

VALORES NORMALES DE VENTILACION Y AIRE ALVEOLAR EN SUJETOS JOVENES RESIDENTES EN MENDOZA

(747 m. s. n. m.)

POR LOS DOCTORES

J. R. E. SUÁREZ, E. Y. SOTTANO, E. O. ZANGHERI, F. O. FERNÁNDEZ *

Es conocido desde hace tiempo el hecho de que las alturas relativamente grandes provocan un aumento de la ventilación pulmonar, con descenso de la presión parcial del anhídrido carbónico en el aire alveolar. Sin embargo, no sólo no está completamente aclarado el mecanismo de esta adaptación respiratoria, sino que ni siquiera se conoce bien a partir de qué altura comienza a ponerse en juego.

En la literatura sobre el tema, la mayoría de las publicaciones refieren estudios a nivel del mar (1-4) o por encima de los 3.000 m (5-17).

En cambio, los datos sobre alturas intermedias son escasos y en general incompletos (17-22), no conociendo, por nuestra parte, ninguno obtenido en lugares de altura comparable a la de esta ciudad.

Este trabajo tiene como principal finalidad, la de establecer la posible influencia de la altura de la zona de Mendoza sobre algunos aspectos de la respiración. Al mismo tiempo, quedan establecidos los patrones normales de comparación para los exámenes de las funciones respiratoria y circulatoria en enfermos de esta zona.

MATERIAL Y METODO

Se estudiaron 20 mujeres y 30 hombres jóvenes, sanos, estudiantes de medicina,

* Instituto de Cardiología, Departamento de Fisiología, Facultad de Ciencias Médicas, Universidad Nacional de Cuyo, Mendoza.

TABLA 1 A. — Características físicas de los valores

Sujeto	Edad	Peso	Estatura	Superf. Corpor.
	años	kg	m	m ²
1) M.A.	21	70.0	1.715	1.81
2) A.R.	23	86.0	1.84	2.08
3) F.E.	22	73.5	1.71	1.84
4) A.F.	24	78.5	1.73	1.91
5) P.C.	20	69.5	1.75	1.83
6) C.S.	25	70.5	1.66	1.77
7) L.J.C.	19	85.5	1.80	2.03
8) G.A.	22	66.0	1.72	1.80
9) N.E.	20	100.0	1.93	2.29
10) C.G.	22	55.1	1.685	1.60
11) A.A.	23	70.0	1.74	1.84
12) L.H.	20	65.8	1.745	1.78
13) S.C.	20	68.0	1.735	1.81
14) C.H.L.	19	78.5	1.81	1.98
15) L.P.	20	62.7	1.675	1.68
16) G.A.	20	54.0	1.75	1.64
17) T.A.	21	86.0	1.81	2.05
18) C.H.C.	20	75.5	1.77	1.82
19) P.S.R.	19	67.7	1.765	1.82
20) G.S.	20	71.0	1.80	1.90
21) R.M.	20	82.0	1.78	2.00
22) G.R.	19	85.5	1.83	2.07
23) O.J.A.	24	74.0	1.79	1.92
24) B.C.	24	62.7	1.74	1.75
25) Z.E.O.	24	54.0	1.68	1.61
26) N.R.	20	58.0	1.67	1.65
27) P.J.A.	22	57.0	1.65	1.62
28) O.F.	21	79.5	1.76	1.95
29) E.L.V.	22	82.0	1.76	1.99
30) F.A.R.	22	69.8	1.76	1.85
Promedio	21.27	71.90	1.75	1.85

nativos o con residencia continuada de por lo menos 1 año en la zona de Mendoza (altura de la ciudad: 747.65 mts. sobre el nivel del mar; presión atmosférica aproximada 695 mm. Hg.). Sus características físicas aparecen en las tablas 1A, 1B, 2A y 2B.

Los sujetos concurrían al laboratorio por la mañana, en ayunas, colocándose en decúbito supino. Una vez alcanzadas buenas condiciones básicas (30 a 60 min.), se les medía la ventilación pulmonar en un gasómetro tipo Tissot, en períodos de

TABLA 1 B. — Características físicas de las mujeres

Sujeto	Edad	Peso	Estatura	Superf. Corpor.
	años	kg	m	m ²
1) S.A.	20	57.0	1.610	1.590
2) J.R.E.	19	50.0	1.600	1.500
3) C.C.R.	21	63.0	1.600	1.660
4) F.A.	20	52.5	1.615	1.540
5) F.C.	25	53.2	1.660	1.580
6) G.G.	22	61.0	1.570	1.610
7) R.E.C.C.	22	55.4	1.670	1.610
8) M.E.I.	24	55.0	1.550	1.530
9) O.D.	24	56.0	1.565	1.550
10) T.E.	22	55.7	1.600	1.570
11) A.S.	23	59.0	1.535	1.565
12) J.S.	23	52.0	1.567	1.500
13) S.P.	27	51.3	1.550	1.480
14) G.I.A.	19	61.0	1.600	1.630
15) M.I.	20	52.0	1.590	1.520
16) G.D.	20	45.4	1.500	1.374
17) R.J.	23	55.0	1.505	1.500
18) D.B.R.	20	65.0	1.650	1.720
19) T.D.	21	50.0	1.570	1.480
20) C.L.	19	56.8	1.590	1.570

TABLA 2 A. — Tratamiento estadístico de los datos de la tabla N° 1 A

	Promedio	Desvío Cuadrático	Error cuadrático del Térm. medio \bar{x}	Coefic. Varac. ω %	Rango
Edad - Años	21.3	± 1.79	± 0.33	8.4	19 — 25
Peso - Kg	71.9	± 10.88	± 1.99	15.1	54 — 100
Estatura - m	1.752	± 0.06	± 0.01	3.4	1.65 — 1.93
Sup. Corp. - m	1.85	± 0.16	± 0.03	8.6	1.60 — 2.29

10 min., la concentración del C₂ y del O₂ en el aire espirado, el consumo de O₂ y el equivalente de ventilación para el O₂. Inmediatamente se les tomaban muestras del aire alveolar espirado con método derivado del Haldane - Priestley.

Todos los análisis de gases se realizaron por duplicado en un aparato tipo Haldane - Henderson.

Se hizo un estudio estadístico de los resultados, tomándose como criterio de diferencia estadísticamente significativa a la que era igual o superior a tres veces su error "Standard".

RESULTADOS

Aparecen detallados en las tablas 3, 4, 5 y 6 ("A" para varones y "B" para mujeres) y en las figuras 1 a 6.

DISCUSION

El valor de la frecuencia cardíaca dio en los hombres un promedio de 66,59 pulsaciones por minuto, mientras el sujeto estaba conectado al aparato de Tissot; el hallado inmediatamente antes de conectarlo con las válvulas respiratorias, es decir, en estrictas condiciones básicas, fue de 64,4 pulsaciones por minuto. Los resultados obtenidos evidencian que el examen de la ventilación fue realizado en condiciones satisfactorias.

Nuestros resultados no se separan apreciablemente de los obtenidos a nivel del mar, donde se han encontrado promedios de 61,8²³ y 62,3¹, esto último en sujetos de la misma edad que los nuestros.

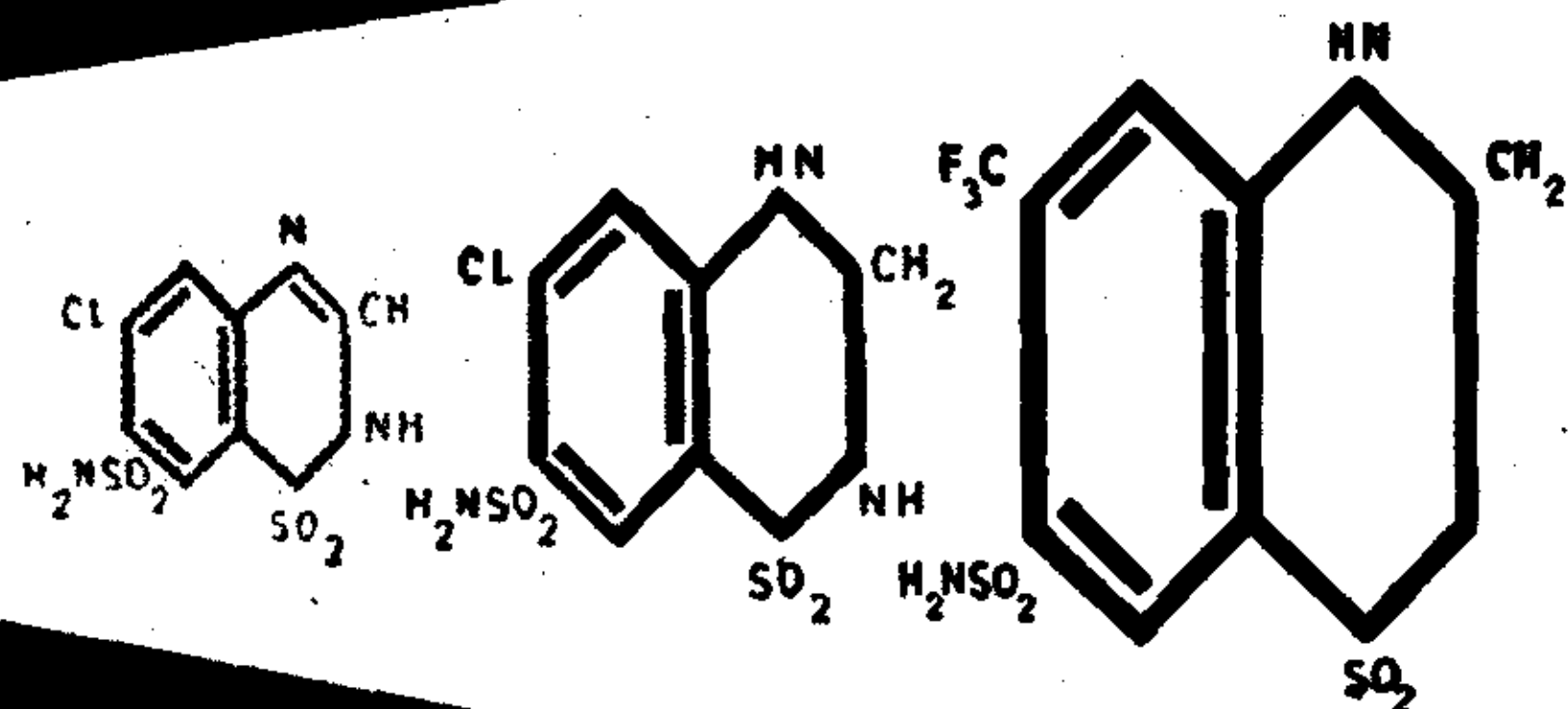
TABLA 2 B. — Tratamiento estadístico de los datos de la tabla N° 1 B

	Promedo	Desvío Catedrático 6	Error cuadrát. del térm. medio ε	Coeficeinte Variación ω	Rango
Edad - años	21.65	2.27	0.51	0.11 %	180 - 27.0
Peso - Kg.	55.3	4.82	1.08	8.70 %	45.4 - 65.0
Estatura - m.	1.585	0.05	0.01	2.84 %	1.500 - 1.670
Sup. Corp. m ²	1.55	0.08	0.02	4.83 %	1.37 - 1.72

TARLA 3 A. — Ventilación pulmonar y funciones correlacionadas en los varones

SUJETO	PULSO	FREC. RESP.	VENTIL. STPD	VENTIL. BTPS	VENT. BTPS SUP. CORP.	EQUIVA. VENTIL. O ₂	AIRE CORRIENTE	O ₂ CONS.	CO ₂ ELIM.	COC. RESP.	METABOL. BASAL	AIRE ESPIRADO	
												O ₂	CO ₂
	por min	por min	l/min	l/min	l/m ²	ml	ml	ml/min	ml/min		%	%	%
1) M. A.	51.0	13.0	4.973	6.59	3.64	27.10	507	243.0	186.0	0.766	- 4.75	16.20	3.77
2) F. E.	66.6	9.8	4.905	6.45	3.50	26.42	658	244.0	217.3	0.890	- 6.71	16.05	4.46
4) A. F.	62.2	12.1	5.291	7.80	4.08	25.65	645	304.0	235.8	0.775	+12.35	15.475	4.43
5) P. C.	65.4	17.6	6.090	8.15	4.45	29.95	463	272.0	231.3	0.850	+ 4.65	16.57	3.82
6) C. S.	69.2	12.6	4.729	6.284	3.55	27.49	499	228.8	195.7	0.855	- 6.21	16.37	4.17
7) L. J. C.	54.8	8.0	5.070	6.62	3.26	22.13	828	299.0	242.0	0.770	+ 1.41	15.24	4.85
8) G. A.	80.4	11.4	5.020	6.72	3.73	22.83	590	294.2	244.0	0.829	+ 1.59	15.29	4.89
9) N. E.	69.2	11.2	6.720	8.90	3.89	26.57	795	335.0	293.0	0.864	+ 3.29	16.08	4.39
10) C. G.	75.6	13.4	5.240	6.97	4.36	28.8	520	242.0	227.5	0.930	+ 6.7	16.34	4.37
11) A. A.	65.2	7.6	5.920	7.79	4.23	29.96	1025	260.0	223.0	0.858	- 0.19	16.67	3.80
12) L. H.	76.6	13.6	5.160	6.79	3.81	24.51	499	277.0	213.0	0.770	+ 9.76	15.715	4.15
13) S. C.	58.6	12.8	5.240	6.90	3.81	24.12	539	286.0	224.2	0.785	+11.4	15.635	4.315
14) C.H.L.	65.2	9.8	4.573	5.98	3.02	21.51	610	278.0	225.0	0.809	- 3.44	15.02	5.005
15) L. P.	60.0	15.9	4.825	6.38	3.80	26.35	401	242.0	198.2	0.818	+ 1.71	16.13	4.135
16) G. A.	75.6	14.8	4.692	6.23	3.80	26.75	421	233.0	189.7	0.814	+ 0.37	16.19	4.07
17) T. A.	56.4	15.6	5.60	7.432	3.62	28.37	476	262.0	200.0	0.763	- 9.76	16.125	3.60
18) C.H.C.	64.6	14.0	4.940	6.52	3.58	25.25	466	258.0	203.5	0.788	+ 0.12	15.95	4.15
19) P.S.R.	69.6	15.2	5.66	7.58	4.16	27.08	499	280.0	240.0	0.857	+ 8.78	16.15	4.27
20) G. S.	69.2	13.8	5.63	7.45	3.92	26.30	540	283.5	203.5	0.720	+ 5.12	16.62	3.645
21) R. M.	69.2	8.0	4.511	6.03	3.02	21.83	754	276.2	224.6	0.810	- 2.56	15.035	5.015
22) G. R.	62.0	14.8	5.460	7.27	3.51	23.50	491	309.0	223.3	0.770	+ 2.6	15.61	4.12
23) O.J.A.	57.2	11.6	4.380	5.79	3.02	23.30	499	242.5	192.6	0.780	- 8.70	15.53	4.43
24) B. G.	48.8	13.2	4.480	5.95	3.40	25.52	451	233.0	177.5	0.760	- 5.90	16.00	4.07
25) Z.E.O.	66.0	5.4	3.460	4.581	2.85	22.88	848	200.2	146.2	0.730	- 10.0	15.49	4.26
26) N. R.	71.6	16.4	4.370	5.80	3.50	21.36	354	220.0	161.3	0.730	- 5.85	16.19	3.72
27) P.J.A.	64.8	10.4	3.280	4.35	2.69	21.15	418	205.7	151.5	0.740	- 10.7	15.01	4.65
28) O. F.	62.4	16.0	4.883	6.48	3.32	24.73	405	262.0	197.3	0.760	+ 5.2	15.85	4.07
29) EL.V.	64.2	15.6	4.640	6.20	3.12	24.60	397	252.0	190.2	0.750	- 10.5	15.80	4.13
30) F.A.R.	69.6	12.0	4.956	6.60	3.56	24.10	550	274.2	208.1	0.760	+ 4.2	15.69	4.23
PROMEDIO	66.5°	12.6	4.986	6.64	3.59	25.18	557	262.1	211.2	0.793	- 0.17	15.86	4.24

ES UNA MOLECULA TOTALMENTE NUEVA



Sisuril

METFORILTIAZIDINA

INDICACIONES:

- Edema cardíaco
- Edema renal
- Edema cirrótico
- Edema medicamentoso
- Toxemia del embarazo
- Preeclampsia
- Tensión premenstrual
- Hipertensión
- Obesidad.

CONTROL DURANTE LAS 24 HORAS CON SOLO DOS DOSIS

Una nueva magnitud de potencia diurética
Disponibile en todas las Farmacias de la República

Fabricado con licencia de Sarath - Ginebra - Suiza
Leo Pharmaceutical Products
Copenhague - Dinamarca

MEAD JOHNSON INTERNATIONAL LTD.
SUC. BUENOS AIRES

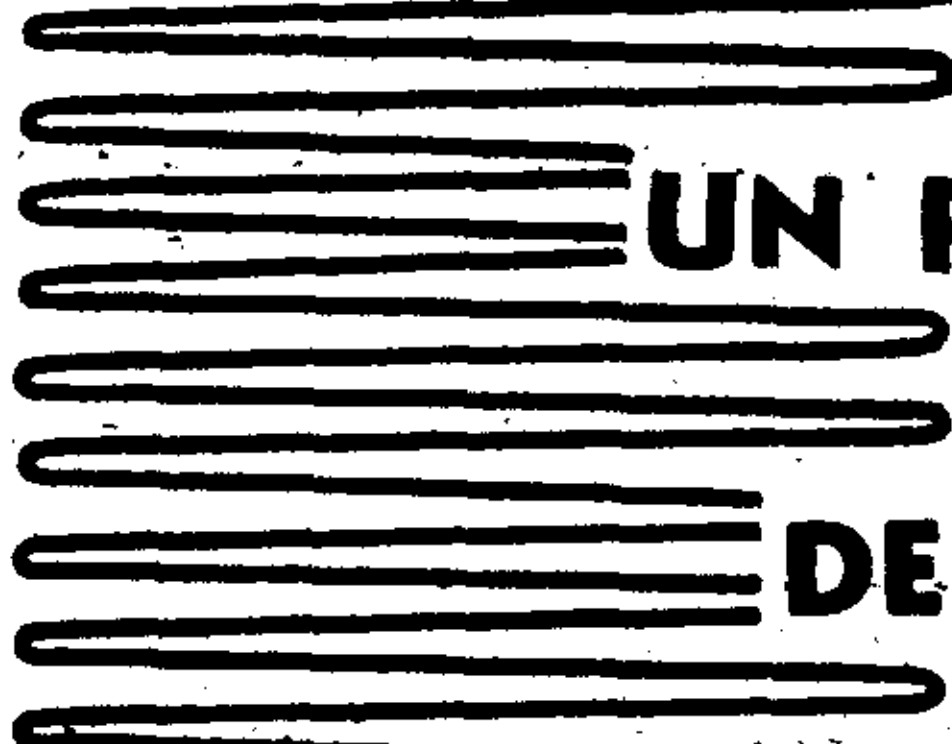
SOLIS 225

T. E. 45 - 1518, 2262 y 0657



Mead Johnson

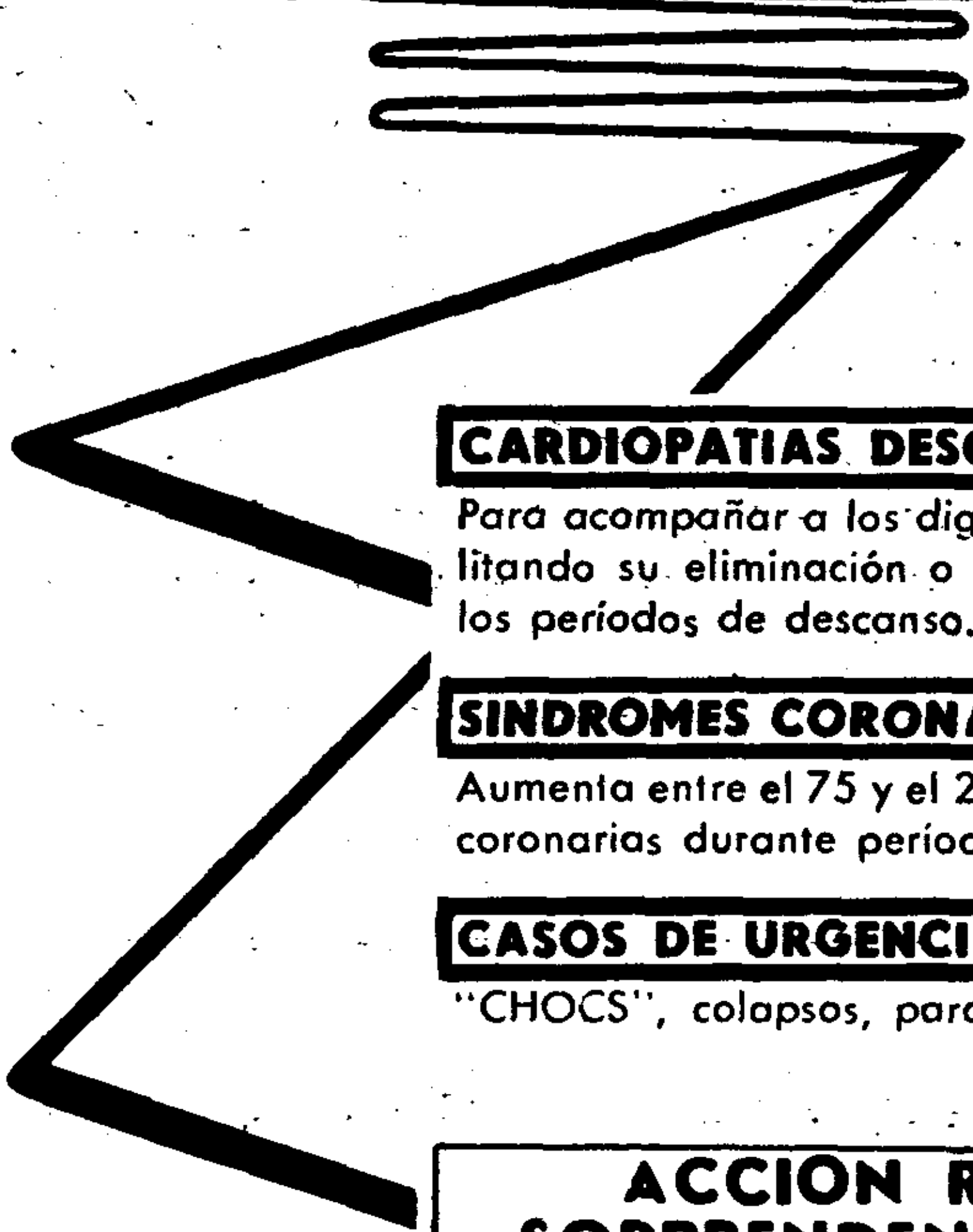
Símbolo de servicio en medicina



**UN PROGRESO DECISIVO
EN LA TERAPEUTICA
DE LAS CARDIOPATIAS**

DELMITON

(clorhidrato de amina-2-metil-6-heptanol-6)



CARDIOPATIAS DESCOMPENSADAS:

Para acompañar a los digitálicos reforzando su acción, facilitando su eliminación o para suplirlos transitoriamente en los períodos de descanso.

SINDROMES CORONARIANOS:

Aumenta entre el 75 y el 230% el rendimiento de las arterias coronarias durante períodos de 60 a 200 minutos.

CASOS DE URGENCIA:

"CHOCS", colapsos, paro cardíaco, lipotimias.

**ACCION REANIMADORA
SORPRENDENTEMENTE RAPIDA.**

POSOLOGIA

Adultos: 1 a 4 ampollas de 5 cm³ por día, vías intramuscular o intravenosa. También puede emplearse en perfusión intravenosa lenta diluyendo 20 cm³. (4 ampollas de 5 cm³.) en 250 cm³. de suero glucosado.

2 a 8 comprimidos por día

Niños: ½ a 2 cm³. 1 a 4 veces por día
En la asfixia del recién nacido inyectar ½ a 1 cm³ en la vena del cordón umbilical
1 a 3 comprimidos por día.

PRESENTACION

Frascos de 20 comprimidos Cajas de 6 ampollas de 2 y 5 cm³



Salguero 560 - Buenos Aires

**Consagrado en Francia bajo el nombre de
HEPTAMYL**

TABLA 3 B. — Ventilación pulmonar y funciones correlacionadas en las mujeres

SUJETO	PULSO	FREC. RESP.	VENTIL. STPD	VENTIL. BTPS	VENT. BTPS SUP. CON.	EQUIVAL. VENTIL. O ₂	AIRE CORR.	O ₂ CONS.	CO ₂ ELIM.	COC. RESP.	METABOL. BASAL	AIRE ESPIRADO	
												O ₂	CO ₂
	por min	por min	l/min	l/min	l/m ²	ml	ml	ml/min	ml/min		l	l	%
1) S. A.	78.8	18.4	4.165	5.53	3.49	26.10	301	213.0	152.5	0.72	- 5.36	16.12	3.69
2) J. R. E.	73.2	18.8	4.17	5.50	3.66	31.60	293	174.0	141.8	0.81	- 9.70	16.93	3.47
3) C. CR.	78.4	16.8	4.830	6.42	3.87	29.49	382	217.8	174.4	0.80	- 3.00	16.62	3.64
4) F. A.	80.2	15.0	3.485	4.66	3.03	25.50	311	188.0	139.1	0.76	- 6.77	15.95	4.04
5) F. C.	70.0	12.0	3.740	4.95	3.13	26.33	413	189.0	149.2	0.79	- 5.93	16.10	4.02
6) G. G.	70.2	9.8	3.920	5.24	3.26	27.07	353	193.6	158.4	0.81	- 5.61	16.19	4.07
7) R. E. C.	70.4	15.0	3.800	5.08	3.15	27.29	339	196.1	137.9	0.74	- 9.43	16.33	3.66
8) M. E. I.	70.2	13.0	4.050	5.40	3.53	27.43	416	197.0	148.8	0.76	+ 0.95	16.33	3.71
9) O. D.	76.4	9.6	4.410	5.85	3.78	28.05	610	208.6	159.7	0.77	+ 5.53	16.44	3.65
10) T. E.	70.0	17.6	4.302	5.69	3.62	29.47	338	193.1	165.6	0.86	- 3.52	16.59	3.88
11) A. S.	72.2	19.0	4.370	5.79	3.50	28.84	305	200.8	165.0	0.82	- 4.96	16.52	3.81
12) J. S.	67.6	15.6	3.470	4.59	3.06	26.53	294	173.1	124.5	0.72	- 9.48	16.24	3.62
13) S. P.	72.8	8.4	4.170	5.55	3.75	27.03	661	205.3	176.5	0.86	+ 10.00	16.16	4.27
14) G. I. A.	62.6	11.6	4.106	5.37	3.30	24.45	463	219.7	170.0	0.77	+ 0.50	15.85	4.14
15) M. I.	80.8	17.0	3.996	5.35	3.52	26.91	315	198.8	150.6	0.76	+ 2.68	16.22	3.80
16) G. D.	72.0	7.2	2.972	3.90	2.83	21.35	541	182.7	130.8	0.72	+ 3.96	15.17	4.43
17) R. J.	67.6	18.0	4.412	5.85	3.90	32.76	325	178.5	152.4	0.85	- 6.96	17.02	3.49
18) D. B. R.	70.6	14.8	4.634	6.15	3.57	27.55	416	223.1	183.8	0.82	+ 1.78	16.31	3.99
19) T. D.	76.8	16.8	4.433	5.93	4.00	30.97	353	195.1	150.3	0.78	+ 1.54	16.82	3.42
20) R. L.	79.2	22.0	5.123	6.83	4.36	33.62	310	203.1	166.2	0.82	+ 0.67	17.13	3.28

En las mujeres, el promedio fue de 73,0 pulsaciones por minuto, y antes de conectar con el espirómetro de 71,0, coincidiendo éste con valores obtenidos a nivel del mar ²³.

En cuanto a la frecuencia respiratoria, el promedio fue en los hombres de 12,6 por minuto, superponible a los 13 encontrados a nivel del mar por Suárez, (datos inéditos correspondientes a Buenos Aires), y a los de Robinson ¹ cuyo promedio fue 11,4. En las mujeres el promedio fue de 14,82 respiraciones por minuto.

Es de hacer notar en el estudio de nuestra serie de varones, la coincidencia de los valores de ventilación (3.59 l/min/m², B. T.P.S. $\epsilon \pm 0,08$, extremos 2,69 y 4.45) con los encontrados a nivel del mar por Robinson ¹ (3,54 l/min/m²), Baldwin y col. ³, en U.S.A. (3.60, $\epsilon \pm 0,07$), rango 3,1 y 4,5), y por Suárez ⁴ en Buenos Aires (3,65, $\epsilon \pm 0,09$, rango 2.50 y 4.55) en

sujetos de ambos sexos y de edad comparable.

Valores similares fueron encontrados también por Chiodi (comunicación personal) en Buenos Aires.

En cambio, dentro de los estudios realizados por debajo de los 3.000 m, Delius y col. ¹⁸, trabajando a 2.860 m en el laboratorio italiano del Col d'Olen (Instituto Angelo Mosso) y Anderson y col. ²¹ a 5.300 pies (1.616 m) en Denver, Colorado, U. S.A., hallaron un definido aumento de la ventilación pulmonar. En el caso de estos últimos autores, la media de 4.50, $\epsilon \pm 0.14$, dio, una diferencia estadísticamente significativa respecto de sus resultados en el llano y de los nuestros en Mendoza (diferencia 0.91 $\epsilon dp \pm 0.16$).

Resumiendo, puede concluirse que en condiciones básicas, los sujetos ventilan el mismo volumen (BTPS) a los 747 m de altura que a nivel del mar. Pero la masa

TABLA 4 A. — Tratamiento estadístico de los datos de la tabla N° 3 A

	Promedio	Desvío cuadrático δ	Error cuadrát. del término medio ϵ	Coefic. Varidc. ω	Rango
Pulso - por min.	66.59	± 7.55	± 1.40	11.3	48.8 - 0.4
Frec. Respirac. por minuto	12.6	± 2.97	± 0.55	23.6	5.4 - 17.6
Ventil. BTPS 1/min.	6.64	± 0.96	± 0.18	14.4	4.35 - 8.90
Ventil. BTPS Sup. Corpor. 1/m ²	3.59	± 0.44	± 0.08	12.3	2.69 - 4.45
Equiv. Vent. O ₂ ml	25.18	± 2.50	± 0.46	9.9	21.15 - 29.96
Aire Cte. ml	557	± 158.1	± 29.35	28.4	354 - 1.025
Coc. Resp.	0.793	± 0.055	± 0.010	7.0	0.720 - 0.930
Aire esp. O ₂ %	15.86	± 0.47	± 0.09	3.0	15.01 - 16.67
CO ₂ %	4.24	± 0.38	± 0.07	9.0	3.60 - 5.02

TABLA 4 B. — Tratamiento estadístico de los datos de la tabla N° 3 B

	Promedio	Desvío cuadrático δ	Error cuadrático término medio ϵ	Coeficiente variación ω	Rango
Pulso - por minuto	73.0	± 4.89	± 1.09	6.7	62.6 - 80.6
Frecuencia Respir. por minuto	14.8	± 3.99	± 0.89	26.9	7.2 - 22.0
Ventilación BTPS 1/min	5.48	± 0.66	± 0.15	12.0	3.90 - 6.83
Ventilación BTPS Sup. Corpor. 1/m ²	3.52	± 0.38	± 0.08	10.7	2.83 - 4.36
Equiv. Ventilac. O ₂ ml	27.92	± 2.87	± 0.64	10.3	21.35 - 33.62
Aire corriente ml	395	± 111.2	± 24.86	28.1	292.6 - 660.5
Cociente respiratorio	0.79	± 0.04	± 0.01	5.4	0.72 - 0.86
Aire espirado O ₂ %	16.35	± 0.45	± 0.10	2.7	15.17 - 17.13
CO ₂ %	3.80	± 0.30	± 0.07	7.8	3.28 - 4.43

TABLA 5 A. — Aire alveolar en los varones

Sujeto	CO ₂		O ₂	
	%	mm Hg	%	mm Hg
1) M. A.	6.48	45.03	12.85	89.72
	6.04	42.20	12.86	89.80
2) A. R.	5.43	35.75	14.74	96.80
	5.43	35.75	14.67	96.30
4) A. F.	6.38	41.15	13.47	86.90
	6.02	38.32	13.54	87.15
5) P. C.	5.65	36.45	14.64	94.49
	5.83	37.60	14.16	91.40
6) C. S.	6.42	41.81	13.56	88.60
	6.28	41.02	13.67	89.25
7) L. J. C.	5.98	41.15	13.91	96.81
	6.24	43.31	12.77	88.69
8) G. A.	6.72	43.30	13.03	84.00
	6.88	44.80	12.66	81.70
9) N. E.	5.91	40.90	12.78	88.50
	6.18	42.80	13.94	96.50
10) C. G.	6.03	39.00	13.68	88.60
	6.04	39.15	13.32	86.40
11) A. A.	4.46	29.28	16.21	106.41
	4.28	28.09	16.65	109.29
13) S. C.	6.11	40.10	12.62	82.90
	5.67	37.50	13.34	87.60
14) C. H. L.	6.53	42.62	13.15	85.70
	6.65	43.36	12.54	81.80
15) L. P.	6.37	41.55	13.47	88.00
	6.44	42.00	13.74	89.60
16) G. A.	6.48	41.80	13.10	84.40
	6.44	41.55	12.73	82.00
18) C. H. C.	7.03	45.85	13.68	89.20
	6.97	45.45	13.38	87.20
19) P. S. R.	6.13	39.55	13.68	88.20
	6.16	39.71	13.75	88.70
20) G. S.	5.87	38.30	13.92	90.80
	5.87	38.30	13.72	89.50
21) R. M.	6.28	40.55	12.26	79.20
	6.10	39.40	13.54	82.50
22) G. R.	6.25	40.52	12.52	81.20
	6.03	39.10	13.00	84.30
23) O. J. A.	6.39	41.75	12.39	80.98
	6.51	42.53	12.45	81.30
24) B. G.	6.02	39.30	14.30	93.30
	5.92	38.63	15.18	99.10
25) Z. E. O.	5.18	33.77	13.68	89.10
	5.53	36.05	12.88	83.97
27) P. J. A.	6.28	43.85	13.06	91.20
	6.43	44.90	12.29	85.80
28) O. F.	6.55	42.65	13.13	85.50
	6.23	40.55	12.73	82.90
29) E. L. V.	6.56	42.40	11.70	75.57
	6.32	40.82	13.17	85.00
30) F. A. R.	6.02	38.90	13.27	85.82
	6.02	38.90	13.50	85.70
Promedio	6.12	40.19	13.42	87.81

de aire movilizado (STPD) es mayor a nivel del mar que en Mendoza, por la diferencia de presión atmosférica. Como se verá a propósito de la concentración del CO₂ en el aire espirado y alveolar, esto juega un papel importante para explicar algunos de nuestros resultados.

TABLA 5 B. — Aire alveolar en las mujeres

SUJETO	CO ₂		O ₂	
	%	mm Hg	%	mm Hg
1) S. A.	5.82	37.84	12.98	84.40
	5.75	37.39	13.03	84.72
2) J. R. E.	5.87	38.38	13.30	86.51
	5.90	38.38	13.78	89.64
3) C. C. R.	5.74	37.29	11.73	76.19
	5.72	37.16	12.02	78.10
4) F. A.	5.62	36.33	14.95	96.63
	5.97	27.42	14.58	94.24
5) F. C.	5.52	35.99	15.05	98.13
	5.34	34.82	15.20	99.10
6) G. G.	5.24	36.24	13.67	94.53
	5.18	35.82	13.87	95.91
7) R. E. C. C.	5.72	36.78	13.21	85.45
	5.72	36.78	12.88	82.82
8) M. E. I.	6.02	38.97	12.74	82.48
	5.92	38.33	12.74	82.48
9) O. D.	5.38	37.53	13.45	93.81
	5.19	36.20	13.67	95.35
10) T. E.	5.59	39.11	13.63	95.35
	5.92	41.42	13.39	93.68
11) A. S.	6.13	42.65	12.74	89.00
	5.94	41.51	13.00	90.81
12) J. S.	5.60	36.53	14.57	95.04
	5.73	37.38	13.75	89.69
13) S. P.	5.40	35.03	12.86	83.43
	5.27	34.19	13.00	84.34
14) G. I. A.	6.30	41.52	13.16	86.74
	5.78	38.10	13.17	86.81
15) M. I.	5.89	38.55	13.35	87.37
	6.09	39.86	13.50	85.08
16) G. D.	5.23	34.41	14.85	97.68
	5.27	36.64	14.59	95.98
17) R. J.	5.37	35.00	13.20	86.04
	5.61	36.57	13.86	90.34
18) D. B. R.	5.38	35.02	15.28	99.46
	5.09	33.13	15.38	100.11
19) T. D.	5.31	34.24	13.57	87.50
	5.35	34.50	13.30	85.76
20) R. L.	5.86	40.71	13.27	92.19
	5.70	39.60	13.59	94.83
Promedio	5.63	37.33	13.59	89.59

En las mujeres el promedio fue de 3.52 l/min/m². Pero carecemos de patrones normales de comparación a nivel del mar, lo que nos impide sacar conclusiones. El mismo inconveniente se nos presenta con los otros valores a considerar, por lo que solamente serán discutidos los resultados de la serie de varones.

El metabolismo básico de la serie de varones estuvo comprendido entre -10.70 % y +12.35 %, con un término medio de -0.17 %, lo que indica que no se ha modificado respecto al del nivel del mar. Esto coincide, por otra parte, con lo encontrado aún en alturas mucho mayo-

res, siempre que se trate de sujetos adaptados ^{14, 24, 25}.

La normalidad de la ventilación pulmonar y del metabolismo básico, permiten descontar, desde ya, que otro tanto ocurre con la relación entre ventilación y consumo de oxígeno. En efecto, nuestros resultados arrojan para el equivalente de ventilación, un promedio de 25,18 ml de aire movilizadas por cada milímetro de O₂ consumido. Expresados en esta forma los valores hallados por Knipping y Moncrieff ²⁶, a nivel del mar dan un término medio de 24.4: Comroe ²⁷, indica como cifras aproximadas de los normales las de 22 a

TABLA 6 A. — Tratamiento estadístico de los datos de la tabla N° 5 A

			Promedio	Desvío cuadrático δ	Error cuadrático térm. medio ϵ	Coefficiente variación ω	Rango
AIRE ALVEOLAR	CO ₂	%	13.42	± 0.87	± 0.17	% 6.5	12.42 - 16.43
	O ₂	%	6.12	± 0.51	± 0.10	8.3	4.37 - 7.00
	CO ₂	mm Hg	87.81	± 5.99	± 1.17	6.8	80.29 - 107.85
	O ₂	mm Hg	40.19	± 3.39	± 0.67	8.4	28.69 - 45.65

TABLA 6 B. — Tratamiento estadístico de de los datos de la tabla N° 5 B

			Promedio	Desvío cuadrático δ	Error cuadrático Térm. medio ϵ	Coefficiente Variación ω	Rango
AIRE ALVEOLAR	O ₂	%	13.59	± 0.84	± 0.19	% 6.2	11.88 - 15.34
	CO ₂	%	5.63	± 0.29	± 0.06	5.1	5.21 - 6.04
	CO ₂	mm Hg	89.59	± 5.73	± 1.28	6.4	77.15 - 99.79
	O ₂	mm Hg	37.33	± 2.18	± 0.49	5.6	34.08 - 42.08

25, y relacionando los resultados de ventilación BTPS y consumo de O_2 obtenidos por Robinson (1938) daría un equivalente de 26.10, todas ellas asimilables a la de nuestra serie. Si se utiliza el "índice de absorción para el oxígeno —recíproca del equivalente de ventilación— nuestro promedio sería de 39.5, coincidiendo satisfactoriamente con los 40 a 45 establecidos para el llano ²⁷.

El cociente respiratorio permite detectar respectivamente las hiper o hipoventilaciones artificiales durante la prueba. En tal sentido, nuestro término medio de 0.79 refuerza la validez de los resultados.

En cuanto al aire corriente, a pesar de la gran variabilidad en los distintos sujetos, nuestro promedio fue de 557 ml para los hombres, coincidiendo con los valores de 582 ml hallados por Taquini y col.²⁸, en Buenos Aires, y 610 ml obtenidos por Robinson ¹, en 10 sujetos.

La concentración del CO_2 en el aire espirado alcanzó un término medio para los hombres de 4.24 %, $\epsilon \pm 0.07$ y con extremos de 3.60 y 5.02 %. En Buenos Aires, Taquini y col ²⁸, encontraron en 20 normales un promedio de 3.75 %, $\epsilon \pm 0.086$ y con extremos de 3.22 % y 4.35 %. Puede verse que la media aritmética hallada en Mendoza está muy próxima al límite máximo de la serie estudiada a nivel del mar. A mayor abundamiento, la diferencia de los promedios (0.49, $\epsilon_{dp} \pm 0.11$) es estadísticamente significativa. Puede afirmarse, entonces, que en la altitud de Mendoza, la concentración del anhídrido carbónico en el aire espirado es significativamente más alta que a nivel del mar.

De todo lo discutido hasta aquí, esto es lo primero en que se comprueba una diferencia segura respecto de lo hallado en el llano.

Si se analizan los resultados de la concentración del CO_2 en el aire alveolar, se comprueba que ocurre lo mismo. En efecto, nuestros casos acusaron una media aritmética de 6.12 %, $\epsilon \pm 0.10$, contra un valor aproximado de 5.6 % que es el promedio que se da a nivel del mar.

Uno de nuestros casos, el 11, dió una

concentración llamativamente baja (4.37%) en comparación con el resto de la serie. Se le repitieron las determinaciones con análogo resultado. En vista de esto, de que las condiciones en que se tomaron las muestras fueron satisfactorias y que la prueba de ventilación fue normal en todo sentido, no se halló mérito para excluirlo.

Anteriormente se ha establecido la identidad del metabolismo, del cociente respiratorio, del aire corriente y de la ventilación pulmonar entre Mendoza y el llano. Por otra parte, es sabido, que la concentración de CO_2 (y del O_2) en los aires alveolar y espirado, depende de estos factores. Surge, entonces, una aparente contradicción entre la normalidad de los factores condicionantes y los elevados valores de la concentración del CO_2 .

Lo que ocurre en realidad es que, como se aclaró anteriormente, los valores de ventilación que se comparan son los medidos en las condiciones reales en que el sujeto expulsa el aire durante la espiración (BTPS), y estos son iguales a esta altura y a nivel del mar. Pero la función de lavado de los alveolos que cumple la ventilación pulmonar, depende en última instancia (*ceteris paribus*) de la masa de aire movilizada por la ventilación; y la magnitud de esta masa la dá el volumen de la ventilación medido en las condiciones normales de los gases (STPD). Bajo este aspecto, la ventilación pulmonar en Mendoza es menor que a nivel del mar, debido a la diferencia de presión barométrica. En términos generales, este problema ocurre, en mayor o menor grado, a cualquier altura sobre el nivel del mar.

En el caso particular de nuestros resultados en Mendoza, cabe destacar el hecho fundamental de que, a pesar de esa mayor concentración del CO_2 , la presión parcial de ese gas (PCO_2), se mantuvo normal, tanto en el aire espirado como en el alveolar, por la diferente presión atmosférica. Lo demuestran el promedio de 27.4 mm Hg para la PCO_2 del aire espirado y el de 40.19 mm. Hg, $\epsilon \pm 0.66$ en el aire alveolar, frente a unos 27mm Hg en el aire espirado que es el valor aproximado para los casos de Taquini y col ²⁸, en Buenos

Aires y la clásica cifra de 40.0 mm Hg, promedio del aire alveolar en el llano.

Es conocida la importancia de la PCO_2 en la regulación respiratoria y ofrece particular interés el comprobar como se adapta el organismo a una altura muy moderada, como es la de Mendoza, manteniendo una PCO_2 normal a expensas de un aumento de la concentración de ese gas.

En las mujeres el valor promedio fue algo inferior al de los hombres.

Las mismas causas analizadas al explicar el aumento de la concentración del CO_2 , actúan modificando el por ciento de O_2 en el aire alveolar, aunque naturalmente en sentido inverso. En efecto, el promedio de 13.42 % para el O_2 del aire alveolar de nuestros casos, es inferior a los 14-14.5 que se encuentran a nivel del mar.

Como consecuencia de la caída de la concentración del O_2 alveolar, por una parte, y de la menor presión atmosférica o total, por otra, la presión parcial de ese gas en el aire alveolar descendió a un valor promedio de 87.81 mm Hg, ± 1.17 , francamente por debajo de los 100 mm Hg que alcanza en los lugares con presión atmosférica normal.

RESUMEN Y CONCLUSION

Se estudiaron en condiciones básicas 30 varones y 20 mujeres jóvenes, normales, residentes en Mendoza (altitud 747 m. s. nivel del mar, presión atmosférica 695 mm Hg), con el objeto de comprobar si, como consecuencia de la altura, había modificaciones respiratorias respecto de los patrones establecidos a nivel del mar.

En los hombres, la frecuencia cardíaca y la respiratoria, la ventilación pulmonar (BTPS), el aire corriente, el cociente respiratorio, el metabolismo y el equivalente de ventilación para el oxígeno, mostraron valores superponibles a los de nivel del mar.

La concentración del anhídrido carbónico en el aire espirado y en alveolar se encontró aumentada, pero en ambos casos su presión parcial se mantuvo normal.

Contrariamente, la concentración y la presión parcial del oxígeno acusaron una

disminución evidente respecto de los valores del llano.

Se discute el mecanismo de estas modificaciones.

Podemos concluir, entonces, diciendo que en condiciones básicas, los sujetos ventilan el mismo volumen (BTPS) a 747 m, que a nivel del mar; pero la masa de aire movilizada (STPD) es menor en Mendoza y que fuera de estos cambios dependientes de la menor presión barométrica, puede afirmarse que en la altitud de Mendoza la regulación respiratoria no sufre alteraciones respecto de la del llano.

En la serie de mujeres se han hecho las mismas determinaciones que en los hombres, pero por carecer de patrones normales de comparación a nivel del mar, no hemos podido sacar conclusiones seguras.

SUMMARY AND CONCLUSIONS

We have studied under regular conditions 30 normal young men and 20 normal young women, who were living in Mendoza (height 747 m above sea level, atmospheric pressure 695 mm Hg), with the object of proving if, as a consequence of height, there were respiratory changes in relation to the patterns established at sea level.

On the men, the cardiac and respiratory frequency, the pulmonary ventilation (BTPS), the current air, the respiratory quotient, the metabolism and the equivalent of ventilation for oxygen showed the same values as those at sea level.

The concentration of carbon dioxide in the exhaled and alveolar air was increased, but in both cases its partial pressure was kept normal.

On the contrary, the concentration and the partial pressure of oxygen, suffered an evident reduction in relation to the figures at sea level.

The mechanism of these changes is discussed.

Therefore, we may conclude saying that in regular conditions, the patients exhale the same air volume (BTPS) at 747 m as at sea level: but the mass of air that is mobilized (STPD) is less in Mendoza, and also that besides these changes which de-

pend upon the reduced barometric pressure, we may affirm that at the height of Mendoza the respiratory regulation does not undergo changes in relation to the values at sea level.

On the series of women the same determinations as with men have been made, but as we lack normal patterns at sea level to compare with, we have not been able to draw any certain conclusion.

RESUME ET CONCLUSIONS

On a étudié dans des conditions régulières, 30 jeunes hommes et 20 jeunes femmes, normaux, résidants à Mendoza (altitude 747 m sur le niveau de la mer, pression atmosphérique 695 mm Hg) afin de prouver si, comme conséquence de l'altitude, il y avait des modifications respiratoires en rapport des patrons établis au niveau de la mer.

Chez les hommes la fréquence cardiaque et la respiratoire, la expiration pulmonaire (BTPS), l'air courant, le quotient respiratoire, le métabolisme et l'équivalent d'expiration pour l'oxygène, montrèrent les mêmes valeurs qu'au niveau de la mer.

La concentration d'anhydride carbonique dans l'air expiré et alvéolaire était augmenté, mais chez les deux cas la pression partielle fut toujours normale.

Au contraire, la concentration et la pression partielles subirent une diminution évidente à proportion des valeurs au niveau de la mer.

On discute le mécanisme de ces modifications.

Nous pouvons conclure, alors, en disant que dans des conditions régulières, les sujets expirent le même volume (BTPS) à 747 m qu'au niveau de la mer; mais la masse d'air mise en mouvement (STPD) est moins abondante à Mendoza et que outre ces changements qui dépendent d'une pression barométrique plus basse, on peut affirmer qu'à l'altitude de Mendoza la régulation respiratoire ne subit pas des altérations en rapport avec celle au niveau de la mer.

Chez les femmes on a fait les mêmes déterminations que chez les hommes, mais puisque nous ne possédons pas des patrons normaux de comparaison au niveau de la mer, nous n'avons pu tirer des conclusions certaines.

ZUSAMMENFASSUNG

Es wurden 30 normale junge Männer und 20 normale junge Frauen mit Wohnsitz in Mendoza (747 m Höhe über dem Meeresspiegel, 695 mm Hg. Luftdruck), unter normalen Grundbedingungen studiert um festzustellen ob, auf Grund der Höhe, Atmungsveränderungen gegenüber den Kontrollen in Meereshöhe bestanden.

Bei den Männern waren die Herz- und Atmungsfrequenz, die Lungenventilation (BTPS), das Respirationsvolumen, der Respirationsquotient, der Metabolismus und die Ventilationsequivalenz für den Sauerstoff, den Werten am Meeresspiegel gleichzusetzen.

Die Konzentration des Kohlendioxides in der ausgeatmeten Luft und in der alveolären Luft war erhöht, aber in beiden Fällen blieb der Teildruck normal.

Dagegen zeigten die Konzentration und der Teildruck des Sauerstoffes eine merkbare Senkung gegenüber den Werten in der Ebene.

Es wird der Mechanismus dieser Veränderungen besprochen.

Wir können also abschliessend sagen dass unter normalen Grundbedingungen die Menschen das gleiche Luftvolumen (BTPS) ventilieren wenn sie sich 747 m hoch oder am Meeresspiegel befinden, jedoch die Masse der bewegten Luft (STPD) in Mendoza geringer ist, und dass ausser diesen, vom verminderten Luftdruck abhängigen Veränderungen, kein Unterschied der Atmungsregulation in der Höhe von Mendoza und der Ebene besteht.

Bei der Frauenserie wurden die gleichen Untersuchungen wie bei den Männern vorgenommen, aber da wir keine normalen Kontrollwerte in Meereshöhe besaßen, konnten wir keine entgeltigen und sicheren Schlüsse ziehen.

BIBLIOGRAFIA

1. ROBINSON S.: Experimental studies of physical fitness in relation to age. *Arbeitsphysiol.* 1938, 10, 251.
2. HELMHOLZ H. F.; BOOTHBY W. M.: CAM Report N° 129, 1944. Citado por Rahn y Otis, 1949.
3. BALDWIN, E. DE F., COURNAND A., RICHARDS D. W.: Pulmonary insufficiency. I. Physiological classification, clinical methods of analysis, and standard values in normal subjects.
4. SUARES, J. R. E.: El volumen minuto cardíaco en condiciones normales y patológicas. El Ateneo, Buenos Aires, 1950.
5. DOUGLAS C. G., HALDANE J. S., HENDERSON Y., SCHNEIDER E. C.: Physiological observations made on Pike's Peak, Colorado, with special reference to adaptation to low barometric pressures. *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, 1913, B 203, 185.
6. BARCROFT J., BINGER C. A., BOCK A. V., DOGGART J. H., FORBES H. S., HARROP G., MEAKINS J. C., REDFIELD A. C.: Observations upon the effect of high altitude on the physiological processes of the human body, carried out in the Peruvian Andes, chiefly at Cerro de Pasco. *Philos. Trans. Roy. Soc. London*, 1923, B 211, 351.
7. DILL D. B., EDWARDS H. T., FOELLING A., OBERG S. A., PAPPENHEIMER A. M., TALEOTT J. H.: *J. physiol.*, 1931, 71, 47. Citado por Rahn y Otis, 1949.
8. GRENER R.: *J. Physiol.*, 1934, 87, 481. Citado por Rahn y Otis, 1949.
9. DILL, D. B., CHRISTENSEN, E. R., EDWARDS H. T.: *Amer. J. Physiol.*, 1936, 115, 530. Citado por Rahn y Otis, 1949.
10. CAPDEHOURAT, E. L., MORERA V., NANCCLARES, A., COTINO, L. E., COPPOLA A., MARTÍNEZ A.: Estudios sobre la biología del hombre de altitud. Buenos Aires, 1937.
11. MCFARLAND R. M.: The effects of oxygen deprivation of the human organism. Civil Aer. Auth. Report N° 11, 1938.
12. WARREN, C. B. M.: *J. Physiol.*, 1939, 96, 34, P. Citado por Rahn y Otis, 1949.
13. LOESCHKE, H. H., LUFT, U., OPITZ E.: Höhenanpassung am Jungfrauojoch. IV Mitteilung. Umstellung und Anpassung der Atmung in 3500 m Höhe und die Wirkung von NH₄Cl. *Luftfahrt-med.* 1942, 7, 218.
14. HOUSTON C. S., RILEY R. L.: Respiratory and circulatory changes during climatization to high altitude. *Amer. J. Physiol.* 1947, 149, 565.
15. RAHAN H., OTIS A. B.: Man's respiration response during and after acclimatization to high altitude. *Amer. J. Physiol.* 1949, 157, 445.
16. RILEY R. L., HOUSTON C. S.: Composition of alveolar air and volume of pulmonary ventilation during long exposure to high altitude. *J. app. Physiol.* 1951, 3, 526.
17. CHIODI H., OTERO CALDERON L., SUÁREZ J. R. E.: La sensibilidad del centro respiratorio en la altura. *Cienc. Invest.* 1952, 8, 466.
18. DELIUS L. OPITZ E., SCHOEDEL W. Ueber Höhenanpassung am Monte Rosa. I. Ruheversuche. *Luftfahrtmed.* 1942, 6, 213.
19. HALL F. G., WILSON J. W.: A. S. T. C. Eng. Div. Mem. Rep. ENG. 49-696-42F. 1944. Citado por Rahn y Otis, 1949.
20. WINTERSTEIN H.: Die Atmung ohne Chemoreceptoren. *Arch. int. Pharmacodyn.* 1950. 83, 80.
21. ANDERSON L. L., WILLCOX M. L., SILLIMAN J. BLOUNT S. G.: The pulmonary physiology of normal individuals living at an altitude of one mille. *J. Clin. Invest.* 1953. 32, 490.
22. BOOTHBY W. M.: Handbook of respiratory data in aviation. Essay A. - Washington 1944.
23. GROLLMAN A.: Physiological variations in the cardiac output of man. VI. The value of the cardiac output of the normal individual in the basal, resting condition. - *Amer. J. Physiol* 1929, 90, 210.
24. VAN LIERE E. J.: Anoxia, its effect on the body. Univ. Chicago Press. Chicago, 1942.
25. VERZAR F.: Höhenklima-Forschungen des Basler Physiologischen Institutes. Schwabe. Basel, 1945.
26. KNIPPING H. W. MONCRIEFF A.: The ventilation equivalent for oxygen. *Quart. J. Med.* 1932, 1, 17.
27. COMROE J. H.: Interpretation of commonly used pulmonary function tests. *Amer. J. Med.* 1951, 10, 356.
28. TAQUINI A. C., FASCILOLO J. C., SUÁREZ J. R. E., CHIODI H.: Respiration and circulation in pulmonary anoxemia. *Arch. intern. Med.* 1948, 82, 534.