

CONSIDERAÇÕES FISIOPATOLÓGICAS DO HABITANTE DAS GRANDES ALTURAS EM RELAÇÃO COM A ANESTESIA GERAL

DR. ALDO RAFFO U. (*)

A baixa pressão barométrica nas grandes alturas (cima de 4.000 m) é causa de diminuição da tensão parcial de O₂ do ar inspirado, o que condiciona em longo tempo, um estado de hipóxia crônica que obriga o habitante de ditas zonas a desenvolver um mecanismo compensador de adaptação fisiológica (Hurtado) que contribue a tolerar e conservar a vida.

O manejo anestesiológico para anestesia geral nas grandes alturas se apresenta a nosso juízo, tendo em consideração os mecanismos fisiopatológicos de aclimatação natural do nativo para tolerar e compensar a hipóxia crônica. Em síntese, podemos esquematizar:

- 1 — Evitar doses pré-operatórias que deprimam o C. R. (proscrever a morfina e opiáceos)
- 2 — Indução suave com agentes de ação rápida. Entubação traqueal.
- 3 — Eleição dos agentes anestésicos de manutenção que permitam grandes concentrações de O₂, preferentemente Fluotano ou Metoxifluorano (por não ser explosivo).
- 4 — Enprêgo de relaxantes musculares para estabelecer ventilação alveolar, controlada, causa de grandes transtornos em indivíduos hipóxicos.
- 5 — Contrôle absoluto do paciente.
- 6 — Oxigenioterapia pós-operatória até completa recuperação.

Mais da metade da população do Peru reside acima de 3.000 metros do nível do mar e um grande número dêles habita em altitude de 4.000 a 5.000 metros (14.000 a 16.000 pés). Essa geografia abrupta e as condições ecológicas criaram, no nativo das grandes alturas andinas, no transcurso de milênios ⁽⁶⁾, um tipo biológico especial que chegou a adquirir — segundo Hurtado — uma *aclimatação natural* (2, 3, 4).

* Anestesista da Clínica San Felipe — Lima, Perú.

O habitante das grandes alturas está submetido, constantemente, a uma baixa pressão barométrica, a qual causa diretamente diminuição da tensão do O₂ do ar inspirado, o que condiciona que estes indivíduos encontram-se em um estado

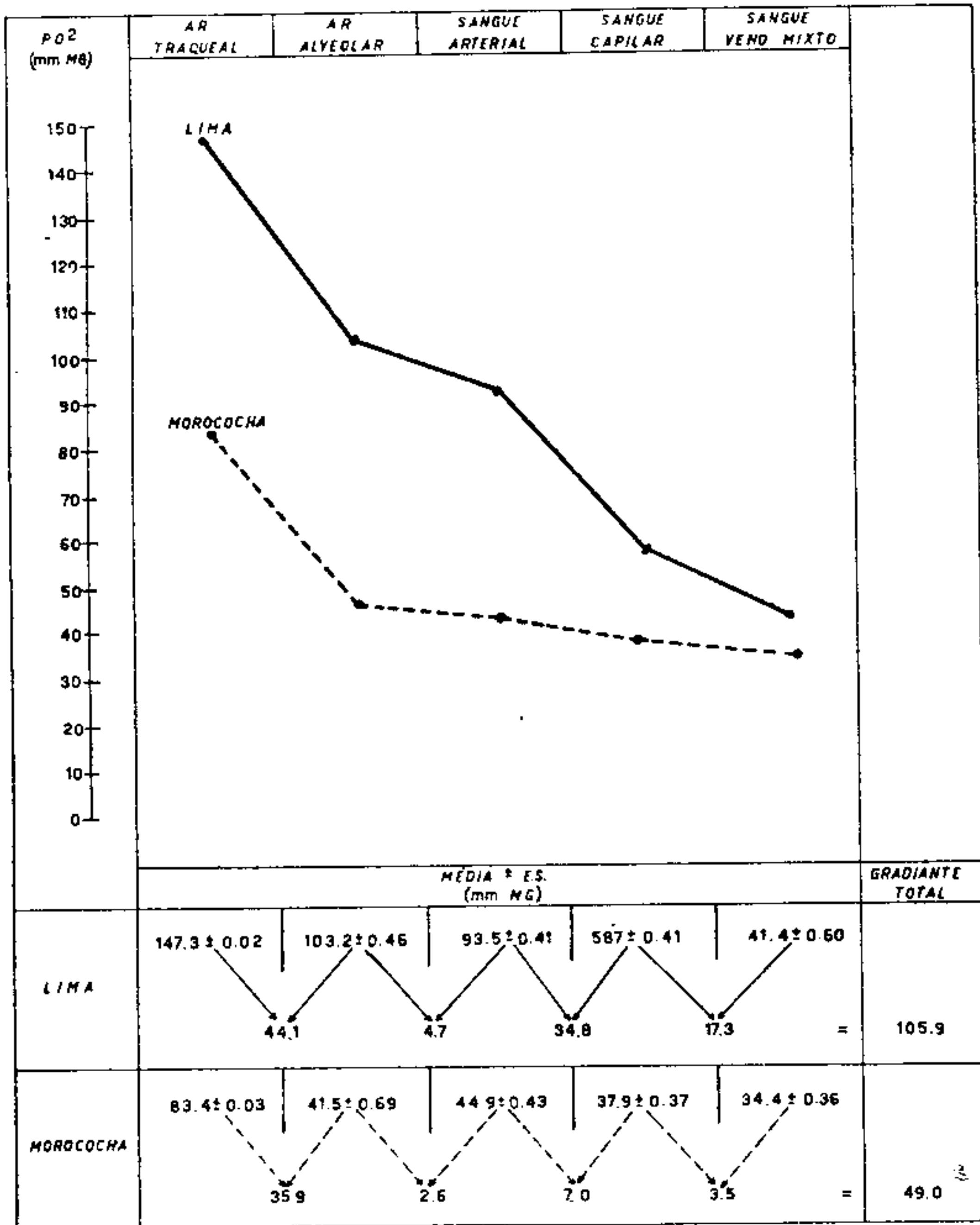


FIGURA 1

Gradiente total de pressões parciais de oxigênio, do ar inspirado (ao nível traqueal) até ao sangue venoso misto

de hipoxia crônica, que os obriga, para tolerar e conservar a vida, a desenvolver um mecanismo compensador de adaptação fisiológica (1, 2, 3, 4, 5).

Êstes diversos mecanismos de adaptação “adquirem sua máxima eficácia no homem nascido e desenvolvido em um ambiente de altura” (4).

Monge (1) e Hurtado (2, 3, 4, 5, 7) sustentaram que nestes indivíduos existe a “aclimatação natural” (conjunto de características compensadoras) que exibem em alto grau, pôsto que foi provada a existência do nativo andino peruano há 9.000 anos (Cardich(6)). Esta aclimatação natural estaria em contraste com a “aclimatação adquirida” (4).

MECANISMOS DE ADAPTAÇÃO

Hurtado e colaboradores (6, 7, 8, 9, 10) realizaram estudos sôbre o nativo da região central dos Andes Peruanos a uma altura de 4.540 m. (14.900 pés). Nesta localidade (Morococha) a pressão barométrica média é de 446 mm. Hg. Esta baixa pressão barométrica é causa da diminuição do pO₂ do ar inspirado, o que leva o indivíduo a *Hipóxia crônica*.

Os mecanismos compensadores para tolerar a hipóxia que intervêm na aclimatação natural, podem ser divididos em duas categorias: (3, 4, 5, 7, 8).

- 1 — Aquêles que realizam uma economia na queda progressiva do gradiente de pO₂, do ar alveolar até o nível capilar e venoso.
- 2 — Aquêles que ao nível tecidual, permitem a difusão do O₂ aos tecidos e facilitam sua utilização celular, apesar de sua baixa tensão.

MECANISMOS COMPENSADORES

Função respiratória

1) Diminuição (economia) na queda progressiva do gradiente de pO ₂ do nível pulmonar do tissular.	}	Hiperventilação Atividade do C.R. Sensibilidade ao CO ₂ Diminuição do gradiente alveolo-arterial (A-a do pO ₂) Afinidade da Hb. pelo O ₂ (cume de dissociação) = nível do mar.
Policitemia	}	Hiperatividade das células vermelhas da medula óssea
Equilíbrio ácido-básico	}	Redução proporcional de bicarbonato limites normais (Hurtado)

- 2) Ao nível tecidual { Elevação de mio-hemoglobina
 { Maior vascularização (aumen-
 { to de capilares por mm²) (17)

CARACTERÍSTICAS CARDIO-VASCULARES ENCONTRADAS NO NATIVO ANDINO

Consequência da adaptação ao meio são:

- 1 — *Hipertensão pulmonar* (10, 11, 12, 13, 14) que levaria a:
 2 — *Hipertrofia ventricular direita* (15, 16, 17): A patogene-
 nia da hipertensão pulmonar foi estudada por

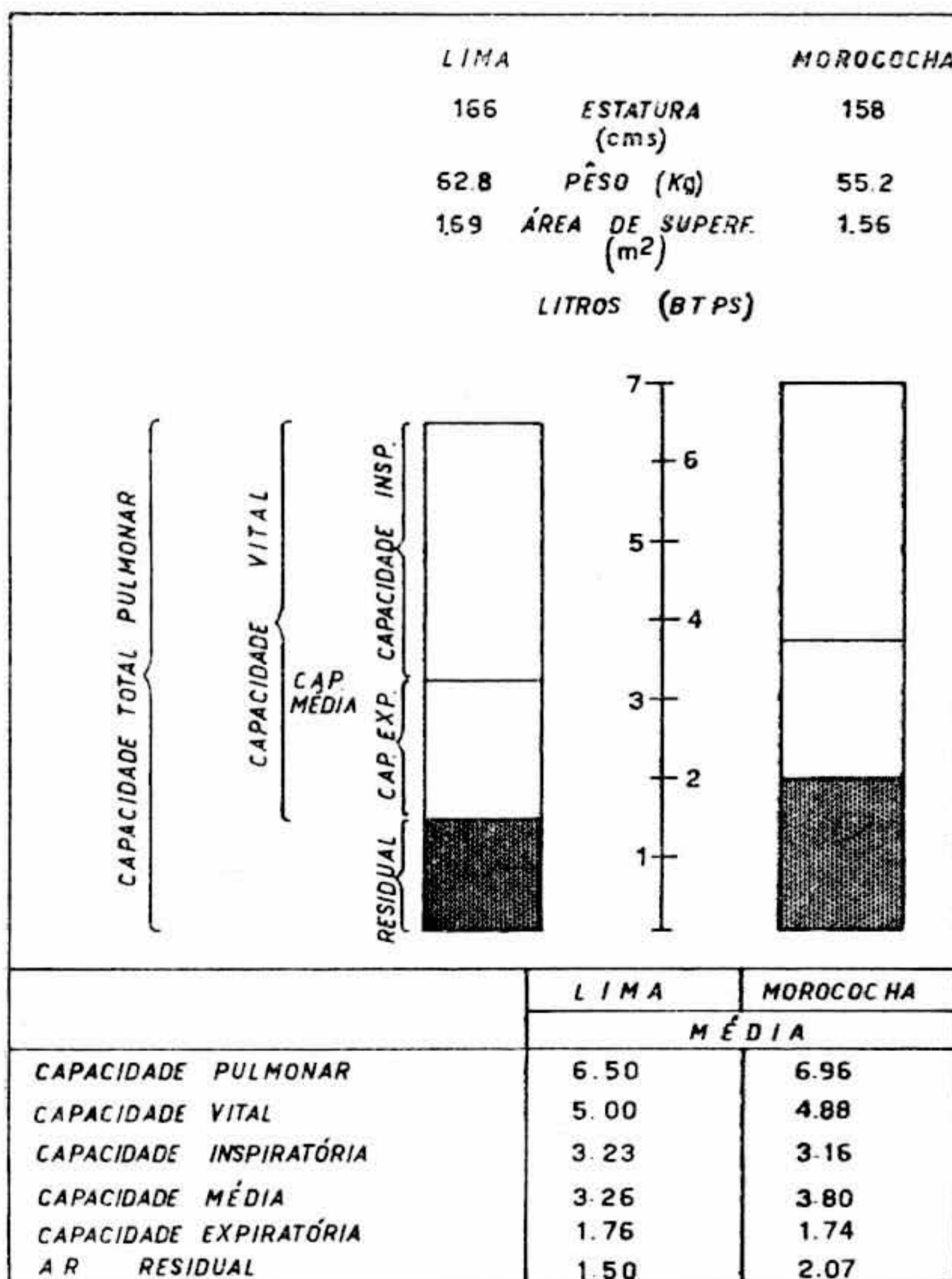


FIGURA 2

Valores médios de capacidade total pulmonar e seus componentes, correspondentes a um grupo de 60 moradores de Lima (nível do mar) e 38 nativos de Morococha (4.540 metros). Os indivíduos tinham uma idade média de 22 — 23 anos e foram estudados em repouso e em posição sentada

Arias Stella e Saladana ⁽¹⁶⁾, a qual se deveria a *persistência da capa muscular arterial* (presente normalmente, ao nível do mar, durante a vida fetal).

- 3 — Alterações do E.C.G. (Penãloza e colab) ^(18, 19).
 4 — Persistência do conduto artério-venoso ^(18, 20, 21, 22).

CARACTERÍSTICAS CIRCULATORIAS ^(23, 31)

- 1 — Bradicardia
 2 — Hipotensão
 3 — Maior volume total de sangue

ALTERAÇÕES OFTALMOLÓGICAS

- As modificações pupilares foram assinaladas por Haro ⁽³³⁾
 — Os vasos da retina também são alterados, assim, teremos:

Hiperemia ligeira	60%	} 92%
Hiperemia severa	32%	
Sem alteração	8%	

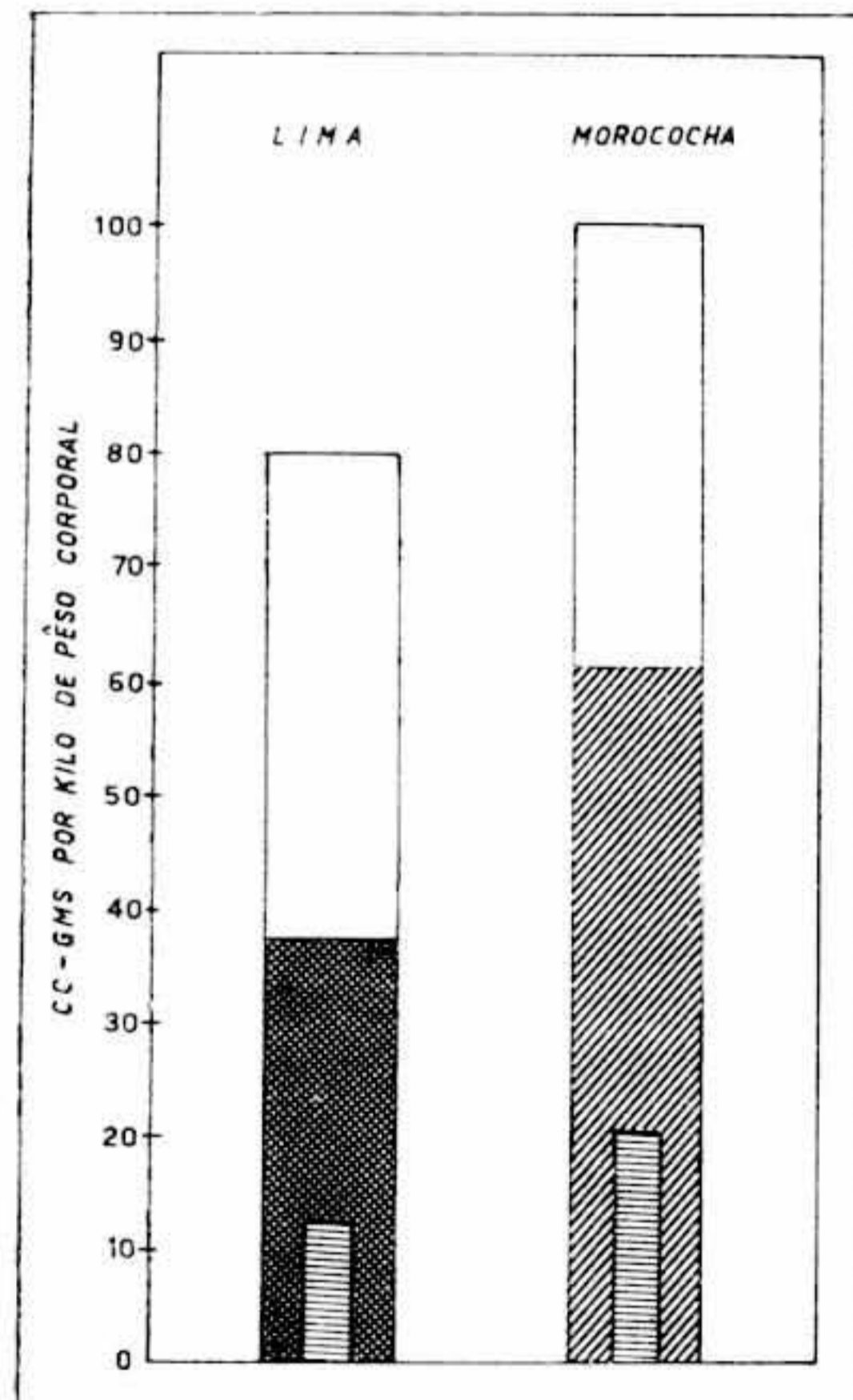


FIGURA 3

Volume total de sangue circulante e seus componentes expressos em relação ao peso corporal

CONSIDERAÇÕES ANESTÉSICAS NO PACIENTE
DAS GRANDES ALTURAS

É evidente que o nativo das grandes alturas (acima de 4.000 m) cria problemas de índole anestesiológica, derivadas da hipóxia crônica, consequência da menor pressão barométrica; porém, é certo também que certos indivíduos estão

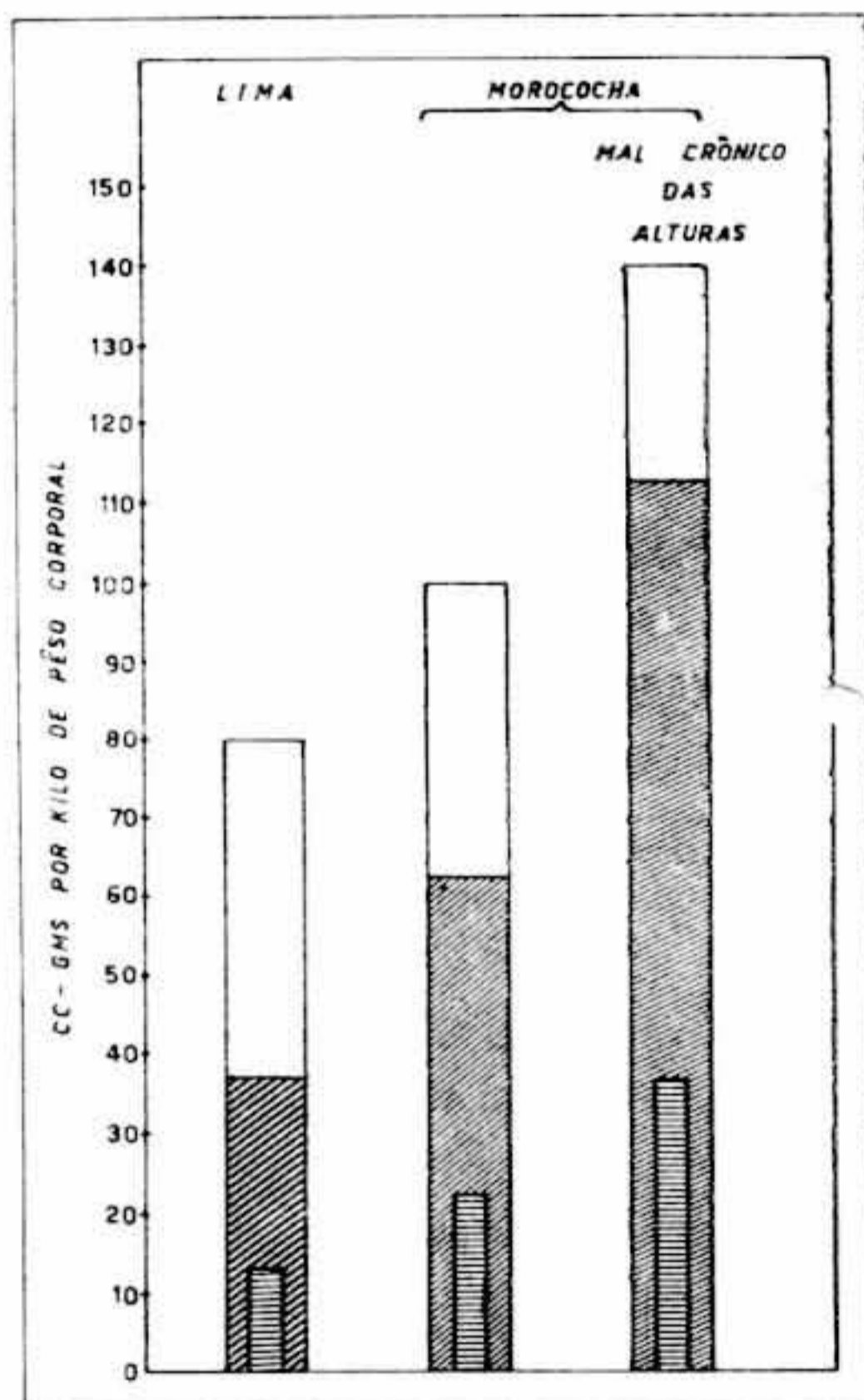


FIGURA 4

fisiologicamente adaptados e que no curso de milhares de anos ⁽⁶⁾ realizaram uma *aclimação natural* que os preservava e os defende contra a agressão ⁽⁴⁾. Hurtado e outros ^(2, 3, 4, 5, 7), demonstraram que os nativos dos Andes Peruanos são mais resistentes à fadiga do que os homens que vivem ao nível do mar.

É bem sabido que o nativo andino realiza trabalhos nos centros mineiros, muitos dos quais estão perto dos 5.000 m (Cerro do Pasco); para estes trabalhos é verdadeiramente insubstituível.

O problema anestésico é grave para o morador não aclimatado e que tem que ser operado. Este poderia descompensar e até chegar ao edema agudo de pulmão.

ANESTESIA GERAL

São poucos os trabalhos em que se estudou o problema da Anestesia nas grandes alturas sob a forma de verdadeira investigação. Portanto, existe neste sentido um campo aberto para dita investigação.

No Chile, em 1952, Darricados ⁽²⁶⁾ apresenta uma comunicação ocupando-se dêste problema, talvez pela primeira vez e logo após em colaboração com Opaso ⁽²⁷⁾ referem-se sobre êste tema o mesmo que Contreras ⁽²⁸⁾ que se ocupa das condições fisiopatológicas dêstes indivíduos. Porém êstes trabalhos são realizados em zonas que não ultrapassam os 3.000 m acima do nível do mar (Chuquimata e Potrerillos 2.800 m).

QUADRO 5

VENTILAÇÃO EM REPOUSO, EM RESIDENTES NATIVOS DE LIMA E MOROCOCHA (Indivíduos em posição sentada)

	LIMA (nível do mar) 103 indivíduos. Média	Morococha 4.540 mt) 80 indivíduos. Média
Área de superfície corporal m ²	1.71	1.56
PO ₂ alveolar, mm. Hg.	103.9	50.6
PO ₂ alveolar, mm. Hg.	39.3	30.2
Ventilação total, L/min/m ² (BTPS) ...	7.77	9.49
Ventilação total, L/min/m ² (BTPS) ...	4.56	6.19
Ventilação alveolar, L/min/m ² (BTPS)	4.97	6.39
Ventilação alveolar, L/min/m ² (BTPS)	2.91	4.07
Equivalente ventilatório	31.11	40.10

Safar, ^(24, 25) depois de fazer uma viagem a Oroya em 1956, fêz um ensaio baseando-se em dados proporcionados por cirurgiões residentes nestes lugares. Entre nós é agradável comprovar que existem Hospitais Regionais e Centro de Saúde, em populações andinas acêrca de 4.000 m ou mais, tais como:

HUANCAYO	3.317 m	acima do nível do mar				
TARMA	3.200 m	»	»	»	»	»
LA OROYA	3.730 m	»	»	»	»	»
CHULEC	3.700 m	»	»	»	»	»
CUZCO	3.360 m	»	»	»	»	»
HUANCAVELITA	3.795 m	»	»	»	»	»
PUNO	3.800 m	»	»	»	»	»
JELIACA	3.640 m	»	»	»	»	»
CERRO DE PASCO	4.200 m	»	»	»	»	»
HUARAZ	3.200 m	»	»	»	»	»

Êstes hospitais estão bem equipados, com aparelhos de Anestesia modernos que contam com serviços de Anestesiolo-

logia dirigidos por anesthesiologistas que dedicam todo seu trabalho profissional à especialidade.

Tomamos contato com alguns deles e na sua opinião, a aplicação de Anestesia geral, aos nativos de tais lugares não representa maior problema e a toleram bem.

Pinedo ⁽³¹⁾, Valderrama ^(29, 30) contam com boa experiência em lugares como Huancayo (3.317) e Tarma (3.200 m) respectivamente.

Creemos que, se se conhece os mecanismos fisiopatológicos de aclimatação à altura e se os respeita, o problema não deve oferecer maiores dificuldades.

Em outras épocas, sim, foi problema por não se contar com os meios suficientes para proporcionar uma boa anestesia geral e por isso recorria-se com muita frequência à anestesia local e raquídea, proporcionada pelos cirurgiões nos centros mineiros ^(34, 35), geralmente em traumatizados.

Safar ^(24, 25), nos apresenta o seguinte comportamento físico dos gases anestésicos, em relação com a altura:

- 1 — Anestésicos por inalação — São menos potentes, devido a diminuição de sua tensão parcial na atmosfera.
- 2 — A altura do medidor standard do fluxo é menor que o fluxo verdadeiro.
- 3 — Baixo ponto de ebulição dos gases voláteis.
- 4 — No ar sêco das montanhas há risco de explosão por aumento da eletricidade estática.

MEDICAÇÃO PRÉ-ANESTÉSICA

Safar ⁽²⁴⁾, refere que acima 3.000 m a administração dos opiáceos na premedicação é causa cianose e taquicardia, possivelmente por depressão respiratória ou por diminuição da hiperventilação compensadora, pelo que não é aconselhável seu emprêgo. Também pode produzir hipotensão arterial. ^(29, 30, 31, 32).

Em compensação os barbitúricos e escopolamina ou atropina, em doses apropriadas não causam depressão respiratória. Ao contrário, o nativo andino apresenta um grau intenso de vagotonia exprimido pela bradicardia e hipotensão arterial ^(29, 30), e, portanto, é aconselhável o emprêgo de atropina ou escopolamina.

Foi referida forte cefalalgia pós-anestésica ou náuseas ^(24, 25), quando a anestesia se acompanha de hipoventilação pulmonar, porém quando o paciente recebia uma boa oxigenação durante a manutenção da anestesia (Tiopental + N₂O

+ O₂) com respiração controlada e oxigenação pós-operatória até despertar, então, tais complicações estavam ausentes. A supressão da hiperventilação seria a causa da cefalalgia.

O habitante das grandes alturas andinas é resistente aos barbitúricos talvez por estar habituado ao uso da coca, pelo contrário, o emprêgo dos neuroplégicos (dihidrobenzoperidol) poderia estar aconselhado como medicação pré-anestésica.

ANESTÉSICOS INALATÓRIOS

Eter: Pode ser usado sem chegar a doses profundas.

Protóxido de azoto: Por ser agente pouco potente e requerer grandes doses (por baixa pressão atmosférica), com a conseqüente diminuição de O₂, pode levar facilmente à hipóxia. Não é aconselhável.

QUADRO 6 (HURTADO)

OBSERVAÇÕES HEMATOLÓGICAS EM HABITANTES DE LIMA E MOROCOCHA

	LIMA (nível do mar)		MOROCOCHA (4,540 mt)	
	N.º de Observação	Média	N.º de Observações	Média
Valores totais				
Volume total de sangue, litros *	20	4.77	20	5.70
cc por Kg. de peso corporal ...		79.6		100.5
Volume plasmático, litros	20	2.52	20	2.23
cc por Kg. de peso corporal ..		42.0		39.2
Volume celular, litros	20	2.33	20	33.9
cc por Kg. de peso corporal ..		37.2		61.1
Hemoglobina total, gramas	20	756	20	1.166
Gr. por Kg. de peso corporal ..		12.6		20.7
Valores periféricos				
Hemácias, milhões por mm ³	250	5.11	83	6.44
Hematócrito, % de hemácias ...	250	46.6	83	59.5
Hemoglobina, gm. por 100 cc. ..	250	15.64	83	20.13
Reticulócitos, %	250	0.4	83	1.0
Reticulócitos, mil por mm ³	250	17.9	83	45.5
Plaquetas, mil por mm ³	80	406	41	419
Leucócitos, mil por mm ³	140	6.68	72	7.04

* Determinado com corante azul de Evans

Ciclopropano: É aconselhável, pois pode-se administrar grandes quantidades de O₂. Deve haver cuidado com o perigo de explosão.

Halotano e Metoxifluorano: Recomendado por Safar ⁽²⁵⁾ e Pineda ⁽³¹⁾. Ideais por seu grande poder anestésico e permitem empregar grandes concentrações de O₂. A desvantagem relativa seria a tendência a bradicardia e hipotensão arterial (vagotonia); porém em circuito fechado e com respiração controlada é aconselhável seu uso, já que não são explosivos.

Relaxantes musculares: De todos êles parece ser a succinil + colina) o melhor tolerado pelos habitantes da altura eliminar todos os problemas que apresentava a anestesia na altura, já que facilita a entubação traqueal com anestesia superficial e mantém o relaxamento suficiente para realizar respiração controlada, que aconselhamos de forma sistemática, com a qual o problema da hipóxia é eliminado, evitando os níveis profundos de anestesia e a recuperação total do paciente é acelerada.

SUMMARY

PHYSIOLOGICAL DATA ON GENERAL ANESTHESIA FOR INHABITANTS OF HIGH ALTITUDES

The low barometric pressure at high altitudes (above 4.000 m) causes diminution of oxygen partial tension of the inspired air, which leads in a long time to chronic hypoxia which forces the inhabitants of such places to develop a compensation mechanism of physiological adaptation (Hurtado) in order to maintain life.

The management of general anesthesia at high altitudes presents itself, in our own point of view, as considering the physiopatological mechanisms of native's natural adaptation to the climate, in order to compensate the chronic hypoxia.

Concluding, we can schematize:

- 1 — Avoid preoperative medication which can depress the respiratory center; do not use morphine and opiates.
- 2 — Smooth induction with fast induction agents. Tracheal intubation.
- 3 — To choose anesthetic agents for maintenance which allow great concentration of oxygen, as halothane or methoxyflurane (because they aren't explosive).
- 4 — To employ muscles relaxants, in order to establish controlled alveolar ventilation, to avoid serious troubles in hypoxic patients.
- 5 — Complete control of the patient.
- 6 — Postoperative oxygen therapy until complete recovery.

BIBLIOGRAFIA

1. Monge Carlos. — La Enfermedad de los Andes — Lima. Facultad de Medicina 1928.

2. Hurtado, Alberto. — Man and Altitude. American Industrial Hygiene Ars. J. Vol. 27 Jul. — Ag. 1966.
3. Hurtado A. — Animals in High altitudes: Resident man. Handbook of Physiology — U.S.A. 1964.
4. Hurtado A. — Aclimatación a la altura. «Conferencias Eduardo Braun M.
5. Hurtado A. — La función Respiratoria en la altura, XXI Congreso Internacional de Ciencias Fisiológicas — Buenos Aires. 9 — 15 Agosto 1959.
6. Cardich, A. — Antiguo Peru. Espacio y Tiempo. Editorial: J. Mejica — Baca Lima, 1960.
7. Hurtado, A. — Aspectos Fisiológicos y Patológicos de la vida en la altura. Imprenta Rimac, Lima, 1937.
8. Best, H. y Taylor, B. — Las Bases Fisiológicas de la Práctica Médica Univers. Toronto (Canadá). Edit. Cultural S.A. La Habana, 1947.
9. Reynafarje, B. — Myoglobin content and enzymatic activity of muscle and altitude adaptation. J. Appl Physiol. 17:301, 1962.
10. Rotta, A., Cánepa, A., Hurtado, A., — Pulmonary circulation at sea level and at high altitudes. J. Appl. Physiol. 9:328, 1956.
11. Peñaloza, D., Sime, F., Bançhero, H., and Gamboa R. — Pulmonary Hypertension in Healthy Man born and living at High Altitudes. Med Thorac 19:449 — 460, 1962.
12. Bançhero, H., Sime, F., Peñaloza, D., Cruz, J., Gamboa; R. and Marticorena; E. Circulation. Vol. XXXIII — Feb. 1966 — Falta nombre (vease otra página).
13. Sime, F., Bançhero, H., Peñaloza, D., Gamboa, R., Cruz; J.; Marticorena; E., — Pulmonary Hypertension in children Born and Living at High Altitudes. American Jour of Cardiology. Vol. 11:143 — 149, 1963.
14. Vogel, J. H., W., Rose, R., Blount, S. and Grover, R. — Pulmonary Hypertension on exertion in normal man living at to. 150 feet (Colorado) Med. Thorac 1r:461, 1962.
15. Arias — Stella, J. and Recavarren, S. — Right ventricular Hypertrophy in native children living at high altitudes, Am. J. Pathology 41:55, 1962.
16. Arias — Stella, J. and Saldanã, M. — The muscular pulmonary arteries in people native to high altitude. Med. Thoracolis 19:484, 1962.
17. Peñaloza, D., Arias — Stella, J., Sime, F., Recavarren, S. and Marticorena, E. — The Heart and Pulmonary circulation in children at High Altitudes. Physiological, Anatomical and Clinical Observations, Pediatrics. Vol. 34 — N° 4:568 — 582. Oct. 1964.
18. Peñaloza, D. and Echevarria, M. — Electrocardiografic observations on ten subjects at sea level and During one year of Residence at High Altitudes. Amer. Heart J. St. Louis. Vol. 54 — N° 6 811-822. Dec. 1957.
19. Peñaloza, D., Bançhero, N., Sime, F. and Gamboa, R. The Heart in Chronic Hypoxia. Biochemical clinic. N° 1 The Heart. pag. 283-298, 1963 — U.S.A.
20. Alzamora-Castro V., Battilana, S., Abugattas, R. and Sialer, S. Patent ductus arteriosus and high altitude. Amer. J. Cardiol. 5:761, 1960.
21. Hellriegel, K. O. — La cirugía del ductus arterioso persistente en las grandes alturas. Rev. Asoc. Med. Yauli — La Oroya (Perú) 4:50, 1958.
22. Chávez, I., Espino — Vela, J., Limon, R. and Dorbecker, N. — La persistencia del conducto arterial. Estudio de 200 casos. Arch. Inst. Cardiol. México 23:687, 1953.
23. Pineda, R. — Anestesia en la altura. VI Congreso Latino Americano y I Peruano de Anestesiología. Oct. 1962, Lima — Perú.
24. Safar, P. — La Anestesia en las grandes alturas. (Traducido de An. of Sury. Vol. 144 N° 5:835 Nov. 1956) Rev. Asoc. Medica de Yauli (Perú) N° 4:16 — 1956.

25. Safar, P. and Tenicela, R. — High Altitudes Physiology in Relation to Anesthesia and Inhalation Therapy. *Anesthesiology*. Vol. 25. Nº 4:515 Val. — Aug. 1964.
26. Darricades, A. y Opasso, A. — Anestesia en la altura. *Rev. Chilena de Anestesia*. Vol. 2 Nº 9:254. Val. Dic., 1960.
27. Opasso, A. — Anestesia en la altura. VI Cong. Lat. Amer. y I Peruano de Anestesiología, Oct. 1962 — Lima.
28. Contreras Basalto, H. — Experiencia anestésica en altura. *Rev. Chil. de Anestesia*. Vol. 3 Nº 11:50-56, Enero — Junio, 1962.
29. Valderrama, C. — Comunicación particular.
30. Valderrama, C. — Anestesia Raquídea en la altura 2º Congreso Peruano de Anestesiología. Oct. 1964.
31. Pineda, R. — Anestesia con Fluothane en la altura. 3º Congreso Peruano de Anest. Oct. 1966. Lima — Perú.
32. Cabrera, L. y Opasso, A. — Modificaciones cardiovasculares de la premedicación en la altura. VII Congreso Latino Americano de Anestesiología. 1964 Montevideo — Uruguay.
33. Haro, D. E. — El fondo del ojo en los habitantes de las grandes alturas. *Arch. Inst. Biolog. Andina*. Vol. 1 Nº 4 — Agosto 1966 — Facultad Med.: Lima.
34. Ramos, M. — Comunicación particular.
35. Lochmann, k. — Comunicación particular.
36. Anesthesie et Reanimation. *Enciclopedie. Médico — Chirurgical*, Paris, 1964.

Dr. ALDO RAFFO U.
Grau 300 — Mirallores
Lima — Perú



II CONGRESSO LUSO-BRASILEIRO DE ANESTESIOLOGIA

organização da

SOCIEDADE PORTUGUESA DE ANESTESIOLOGIA

(Secção da Sociedade de Ciências Médicas de Lisboa)

sob o patrocínio da

Federação das Sociedades de Anestesiologia dos

Povos de Língua Portuguesa

LISBOA (ESTORIL) — 1 - 4 de setembro de 1968