinó en Cervelli en el período adaptativo y a la bradicardia normal de las alturas. Es un tipo de *bradicardia eritrémica*, cuya importancia conviene hacer resaltar.

e).—Pulso básico adaptativo.

Si ahora pasamos a estudiar el pulso en condiciones de metabolismo básico, en absoluto reposo, en las mañanas, en ayunas, cuestión que ha sido un tanto descuidada en los estudios sobre la altura, indicaremos que para elevaciones que no sobrepasen 4000 metros y en que solo influye la disminución del oxígeno

* Les Erithrémies de l'Altitude.—Masson et Cie.—Paris, 1929.

atmosférico, la aceleración se mantiene dentro de límites normales. Así Barcroft (1923) pudo demostrar que en el Cerro de Pasco (4100 metros) el número de pulsaciones no variaba si se tomaba en condiciones básicas, comprobando la afirmación de Hingston quien en su ascensión al monte Everest no señaló cambio alguno hasta los 5000 metros de elevación. En el cuadro N.º 7, que va a continuación, damos los datos encontrados en 1927-1931.

Cuadro No. VII

	1927 Lima	Oroya (3700)		1930 Lima	Oroya (3700)	Huancayo (3200)
Rondon	64	64	Rotta	66	62	
Medina	62	66	Encinas	66	64	
Heraud	60	76	Villagarcia	72		74
Cervelli	74	45	Mori	70	70	
Morey	64	76	Monge	68	68	
Encinas	69	66				
Escajadillo	60	72				
López	70	82				
Hurtado	65	70				
Nuñez	76	86				
Fosalba	62	76				
Monge	57	70				

Como se aprecia, el pulso permanece invariable en condiciones de metabolismo básico. Hagamos notar el caso de Cervelli cuya aceleración cae inusualmente de 74 en Lima a 45 en la Oroya (3700 metros), *bradicardia adaptativa*.

B.—En la aclimatación.—Localidades habitables.

Hasta aquí nos hemos referido únicamente a la aceleración cardiaca estudiada en los recién llegados y, por consiguiente, en vías de adaptación. Desde 1928 dejamos constancia de nuestra opinión que modificaba totalmente el concepto que se ha tenido sobre la vida del hombre en las alturas. Sostuvimos entonces que en tal caso no podía hablarse de aclimatación sino de adaptación. Vamos a ocuparnos ahora de los sujetos verdaderamente aclimatados a la vida del altiplano donde han residido desde una época prehistórica; esto es, del Hombre de los Andes.

que ya hemos visto esbozarse en líneas anteriores cuando nos referíamos a las fases bradicárdicas de aceleración y señalamos el hecho inusitado de la bradicardia de Cervelli.

b).—Aceleraciones ordinarias bradicárdicas.

En condiciones ordinarias de vida, después de un reposo, por lo menos de un cuarto de hora, las aceleraciones nos parecen obedecer a un ritmo más lento en la Costa. En el cuadro IX hacemos la comparación de las aceleraciones de andinos en la Sierra y costeños en Lima.

CUADRO IX

Cuadro comparativo de las aceleraciones después de un reposo sostenido (Mas o menos 15 minutos) Costa i Sierra .

Eritrémicos	A n d i n o s - S i e r r a	Costeños
3700'm.		
64-66-68	60-60-63-60-64-64-64-64-70	65
72-74-80	72-72-72-72-74-74-74-76-76-76-76-80-80-80-80-80-80	78
72-74-80	82-84-84-84-84-84-88	80-80-83-86
66	96	90-99-91-94
112		

No obstante el número limitado de observaciones en la Costa para hacer un estudio comparativo nos apoyamos, además, en el hecho perfectamente establecido de la frecuencia media—75 a 85 pulsaciones—admitida después de un moderado reposo. En cambio en la Sierra la aceleración se marca en el sentido de la bradicardia, puesto que en el 30 por ciento de los casos hay un promedio inferior a dicha normal. Hay pues tendencia marcada a la *bradicardia en mínimo esfuerzo*.

Obsérvese, además, que en el cuadro de eritrémicos andinos —a la izquierda—su frecuencia es mucho menos considerable que la de los individuos de la Costa, no obstante sus condiciones defectuosas de adaptación. Señalaremos, por lo tanto, la *bradicardia eritrémica en esfuerzo mínimo*.

c).—Aceleración y trabajo.

Cuando estudiemos la aceleración en relación al esfuerzo hemos de ver que es menor en la Sierra que en la Costa, dejándose sentir igualmente un freno bradicárdico en el aclimatado o una tendencia análoga en el recién llegado en vías de adaptación, reacciones que desde luego denominaremos orto y bradicárdicas, en oposición a las taquicárdicas corrientes a nivel del mar.

Para esfuerzos progresivos el corazón del andino no responde a la reacción lineal de la Costa—*esfuerzo—igual—taquicardia*—que es la señalada por los fisiólogos que han estudiado al hombre que va a las grandes alturas sino, dentro de determinados límites, se hace más lento—*esfuerzos progresivos—igual—taquicardia primero, bradycardia después*—en un gran número de casos.

En el cuadro X exponemos el resultado de nuestras investigaciones sobre aceleraciones en relación con aumentos progresivos de trabajo. En la primera columna consideramos los valores en reposo (en algunos casos la cifra inicial de pulsaciones de la segunda experiencia no ha coincidido con la primera). En las columnas siguientes se consideran los valores de pulso después de los esfuerzos producidos y, en fin, las diferencias de pulso entre uno y otro esfuerzo. Inmediatamente debajo, los mismos datos referidos a los miembros de la Comisión de Lima. En fin, en la parte derecha del cuadro se consideran los valores obtenidos por Schneider (arriba) en cámaras neumáticas a presiones barométricas bastantes próximas a las nuestras* así como los valores de los miembros de la Comisión Peruana y dos casos tomados de Barcroft (abajo);** y, entre ambos, los datos obtenidos por los miembros peruanos en Oroya y Huancayo.— Los resultados no pueden estar más en desarmonía con las pretendidas conclusiones de los autores extranjeros sobre la vida del hombre en las grandes alturas.

* Studies of muscular exercise under low barometric pressure.—*Amer. Jour. Physiology*—May. 1929—Pág. 635.

** Report to the Peru High—Altitude Committee.—*Phil. Trans. Roy.—Soc. London*. 1922.

CUADRO X

Aceleración del pulso en relación con esfuerzos progresivos3700 - 3200 m. Oroya Huancayo.- Presión barométrica 450 a 520 mm.
Kilogrametros (") aproximadamente

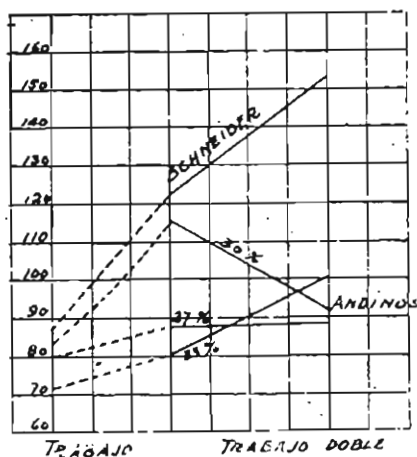
Oroya - Andinos						Schneider						
Nombre	Reposo	Trabajo	Después	Trabaj. doble	Des-pues	Dife-rencia	Non-reposo	Reposo	Trab.Des-pues	T.do-ble	Des-pues	Dife-rencia
V.	72		80		120	20	1.	87	124		153	29
S.	80		116		120	14	2.	87	129		153	34
P.	74		92		104	12	3.	99	129		152	32
G.	80		104		116	12	4.	84	113		143	32
B.							5.	84	110		143	33
T.	84		112		128	16	6.	96	117		145	31
K.	84		92		100	8						
R.	72		100		108	8						
W.	72		84		92	8						
Z.	74		100		108	8						
A.	82		112		120	8						
M.	64		100		104	4						
P.	78		96		100	4						
O.	60		92		92	4						
B.	104		128		132	4						
V.	64		72		76	4						
P.	84		96		96	0						
A.	88		112		112	0						
J.	80		88		88	0						
P.	76		112		112	0						
T.	64		92		92	0						
M.	80		108		108	0						
G.	64		120		118	-4						
T.	96		120		116	-4						
A.	64		104		96	-8						
C.	76		84		76	-8						
T.	84		116		104	-12						
P.	80		100		88	-12						
B.	80		92		80	-12						
P.	80		104		88	-16						
R.	84		116		92	-24						
Comisión peruana - Oroya												
En.	86		124		140	20						
Es.	100		128		130	8						
Lo.	104		144		150	16						
Pi.	82		172		142	30						
Mo.	96		140		134	-6						
Mo.	82		140		132	-8						
Ro.	80		120		110	10						
Vi.	104		132		120	12						
Comisión peruana - Huancayo												
Ce.	96		112		112	0						
En.	96		144		152	8						
Es.	84		104		112	8						
Lo.	104		140		144	4						
Mo.	100		120		140	20						
Mo.	76		104		108	4						
Pi.	96		136		144	8						
Mo.	88		108		120	12						
Vi.	100		132		148	16						
170 m. Lima - Costas												
Cervell	102		102		112	10						
Lopez	90		115		115	0						
Monge	75		102		112	10						
Mori	76		96		105	9						
Pison	67		94		112	18						
Rotts	79		105		108	3						
Villag.	91		120		125	5						
Bermudez	72		110		104	-6						
Bancroft, 1922.-Cerro - 4500 m.												
1.	54	escalones										
2.	70	89								19		
3.	90	escalones										
4.	70	130								60		

La Fisiología enseña que la aceleración a bajas tensiones barométricas es progresiva y sigue una relación lineal con el pulso para trabajos moderados y entre presiones equivalentes a 4000 o 5000 metros de altitud; lo que quiere decir que conforme aumenta el trabajo aumenta el número de pulsaciones. Así las diferencias de Schneider para dos pruebas que guardan relación con las nuestras, calculadas a la misma presión barométrica son de 29, 34 y 39 respectivamente en trabajos sucesivos.

En el caso de Bancroft la diferencia es mucho más considerable pues llega a alcanzar a 60 pulsaciones. Tales los hechos

conocidos por los Fisiólogos. Los miembros de la comisión, sea

GRAFICO No. 2



ACELERACION Y TRABAJO-SIERRA

límites inferiores a la frecuencia después del primer trabajo, en un 30% (véase la gráfica No. 2).

Esto no quiere decir que en estos casos hubiese relación directa entre la capacidad de rendimiento y la aceleración, pues como lo hemos demostrado en la tesis de Cervelli un sólo elemento no basta para juzgar la eficiencia cardio vascular. Como quiera que sea, la conclusión que se impone es que, las leyes de los fisiólogos sobre aceleración cardiaca y trabajo en las alturas podrán corresponder a seres en vías de adaptación pero de ninguna manera al hombre peruano que puede disponer de un elemento hereditario ancestral y adquirir cierta capacidad por razones de viajes anteriores o de influencias cósmicas que no estamos en el caso aún de precisar.

La ley de relación lineal entre el trabajo y la aceleración cardiaca no rige para el hombre de los Andes.

La ley del corazón andino es quebrada a expensas de reacciones ortobradicárdicas frenadoras de la aceleración.

Apresurémonos desde ahora a manifestar que en la vida del altiplano se dá el caso de individuos que pierden su capacidad de adaptación en determinadas localidades y en cambio pueden vivir en otras si las primeras son unicamente localidades "habitadas" con fines industriales (minas) pero en donde no hay realmente condiciones de vida y las segundas - a la misma altura - son localidades "habitables" donde hay vegetación y vida animal. Hay que convenir que existe un factor cósmico que determina posi-

por el hecho de haber viajado en distintas ocasiones a la Sierra, sea por el de haber permanecido algunos días aclimatándose o por un factor racial hereditario que en mayor o menor porcentaje presentaban, en ningún caso ofrecieron valores comparables a los anotados anteriormente. I en cuanto a los andinos, por el contrario, no presentaron sino aproximadamente la relación lineal en un 33% de los casos. Tendió a la horizontal, estabilizándose casi en un 27% y cayó a

bilidades y que contiene seguramente el misterio de la vida en la altitud. Tales son los hechos y aunque no hubiera ninguna explicación habría que admitirlos tal y como son y aceptarlos, en espera de que la Ciencia del porvenir nos dé el secreto del fenómeno.

En suma, los andinos y aún los costeños en las altiplanicies habitables del Perú ofrecen reacciones distintas de las señaladas por los fisiólogos frente al esfuerzo en lo se refiere al ritmo del pulso y a su aceleración.

La ley bradicárdica del corazón andino es absolutamente distinta de la ley lineal de esfuerzo y aceleración que corresponde al hombre del nivel del mar.

Tal cosa constituye una de las características más saltantes de la Fisiología Andina.

C.— *Localidades habitadas.*

Hemos dejado expresamente para un capítulo aparte la discriminación de los datos referentes al estudio del hombre de aquellos localidades "habitadas" en que faltan los ambientes geográfico y cósmicos indispensables a la vida y donde ésta se hace para la explotación minera.

Tal ocurre en Morococha a 4500 metros, en donde nuestro colaborador Dr. Pesce, llevó a cabo un importantísimo trabajo sobre más de 500 individuos cuyo estudio trazamos dentro de directivas rigurosas en orden al establecimiento de los mecanismos nerviosos que entran en juego para la regulación del equilibrio biológico en las alturas. Únicamente nos ocuparemos del pulso y sus variaciones.*

El material de estudio ha consistido en obreros que eran motivo de selección médica para el trabajo; procedían de localidades vecinas a los centros agrícolas—3500 a 2500 metros de altura—y, en su mayor parte, habían estado anteriormente en Morococha. Inmediatamente después de su llegada se contaba el pulso (condiciones no básicas); luego se procedía al examen médico, pruebas funcionales de esfuerzo, etc., y después de un reposo no menor de 30 minutos, se hacía la determinación del reflejo óculo-cardíaco, lo que nos ha permitido obtener una segunda determinación del pulso, esta vez en condiciones de reposo marcado (no básicas). En nuestros protocolos de integración de este enorme material se considera, en detalle, las circunstancias específicas de las pruebas y sus variaciones. Para este estudio sólo se ha considerado andinos aceptados en la rigurosa selección médica exigida por la empresa minera.

* Véase 3ª memoria en este mismo número.

a).—Aceleraciones ordinarias bradicárdicas.

En condiciones de reposo el pulso presenta las mismas características que ya hemos anotado en las regiones habitables, esto es que se desvía por debajo de la cifra 71-80 pulsaciones que hemos adoptado, siguiendo a la mayor parte de los autores, como frecuencia media del pulso al nivel del mar.

En el cuadro siguiente están consignadas las aceleraciones obtenidas en condiciones no básicas de reposo, así como las frecuencias bradicárdicas, que no guardan paralelo con lo que pasa en la costa.

CUADRO XI

Sierra-Morococha: 4500 m. P.B. 438 mm.

Aceleraciones por minuto	40	51-60	61-70	71-80	81-90	91-100	100-110	111-120
Nº de casos (Total 1300)	1	31	100	113	33	18	3	1
Costa - Lima 170 m. P.B. 747mm.	10	55	30	5				
<u>Aceleraciones de tipo bradicárdico</u>								
Aceleraciones	40	52	58	58	60			
Nº de casos (Total 32)	1	5	6	1	10			

Este hecho está comprobado con los datos recientísimos de mi colaborador de Oroya, Dr. E. Tapia, quien prosigue estos estudios.

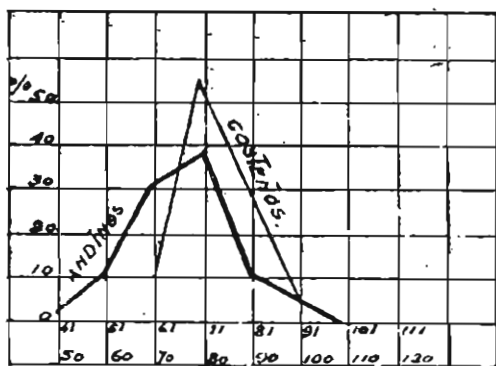
Aceleraciones

	Serie Tapia-Oroya 3700- Condición: reposo en cama (afecciones quirúrgicas.)				
	50	51-60	61-70	71-80	81-90
Frecuencias.....	50	51-60	61-70	71-80	81-90
Casos.....	5	23	33	23	14
Porcentajes.....	5.1	23.4	33.7	23.4	14.4

La conclusión es evidente y se aprecia mejor en la gráfica N.º 3. En la altura, la aceleración es de tipo bradicárdico predominante tal como ha ocurrido en los andinos estudiados ante-

riormente. La curva de la costa alcanza su vértice en 71-80 pul-

GRÁFICA N.º 3



FRECUENCIA DE PULSACIONES
(30' REPOSO)
PORCENTAJES 300 CASOS.

saciones con un porcentaje de 54%. Para los andinos el vértice es sólo de 37%. La diferencia se debe a que estos, en el mayor número de casos tienen aceleraciones de tipo bradicárdico,—70 a 48. Por el contrario las aceleraciones de tipo taquicárdico que en la costa llegan a 35%, en la sierra apenas alcanzan 18%. El resumen siguiente dá cuenta fácil del fenómeno.

Aceleraciones

Localidades	Tipo bradicárdico	Tipo medio	Tipo taquicárdico
	48-60	61-70	71-110
Morococha (4500 m.)	45	37	18
Lima..... (170 m.)	10	55	35

b.—Pulso taquicárdico estable.

Pero además debemos llamar la atención sobre las cifras taquicárdicas de Morococha, en las que hemos podido sorprender un fenómeno que necesita mayor investigación. Como Pesce hiciera una segunda determinación de la frecuencia del corazón después de 30 minutos de reposo, hemos comparado ambas aceleraciones. Prescindiendo de los casos de frecuencia fisiológica menor por el reposo tal como ocurre dentro de las leyes de la Fisiología, consideraremos únicamente los casos de *pulso normal taquicárdico estable*.

Cuadro XII

Aceleraciones Tipo Taquicárdico estable										
Casos N.º.....	354	357	367	383	415	417	462	525	541	542
No básicas.....	100	100	90	114	100	104	120	92	96	96
Después de 30 m. de reposo.....	96	96	96	116	92	92	100	100	96	100
Casos.....	554	612	621	630	937	370	377	396		
No básicas.....	110	96	114	100	92	100	116	96		
Después de reposo	104	96	110	92	94	112	100	100		

Estas 18 observaciones no constituyen un fenómeno banal sino que deben ser referidas a formas de inestabilidad cardiaca que con cierta frecuencia encontramos en las alturas y de las que nos ocuparemos en el capítulo respectivo. Nada podemos decir todavía ni sobre su frecuencia ni si las grandes alturas habitadas influyen en su provocación, pero sí afirmamos que por la naturaleza de sus ocupaciones, por el exámen clínico severísimo y las pruebas funcionales de eficiencia, se puede concluir que se encuentra en sujetos perfectamente sanos.

En suma: *aceleraciones de tipo bradicárdico* en las alturas predominante y *formas taquicárdicas estables* sin compromiso de la capacidad de reserva del corazón, acusan nuevas características del corazón del andino. Estudiémoslas mejor, particularmente en lo que se refiere a la aceleración en relación al esfuerzo.

c).—Forma del pulso: reacciones normal, ortocárdica, bradicárdica, taquicárdica y mixtas.

En cuanto a la forma del pulso después del trabajo, en Morochocha, hemos encontrado resultados enteramente insospechados, sorprendiendo una gran riqueza de expresiones fisiológicas distintas de las del hombre del nivel del mar.

El plan de trabajo fué el siguiente. Los sujetos después de su presentación y tras un breve reposo se sometían a exámen: a) numeración del pulso; b) ascenso y descenso sucesivo (prueba Master) de 25 veces dos escalones cada uno, de 9 pulgadas, lo que producía en minuto y medio un trabajo aproximado de 3000 pies-libras; c) inmediatamente después nueva numeración del pulso de $\frac{1}{4}$ en $\frac{1}{4}$ de minuto. Se detenía la numeración cuando se obtenía cuentas concor-

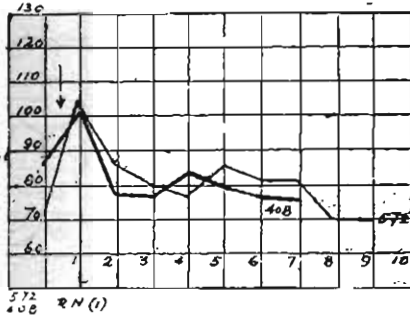
dantes. Se sumaba luego los resultados de 4 en 4 para obtener los valores por minuto.

Se sabe que la reacción fisiológica al esfuerzo normalmente se traduce por una aceleración del pulso que retorna en escalones al nivel anterior, después de un tiempo variable para cada individuo y para cada esfuerzo. Master y nosotros sobre la base de 3000 pies-libras de trabajo hemos comprobado que la vuelta a la calma se hace normalmente en 2 minutos en la Costa. Es entendido que la prueba funcional completa exige las determinaciones de las tensiones arteriales cuyos valores retornan igualmente a la normal en el mismo tiempo. Pero como lo que perseguimos es únicamente estudiar la forma del pulso después del esfuerzo y no la eficiencia del corazón, los resultados alcanzados conservan todo su valor, bien entendido por cierto que designamos con el nombre de reacción normal aquella que pasa por una primera fase acelerativa como en la Costa para caer después a la normal y que llamamos reacción supranormal toda reacción en que la respuesta es de tal manera eficiente que demuestra una capacidad extraordinaria del miocardio, sea por que no hay cambio de aceleración o porque se producen fenómenos paradójicos, como veremos en seguida. De los estudios llevados a cabo sobre más de 500 personas (hemos descartado todos aquellos casos patológicos que estudiaremos en su oportunidad); solo consideramos aquellos casos en que la respuesta cardiaca al esfuerzo clínicamente pudo ser juzgado como normal. Quedan, pues un total de 238 observaciones, base de este trabajo discriminativo. En fin, para evitar toda causa de error resultado de las numeraciones de las pulsaciones, admitimos un error posible de cálculo (7 pulsaciones por minuto), error al que no se ha llegado en este tipo de experimentación, precisamente por la circunstancia de contarse el pulso ininterrumpidamente durante varios minutos pero, con todo, lo estimamos tal a fin de que nuestros resultados sean incommovibles.

Ahora bien, únicamente en el 52% de los casos hemos obtenido como respuesta cardio-vascular una reacción normal, esto es: fase de aceleración seguida por otra de disminución progresiva hasta llegar a la normal.

Caso 408.—Reacción normal—72-104-77-76.—Gráfica N.º 4

GRÁFICA N.º 4.



REACCIÓN NORMAL

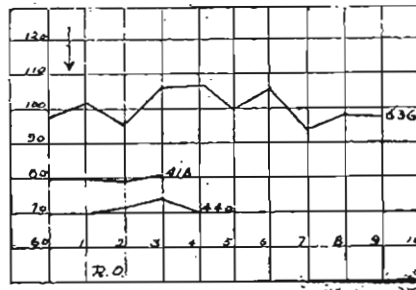
Nótese desde ahora que aún esta reacción no tiene el carácter franco que hemos señalado en líneas anteriores al hablar del pulso en las localidades habitables pues se observa cierta inestabilidad en la horizontalidad de la curva que vamos a encontrar después en otros tipos de reacción.

Las oscilaciones de la frecuencia cardiaca despues del esfuerzo nos permiten establecer

los siguientes tipos de reacción cardio-vascular, alguno de los cuales —el bradicárdico— fué señalado en la tesis de Cervelli por primera vez y del que hemos hablado anteriormente.

Existen casos en que la aceleración permanece invariable no obstante el esfuerzo, reacción de corazones supranormales, que se lo presentan ocasionalmente en el Llano los atletas en forma (boxeadores, maratonianos, etc.). A este tipo de reacción la hemos denominado ortocárdica y en ella puede verse dos sub-tipos : la ortocárdica estable (Caso 418) y la inestable (Caso 636). Citaremos los ejemplos siguientes :

GRAFICA N.º 5



REACCIÓN ORTOCÁRDICA

Cuadro XIII

Reacción ortocárdica—Gráfica N.º 5

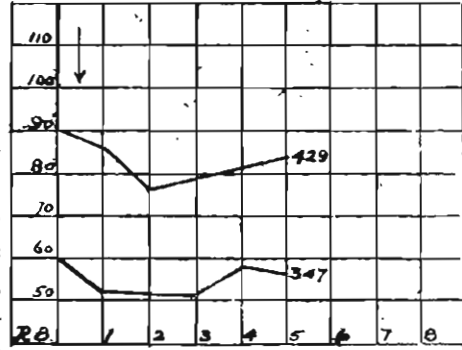
Estable. —Caso 418.—80-80-79-80

Estable. — id 440.—70-70-72-74-70

Inestable.— id 636.—98-102-96-106-106-105-94-94

GRÁFICA N.º 6

En otros casos la aceleración disminuye, contrariándose todas las leyes de la Fisiología; el corazón se hace mas lento después del esfuerzo y la bradicardia se profundiza en los minutos subsiguientes para subir después a la normal de origen. Este tipo nunca ha sido señalado y debe referirse, como veremos después, a un corazón o bien supranormal o bien a la acción del vago que determina un enorme gasto pulsatorio en bradicardia. En el capítulo sobre el Sistema Nervioso del Andino encontraremos la explicación de este fenómeno paradójico de significación verdaderamente sensacional que nos dá derecho a hablar de Fisiología Andina.



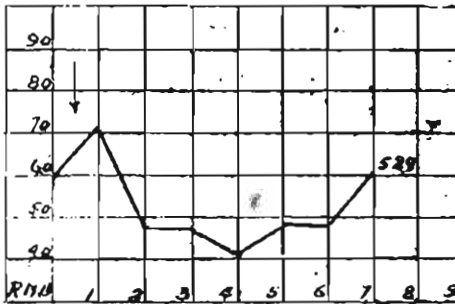
REACCIÓN BRADICÁRDICA

Reacción bradicárdica.—Gráfica N.º 6

Caso 347.—60-52-51-50-58-54

Caso 429.—90-76-78-82-84

GRÁFICA N.º 7



Como subtipo de esta reacción mencionaremos los casos en que la frecuencia del pulso responde en un primer momento para caer después por debajo de la cifra de origen, y determinar una fuerte bradicardia que mas tarde sube a la normal de origen por escalones.

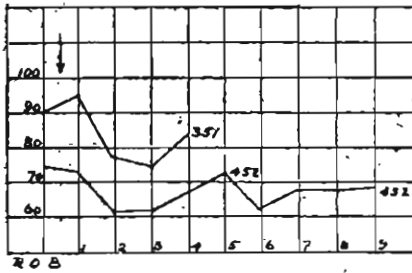
REACCIÓN NORMO-BRADICÁRDICA.

Reacción normal bradicárdica.—Gráfica N.º 7

Caso 529.—60-71-48-48-42-48-48-60.

Caso.—80-91-72-60-70-71-71-78.—Gráfica N.º 1.

GRÁFICA N.º 8



REACCIÓN ORTO-BRADICÁRDICA

Reacción ortobradicárdica.—Gráfica N.º 8

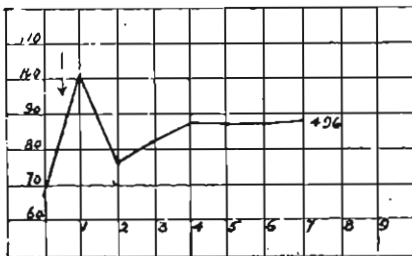
Caso 452.—73-72-61-61-67-72-62-77-77-78.

Caso 361—90-94-77-75-84.

En fin hay lugar aún para considerar distintas formas de reacciones taquicárdicas que no corresponden, como pudiera creerse en todos los casos, a pruebas de funcionalidad insuficiente sino a reacciones peculiares de los andinos.

En un primer tiempo el sujeto reacciona normalmente para hacer luego una taquicardia desconcertante pues parece no responder a ningún objetivo, por lo menos dentro de los hechos conocidos de la Fisiología oficial y en verdad para lo cual no podríamos dar una debida interpretación, como en los casos anteriores, a no ser que la juzgáramos en relación con la inestabilidad cardiaca de que hablaremos inmediatamente después. (Gráficas N.º 9 y 10.)

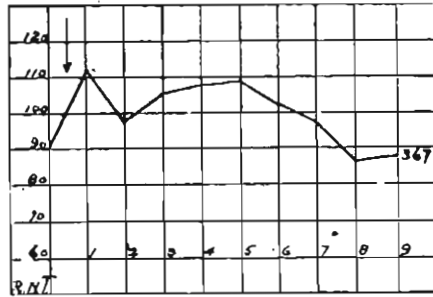
GRÁFICA N.º 10



REACCIÓN NORMAL TAQUICÁRDICA

En otras ocasiones la aceleración no cambia en el primer minuto y luego el pulso cae por debajo del nivel de origen en franca bradicardia que sube después a la normal. Esta reacción, como en ciertos casos anteriores puede estar acompañada de inestabilidad del pulso.

GRAFICA N.º 9



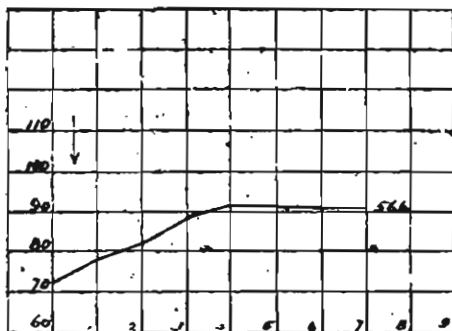
REACCIÓN NORMAL TAQUICÁRDICA

Otras veces la aceleración es bastante marcada en el primer minuto y en los siguientes continúa ascendiendo por escalones de muy próximo nivel para llegar a cifras elevadas varios minutos después de terminado el esfuerzo.

Reacción taquicárdica por escalones.—Gráfica N° 11

Caso 566.—72-77-81-88-91-91-91-91-

GRÁFICA N.º 11



En algunos casos la taquicardia es brusca y extremada y permanece estable por un espacio de tiempo que nada tiene que hacer con la resistencia del sujeto quien se muestra perfectamente tranquilo y extraño a su taquicardia.

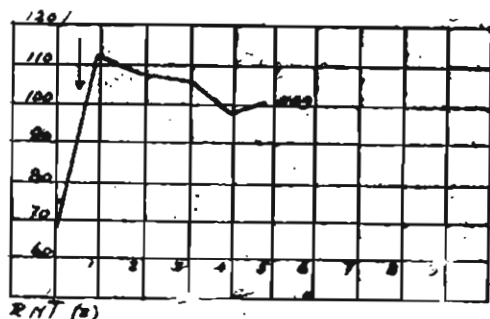
REACCIÓN TAQUICÁRDICA
EN ESCALONES

Reacción taquicárdica estable.—Gráfica N° 12

Caso 449.—67-102-107-106-98-101.

GRAFICA N.º 12

En suma, el ritmo del corazón del andino en las grandes alturas, frente al esfuerzo, se establece conforme a las expresiones siguientes :



REACCIÓN TAQUICÁRDICA ESTABLE

REACCIÓN NORMAL R. N.	{	R. N.		102
		R. N.	inestable	7
		R. N.	bradicárdica R. N. B.	17
		R. N. B.	inestable	1
		R. N.	taquicárdica R. N. T.	15
		R. N. T.	inestable	4
		R. N. T.	estable	

REACCIÓN ORTOCÁRDICA R. O.	{	R. O.	supranormal R. O. S.	29
		R. O. S.	inestable	2
		R. O.	bradicárdica R. O. B.	14
		R. O. B.	inestable	1
		R. O.	taquicárdica R. O. T.	2
		R. O. T.	estable	1
		R. O. T.	inestable	1

REACCIÓN BRADICÁRDICA R. B.	{	R. B.	supranormal R. B. S.	25
		R. B.	inestable	1

REACCIÓN TAQUICÁRDICA R. T.	{	R. T.		7
		R. T.	estable	4

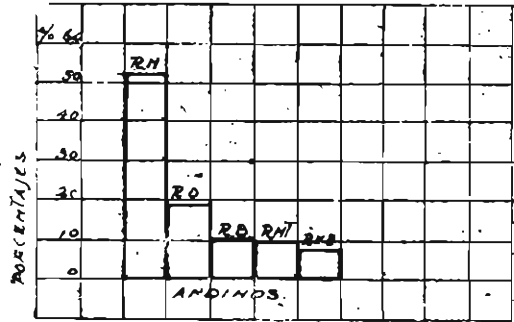
Reacción normal	Reacción ortocárdica	Reacción bradicárdica	Reacción normo-taquicárdica	Reacción normo-bradicárdica
-----------------	----------------------	-----------------------	-----------------------------	-----------------------------

52.4 %	(19.3 %	10.8 %	10 %	7.5 %)
--------	---------	--------	------	--------

46. 7 %

GRAFICA N.º 13

Lo que significa que casi en el 50% los andinos responden fuera de las leyes conocidas de la Fisiología del Llano.



RITMO CARDIACO. MOROCOCHA

La interpretación de estos hechos insólitos debe ajustarse—hay que suponerlo—a distintos o perfeccionados o adquiridos mecanismos biológicos y circulatorios del Hombre de los Andes.

Desde luego hay dos tendencias definidas en el corazón del andino: una predominante, la frecuencia del sentido bradicárdico—37% de los casos—y la otra del sentido taquicárdico—10%—que no por ser menor es menos interesante ya que se liga no a la insuficiencia del corazón sino a ciertas características que profundizaremos inmediatamente después.

En lo que respecta a la primera, solo se concibe que el corazón deje de acelerarse con el esfuerzo si puede recurrir a otros procesos compensadores que lleven la misma cantidad de sangre para las exigencias del trabajo muscular que es siempre el mismo. Para tal caso no se dispone sino de un único expediente: aumentar el minuto volúmen, el gasto del corazón, lo que desgraciadamente no nos ha sido posible determinar directamente pero que—en el Capítulo respectivo—con un enorme caudal de pruebas indirectas demostraremos ampliamente. Por lo demás no hay esfuerzo mental, ni suposición discutible alguna en admitir que si el corazón en Morococha realiza en 40 latidos lo que en la Costa se hace en 120, es indispensable que el gasto pulsatorio esté aumentado en 66%. Que en ello hay ventaja para el Andino se deduce de la frecuencia de estas reacciones orto y bradicárdicas en la altura.

En cuanto a las reacciones taquicárdicas ya hemos dicho anteriormente que un 10% de los sujetos examinados las presentan con independencia de su capacidad de reserva que se mantiene íntegra. En ellos observamos algunos hechos de interés: con frecuencia en tales sujetos el esfuerzo no acentúa la taquicardia lo que significa que el volúmen pulsatorio se incrementa; otras veces la reacción taquicárdica se prolonga 20 y 30 minutos, queda estable, y lleva el corazón a un nuevo ritmo; en otras ocasiones la inestabilidad del pulso se agrega a todo lo largo del proceso reaccional. Si esto se debe poner a cargo de la inestabilidad del corazón andino que hemos entrevisto ya, es cosa que no podríamos aún concluir categóricamente.

e)—Pulso inestable. Dysrritmias.

Aparte de las anotaciones anteriores sobre inestabilidad de corazón que hemos visto aparecer en las reacciones de todo tipo y que puede apreciarse en las Gráficas N^o 8 (452), 4, 5 (636) exponemos a continuación algunas observaciones mas sobre la forma del pulso en las alturas. Al lado de las formas de taquicardia estable sin o después del esfuerzo en que cambia el ritmo, consideraremos en el cuadro inmediato una serie de observaciones que comprende a individuos cuyas pulsaciones han sido numeradas antes y después de un reposo no menor de 30 minutos.

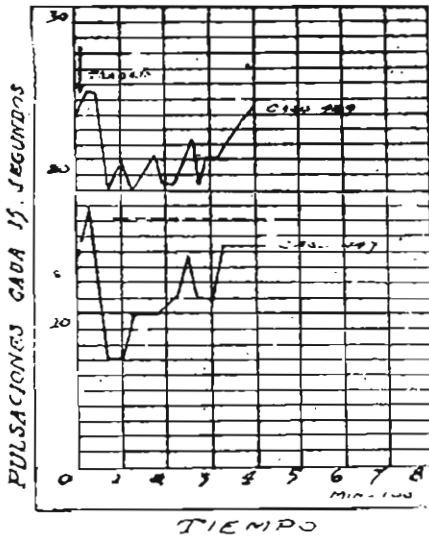
Aceleración después del reposo

Crec	376	377	381	382	415	428	443	445	446	449	455	473	490
	100	116	68	72	64	76	76	64	64	72	68	76	72
	112	100	80	84	76	84	84	72	72	80	84	86	84
Ceso	507	518	520	542	550	582	600	604	615	620	640		
	80	76	72	66	68	64	64	60	60	70	72		
	96	84	80	76	78	76	72	72	68	76	80		

La conclusión salta a la vista, la aceleración es mayor después del reposo en un 10% de los casos observados lo que parecía estar en contra de la lógica si nos empeñáramos en continuar aplicando a los andinos la Fisiología del nivel del mar. Es verdad que este fenómeno no lo hemos encontrado en las localidades habitables, tal vez por falta de la debida observación, * pero en cambio se concilia con las taquicardias inusitadas (Gráfica N^o 10, 12, las frecuencias bradicárdicas) (Gráficas N^o 4, 5, 8); todo lo cual debe formar par-

* La revisión posterior de nuestros protocolos de 1930 (Huancayo) nos permite asegurar que también observamos este fenómeno sin darle interpretación.

GRAFICA N.º 14



RITMO INESTABLE

te de la inestabilidad de ciertos corazones en la altura. Tales cosas apenas son observables a nivel del mar en ciertos estados morbosos o constitucionales: Basedow, Síndrome de esfuerzo, Vaso neurosis con o sin Hipertonía. etc., que estan muy lejos de sufrir los robustos andinos que laboran en el altiplano a 5000m. de altura. Debe, pues, buscársele una explicación distinta en una distinta Fisiología Andina.

Acentúa mejor este conocimiento de inestabilidad del corazón el estudio del ritmo pulsátil cuando se cuenta las pulsaciones cada 15 segundos y se observa en ciertos casos los cambios clarísimos del ritmo de un momento

a otro; hay corazones que laten relativamente apenas 36 veces al minuto de esfuerzo (Gráfico N.º 14). Las observaciones siguientes hacen ver bien la inestabilidad que se repite en numerosísimos casos que no vale la pena exponer en su totalidad, ya que el hecho queda constatado.

Graf. 14.—Caso 429.—23-24-24-18-20-18-19-20-19-19-21-19
20-20-21-21-22-23-23

Graf. 14.—Caso 447.—16-12-12- 9- 9-10-10-10-10-11-13-12
12-14-14-14-14-14-14

Agreguemos aún dos tipos de arritmia observable en las alturas: uno muy frecuente, mientras mas marcada es la bradicardia, la arritmia sinusal y el otro, la arritmia extrasistólica, sin que tampoco guarden relación con la fatigabilidad del miocardio, por lo menos en lo que respecta a la cantidad de trabajo que pueden rendir los sujetos examinados por nosotros.

Caso 200.—Huancayo 3200 metros.—(A. L. Campeón de 10,000 metros).

Pulso	Trabajo	Pulso
64		104 — 76 — 64
64	Trabajo doble	96 — 86 — 64

A partir de este último momento, arritmia extrasistólica que pasa un cierto tiempo después.

Análoga constatación ha sido encontrada en algunos casos en Morococha.

En fin, advertimos que en pruebas funcionales deficientes hemos visto presentarse los fenómenos de inestabilidad del pulso acompañados de inestabilidad tensional y arritmia extrasistólica sobre la que no nos extendemos por ocuparnos de ella en la insuficiencia cardiaca de las alturas, de que hablaremos en el Capítulo respectivo.

(Con todo hay que notar que aún en sujetos de recia contextura como es el caso del corredor de 10000 metros, puede aparecer un tipo de arritmia cuya explicación no podríamos dar categóricamente por lo inusitado del hecho).

Fuchs (1912) demostró en el Instituto Mosso la existencia de períodos de fatiga para la contracción cardiaca que se expresaban en cambios de frecuencia y de capacidad contráctil, el *pulso de fatiga* que también ha sido señalado recientemente por Loewy (1931). Ocurre esto en las ascensiones a pié y, después de cierto número de días; con la adaptación, el fenómeno desaparece. Lo atribuyen a la fatigabilidad del miocardio en el que ocurriría algo análogo a lo que pasa en el músculo estriado cuya fatigabilidad en la altura fué demostrada por Mosso. Es evidente que tal explicación no cabe para los andinos porque precisamente no se puede hablar de fatigabilidad, ya que veremos como estos mismos sujetos dan resultados supranormales en las pruebas funcionales, lo que se comprobará mejor al ocuparnos del rendimiento del corazón por la medida de la respuesta cardiovascular. (Cervelli).

Conclusiones

El ritmo del pulso en el Hombre de los Andes es de menor frecuencia que el del nivel del mar, en condiciones de reposo y de ejercicio.

Durante el proceso adaptativo del hombre procedente del mar a las alturas aparece una tendencia bradicárdica que se expresa tanto en reposo como en esfuerzos moderados.

Hay fases bradicárdicas inusitadas durante el proceso adaptativo.

No es la regla la taquicardia al esfuerzo; hay reacciones de tipo bradicárdico : ortocárdicas, bradicárdicas, normo y ortobradicárdicas, sin apreciación subjetiva u objetiva de signos de fatiga.

Aproximadamente en 8 a 10 % de los casos hay reacciones taquicárdicas permanentes o escalonadas sin que el organismo exprese signos de fatiga.

Es frecuente la inestabilidad del pulso o manifestaciones arrítmicas en sujetos normales o aparentemente normales.

La ley de frecuencia al esfuerzo del corazón no sigue una relación lineal en los andinos. Para esfuerzos progresivos, dentro de límites normales, la taquicardia se frena en una faz bradicárdica terminal.

La fisiología de la circulación del andino responde a procesos de regulación distintos de los usuales a nivel del mar.