

PREMIO NIVEL B:

HOSPITALES II Y III

CIRUGIA CARDIACA EN PACIENTES DE ALTURA

Seudónimo:
"Juan Salvador Gaviota"

Autores:
Dr. Juan Manuel Sanchez Arana
Dr. Freddy Montero Molina
Enf. Marcia De Cassia Silva

Hospital III - HUANCAYO

RESUMEN

La cirugía cardiaca en altura (por encima de los 3,000 m.s.n.m) encierra muchas interrogantes por el aún incompleto conocimiento de la anatomía, fisiología, y las variables patológicas de las personas que se someten a este tipo de intervenciones.

Es por ello que en el Hospital III IPSS - Huancayo iniciamos el estudio de estas variables basados en la observación que los investigadores han realizado en el habitante de altura y los fenómenos presentados en nuestros primeros casos.

El objetivo fue determinar las principales diferencias entre la cirugía a nivel del mar respecto a aquella realizada en la altura, y cuales serían las principales recomendaciones sobre el pre, trans y post operatorio de la cirugía cardiaca en este diferente ambiente natural.

Entre Diciembre de 1993 y Enero de 1995, se realizaron 28 cirugías cardiacas en el Hospital III IPSS - Huancayo, siendo 14 cirugías valvulares y 14 de cardiopatías congénitas, 21 realizadas bajo circulación extracorpórea y 7 sin extracorpórea, con edades entre los 02 y 60 años, 16 pacientes fueron de sexo femenino y 12 masculino. Todos ellos fueron evaluados bajo un protocolo de exámenes pre operatorios, los cuáles durante el presente estudio fueron comparados y adecuados a las características y variables fisiopatológicas del habitante de altura.

La evaluación diagnóstica definitiva de todos los pacientes fue a través de ecocardiografía.

Los resultados más importantes fueron: lograr una mortalidad del 0%, haber identificado algunos de los principales factores de riesgo, describir las variables fisiológicas y su interpretación en la evolución de estos pacientes para así disminuir la estancia hospitalaria .

Creemos sin embargo que las investigaciones sobre el reconocimiento y manejo de estas patologías deben continuar a la luz de observaciones científicas multidisciplinarias que apoyen a la cardiología y cirugía cardiovascular en el entendimiento de los fenómenos que ocurren en esta población cuando son tratados en su propio habitat de vida.

INTRODUCCION :

Realizar cirugía cardíaca en la altura significa en nuestro medio una rutina poco conocida, no solo por sus escasos antecedentes (cirugía cardíaca en los hospitales de Chulec y Arequipa), sino por la falta de información acerca del comportamiento del habitante de altura que se sometió a una cirugía de este tipo, en su propio medio. Lo cual incluye diferencias anatómicas, fisiológicas, en la evolución natural de muchas enfermedades cardiovasculares adquiridas y congénitas e inclusive factores socio culturales que crean en el individuo y su familia diferentes expectativas.

El estudio de la vida en la altura y más aún de la enfermedad cardiovascular, tienen la misma complejidad que el estudio del hombre a nivel del mar, pero en esto estamos aún muy lejos de alcanzar una comprensión adecuada.

El Perú es un país andino, tiene por este motivo muy peculiares características geopolíticas, sociales y culturales sobre todo en las poblaciones situadas por encima de los 3,000 metros de altura, cuyos habitantes residentes permanentes constituyen un laboratorio natural del efecto crónico de la altitud sobre el organismo y para los cuales si hablamos de cirugía cardíaca el factor ambiental constituye también un elemento determinante de sus posibles variaciones evolutivas.

Carecemos de mapas epidemiológicos nacionales, principalmente cardiológicos, de registros confiables y estadísticos, es por ello que solo suponemos algunas veces con acierto y otras equivocadamente las incidencias de nuestras principales cardiopatías, sobre todo en lugares donde la salud no ofrece una adecuada cobertura como sucede en casi toda nuestra sierra y selva. Por ejemplo suponemos que el mayor daño cardiológico en estas regiones sea valvular, como consecuencia de una enfermedad reumática crónica conocida como fiebre reumática, suponemos que algunas cardiopatías congénitas tengan mayor incidencia en lugares donde la altitud y la hipoxia sean el factor determinante, suponemos también aunque en forma equivocada que en la sierra no existe cardiopatía izquémica coronaria, enfermedad que se presenta cada vez con mayor frecuencia sobre todo en las principales capitales de nuestra serranía donde los hábitos modernos han comenzado a generar los mismos factores de riesgo que a nivel del mar.

Es por ello que este trabajo pretende reunir información que sirva a quienes en el futuro enfrenten el reto de estudiar las variaciones cardiológicas de

seres humanos que tienen muchas más diferencias que solo 3,000 metros de altura sobre el nivel del mar.

MATERIAL Y METODOS

El estudio se realizó en el Hospital III-IPSS de Huancayo localizado a 3,280 mts sobre el nivel del mar. Entre Diciembre de 1993 a Enero de 1995 siendo la población objeto de este estudio 28 pacientes provenientes de la misma ciudad y de otras localidades con niveles de altitud mayores a la ciudad de Huancayo (La Oroya, Cerro de Pasco, Huancavelica, etc).

Los 28 pacientes fueron sometidos a Cirugía Cardíaca, siendo 14 cardiopatías valvulares y 14 cardiopatías congénitas, 21 cirugías bajo CEC y 7 sin extracorpórea, las edades variaron entre 2 años y 60 años, siendo 16 pacientes de sexo femenino y 12 del sexo masculino.

Tabla 1

Pacientes Valvulares	N° de Prótesis Valvulares	N° de Plastías Comisurotomía	Total de Pacientes
Válvula Mitral	04	02	04
Válvula Aortica	03	00	03
Válvula Mitro Aortica	10	00	06
V. Mitro Aorto Tricusp.	02	01	01
TOTAL	19	03	14

Tabla 2

Pacientes con Cardiopatías Congénitas	Corrección Definitiva	Corrección Paleativa	Total
C.C.Acianóticas	con CEC	06	06
	sin CEC	07	07
C.C.Cianóticas	con CEC	01	01
TOTAL	14		14

CUADRO 3

DIAGNOSTICO Y EDAD DE PACIENTES:

Casos	Diagnóstico	Edad (Años)
1	PCA	07
2	CIV	14
3	V. M-Ao-T	21
4	V. M-Ao	16
5	V. M-Ao	17
6	V.M	31
7	PCA	19
8	PCA	20
9	V. Ao	38
10	T4 Fallot	06
11	V. M-Ao	60
12	V. M	36
13	CIA	08
14	CIV	14
15	PCA	18
16	PCA	02
17	V. M-Ao	32
18	PCA	05
19	CIV	12
20	CIA	15
21	CIA	14
22	V. M-Ao	52
23	V. Ao	58
24	V. M.	43
25	V. Ao	42
26	PCA	08
27	V. M-Ao	56
28	V. M.	23

METODO

Los pacientes fueron evaluados e indicada su cirugía a través de estudios ecocardiográficos y de acuerdo a los siguientes protocolos :

PROTOCOLO PRE OPERATORIO DE CIRUGIA CARDIACA

I. Definición:

Se definirá como la forma de manejo pre operatorio de la cirugía cardíaca para pacientes adultos y niños en forma general y específica según los antecedentes y/o factores de riesgo pre quirúrgicos.

II. Objetivos:

- * Ofrecer una guía ordenada y simple para el desarrollo del pre-operatorio de cirugía cardíaca, desde la consulta médica, admisión, hospitalización, estancia e información acerca de su futuro post operatorio.
- * Disminuir los riesgos trans y post operatorios a partir de medidas y actitudes basadas en una correcta evaluación pre operatoria.
- * Disminuir los costos de atención y hospitalización basadas en una adecuada indicación de exámenes auxiliares, indicación quirúrgica, y sobre todo prevención de los factores de riesgo.

III. División de acuerdo al tipo de cardiopatía:

IV. Diagnósticos que deberán contar en la Historia Clínica del Paciente:

1. Diagnóstico Clínico del tipo de cardiopatía.
2. Diagnóstico Radiológico.
3. Diagnóstico Electrocardiográfico.
4. Diagnóstico Ecocardiográfico.
5. Diagnóstico Hemodinámico por cateterismo cardíaco. (*)
6. Diagnóstico de otras enfermedades Asociadas.

V. Grado funcional según la NYHA

VI. Enfermedades asociadas más frecuentes:

VII. Antecedentes patológicos de importancia:

VIII. Exámenes auxiliares:

1. Electrocardiograma ; 12 derivaciones.
2. Radiografía de tórax ; PA y perfil izquierdo.
3. Ecocardiograma Bidimensional Doppler
4. Estudio Hemodinámico por Cateterismo cardíaco.
5. Exámenes de Laboratorio:
 - 5.1 Hemograma Completo
 - 5.2 Grupo y factor sanguíneo.
 - 5.3 Perfil de coagulación completo(**).
 - 5.4 Examen de orina completo.
 - 5.5 Gasometría arterial (*)
 - 5.6 Electrolitos (*)
 - 5.7 Bioquímica :
 - Glucosa
 - Urea
 - Creatinina
 - Perfil Lipídico (*)
 - Acido Úrico (*)
 - Proteínas totales y fraccionadas (*)
 - Pruebas de función Hepática (*)
 - Depuración de Creatinina (*)

(*) Solicitudes de acuerdo a antecedentes y/o factores de riesgo del paciente.

(**) Se suma a este protocolo, exámenes hematológicos dependientes de la característica del habitante de la altura que muestran un menor potencial pro-coagulante, niveles de factor V debajo del límite inferior normal niveles de plasminógeno por encima del valor normal al igual que la anti-trombina III. Recordando el efecto activador sobre el tiempo de protrombina que ejerce la baja temperatura.

Esquema mínimo a ser realizado en paciente en el pre-operatorio:

- Tiempo de Protombina.
- Tiempo de Tromboplastina parcial activado.
- Tiempo de Trombina.
- Dosaje de Fibrinogeno.
- Determinación del Factor V.
- Recuento directo de Plaquetas usando microscopio de contraste de fase.

- IX. Cronograma para el ingreso del paciente al servicio de cirugía cardiovascular:
- X. Preparación Pre-operatoria general
- XI. Preparación especial de los pacientes de acuerdo a sus antecedentes o factores de riesgo
- XII. Material necesario a solicitar de acuerdo al antecedente o factor de riesgo.

PROTOCOLO TRANSOPERATORIO DE CIRUGÍA CARDIACA.

- I. Previsión del material y equipos necesarios para cirugía cardiaca
- II. Preparación del paciente en sala de operaciones.
- III. Inducción anestésica.
- IV. Indicaciones generales.
- V. Indicaciones específicas.
- VI. Preparación del paciente para circulación extracorpórea.
- VII. Preparación del paciente en reoperaciones.
- VIII. Método de circulación extracorpórea.
- IX. Heparinización.
- X. Protección miocárdica.
- XI. Neutralización de la heparina.
- XII. Cuidados trans-operatorios.
- XIII. Transporte del paciente de sala de operaciones a UCI.

Dentro de este protocolo se debe destacar que en aquellas cirugías con CEC, el método usado fue el normotermia o hipotermia leve. Estando la protección miocárdica basada en una solución cardiopléjica sanguínea-oxigenada-normotérmica-con lidocaína, ofreciendo los resultados que al final se comentan.

En cuanto al aspecto hematológico decidimos evitar la excesiva administración de cristaloides prefiriendo el uso de coloides plasmáticos. Esta rutina sirvió para corregir los posibles defectos de coagulación en el pre-operatorio, toda vez que ya nuestro esquema está basado en la profilaxia y no en el tratamiento de la complicación hemorrágica. Debido a nuestra falta de experiencia el conocimiento con la evolución de la heparinemia en la altura decidimos acompañar los niveles de Heparina en todo procedimiento extracorpóreo con determinaciones seriadas del tiempo de coagulación activada (TCA). La dosis ad-

ministrada a los pacientes que se sometían a cirugía cardíaca con CEC se estandarizó en 3 miligramos/ Kg de Peso, juzgamos esta una medida fundamental para evitar el consumo de factores de coagulación por déficit de heparina o inducir hemorragias por exceso de la misma.

Creemos que nuestros resultados servirán de referencia para la discusión "De los pacientes de altura aparentemente normales" en los cuales encontramos una tendencia a la hipo-coagulación, pudiendo presumir que los casos de valvulopatía crónicas con antecedentes de descompensación cardíaca o en casos de cardiopatías congénitas cianóticas esta tendencia será más marcada.

PROTOCOLO POSTOPERATORIO DE CIRUGÍA CARDIACA

- I. Recepción del paciente en UCI.
- II. Unidad de Cuidados Intensivos Post-Operatorios cardíacos
- III. Monitorización hemodinámica no invasiva.
- IV. Monitorización hemodinámica invasiva.
- V. Manejo Post-Operatorio indicaciones y prescripciones.
- VI. Cuidados post-operatorios.
- VII. Manejo de las complicaciones y fenómenos post-operatorios.

Dentro de este protocolo consideramos necesario realizar una correlación entre los valores laboratoriales y de otros exámenes auxiliares respecto a lo que puedan significar una diferencia entre el paciente a nivel del mar con el paciente de altura, lo que muchas veces puede ser motivo de conductas equivocadas por el solo hecho de no considerar que muchas de las variaciones son fisiológicas y/o anatómicas del hombre habitante de altura normal.

Podemos agrupar a las principales variaciones desarrolladas por este factor ambiental en :

- Hematológicas.
- Respiratorias.
- Laboratoriales.
- Hemodinámicas.
- Aspecto Socio-Cultural.

Asimismo, preferimos coordinar con el anestesiólogo, un tipo de anestesia que permita la extubación terminada la cirugía en sala de operaciones o precozmente en la unidad de cuidados intensivos, basados en criterios clíni-

cos, saturación de O_2 y PCO_2 . Observando un bajo índice de complicaciones pulmonares secundarias a la ventilación mecánica, reducción del período de permanencia en UCI y de hospitalización y por consiguiente de los costos hospitalarios.

RESULTADOS

Los resultados podemos dividirlos en base a la mortalidad y morbilidad obtenida en esta serie de pacientes, así como el efecto de la protección miocárdica en aquellos pacientes que fueron sometidos a circulación extracórporea.

Morbilidad:

En nuestra experiencia inicial se presentaron complicaciones trans y post operatorias, que posteriormente pudieron ser identificadas y tratadas adecuadamente, lográndose una importante disminución de las mismas en las intervenciones futuras. (Tabla N° 3)

TABLA N° 3

Complicaciones	N° de Pacientes	Causa
Sangrado Importante	08	Trastorno de Coagulación
Reoperaciones por sangrado	05	Trastorno de Coagulación
Accidente cerebrovascular	01	Embolia Aérea
Derrame pleural	03	Anemia, disminución de presión Oncótica, aumento de presión hidrostática.

Mortalidad:

En esta primera serie de 28 pacientes no hubo mortalidad, resultado obtenido principalmente por la planificación y el esfuerzo mancomunado del equipo médico y paramédico responsable por estos pacientes.

Tipo de Pacientes	Con CEC	Sin CEC	Total	Mortalidad
Pac. Valvulares	14	0	14	0
Pac con C. Congénitos	07	07	14	0
			28	0

Protección Miocárdica:

Cuyo objetivo principal es preservar la viabilidad del músculo cardíaco durante el período de parada cardíaca en circulación extracorpórea.

Los parámetros usados para valorar este efecto fueron:

Protección Miocárdica	14 Pac. Valvulares	14 Pac. Congénitos
- Uso de Desfibrilador Interno	0	0
- Uso de Drogas Antiarrítmicas Intra-Op	0	0
- Signos de Bajo Débito Trans-Op	0	0
- Signos de Bajo Débito Post-Op	0	0
- Uso de Drogas Vaso Activas por Sind. de Bajo Débito	0	0

DISCUSION

El estudio de la vida en la altura y más aún de la enfermedad cardiovascular tienen la misma complejidad que el estudio del hombre a nivel del mar, pero en este estamos aún muy lejos de alcanzar una comprensión adecuada. Siendo el Perú un país andino tiene por este motivo muy peculiares características geopolíticas, sociales y culturales sobre todo en las poblaciones situadas por encima de los 3,000 m.s.n del mar cuyos habitantes residentes permanentes constituyen un laboratorio natural del efecto crónico de la altitud sobre el organismo y para los cuales si hablamos de cirugía cardíaca el factor ambiental en todas sus manifestaciones constituyen también un elemento determinante.

Revisando las experiencias hematológicas, en el habitante de este medio natural, encontramos que desde el primer descubrimiento realizado, que demostró que el número de los glóbulos rojos y la hemoglobina eran mayores en los habitantes de la altura, que en los costeros, hasta los actuales conoci-

mientos de una demostrada tendencia a la hipocoagulación que se correlaciona en forma inversa con el hematocrito, hubo una constante búsqueda de respuesta a las interrogantes de cuales serían los parámetros fisiológicos normales en estas personas. Si consideramos esta última información dentro una de las principales y más frecuentes complicaciones en la cirugía cardíaca, observaremos que ella acarrea no solamente un mayor riesgo de vida para los pacientes sino que aumenta el costo de procedimiento por mayores insumos así como por el período de internamiento, sin contar con las eventuales secuelas que también originan nuevas consultas o dolorosas y costosas rehabilitaciones.

Es decir que las ventajas del estudio de las condiciones hemostáticas y de las probabilidades de una prevención de las complicaciones hemorrágicas trae ventajas para el paciente, el médico y la administración del hospital.

Por ello es conveniente alertar al laboratorio para prestar atención especial a la relación anticoagulante/sangre que debe ser corregida en pacientes poliglobúlicos. Considerando además que en estos se detecta una tendencia a la hipocoagulación, podemos presumir que en casos de valvulopatías crónicas con antecedentes de descompensación cardíaca o en casos de cardiopatías congénitas cianóticas esta tendencia será más marcada.

Desde el punto de vista de la circulación pulmonar, la fisiología respiratoria y de los gases sanguíneos, tenemos que en pacientes de altura la presencia de un arco medio prominente pierde el significado semiológico que habitualmente se le atribuye a nivel del mar, destacándose además la demostración hecha por el Dr. Arias Stella acerca de la existencia de una mayor musculatura en la capa media de la arteria y arteriolas pulmonares. Por otro lado es difícil valorar el signo radiológico de aumento de flujo pulmonar, ya que la rica vasculatura pulmonar característica del sujeto de altura dificulta su interpretación. Los aspectos fisiológicos de la respiración están relacionados principalmente con la Presión Barométrica, la cual disminuye proporcionalmente con la altitud y determina la presión parcial de los gases como el oxígeno y el anhídrido carbónico, creando con ello una diferencia en los valores considerados normales de la gasometría arterial a nivel del mar, observándose nuevos límites entre los valores normales y los patológicos (ver anexo IV).

Por otro lado se observa una curva de disociación de la Oxihemoglobina desviada hacia la derecha. Según la curva de Severinghaus que es una expresión de la relación del oxígeno con la hemoglobina en términos de porcentajes de saturación de la hemoglobina versus presión parcial del oxígeno, por lo que

la posición de la curva de disociación es también una indicación de la afinidad del oxígeno por la Hemoglobina. Cuando la curva se desvía a la derecha como es característico en el habitante de las grandes alturas, existe una disminución de la saturación y por consiguiente del contenido de oxígeno en la sangre pero se facilita la liberación de oxígeno a los tejidos.

En cuanto al aspecto Socio Cultural, realizar cirugía cardíaca en un medio ambiente donde el paciente está acostumbrado a desenvolverse, sin necesidad de ser transferido a un lugar lejano, ofrece mayor confianza y tranquilidad para la familia y el paciente mismo, porque disminuye la tensión en el medio familiar al ver favorecido la comunicación entre ellos y el médico, por otro lado algunos procedimientos paralelos como la donación de sangre, coordinación de las visitas, y satisfacción de algunas de las necesidades personales del paciente se ven también favorecidas con este hecho. Sin contar con los gastos que genera el traslado de algún o algunos miembros de la familia, y el enfrentar la agitación de una gran ciudad como Lima.

CONCLUSION Y RECOMENDACIONES

La experiencia de realizar cirugía cardíaca en la altura, representa un verdadero reto a la investigación de todas las variables anatómicas, fisiológicas y patológicas que se observan en el habitante de regiones por encima de los 3000 m.s el nivel del mar a su vez los resultados demuestran que esta es una posibilidad perfectamente viable que favorece no sólo al paciente que es tratado en base a sus verdaderos parámetros de adaptación a este medio, sino también a la política institucional que el IPSS procura al descentralizar la atención de salud.

Pensamos que la creación de protocolos basados en la realidad de este medio ambiente es la mejor medida para el desarrollo futuro de la cirugía cardíaca.

Recomendaciones :

- Realizar observaciones en base a los parámetros fisiológicos del habitante de la altura.
- Crear protocolos adecuados para esta realidad con los objetivos de ser guías simples y ordenados para el manejo de la cirugía cardíaca, de disminuir los riesgos en base principalmente a medidas profilácticas y disminuir los costos hospitalarios.

- Incentivar la investigación de los fenómenos cardiológicos clínicos y quirúrgicos.
- Propiciar reuniones multidisciplinarias que aclaren el entendimiento de las variaciones y fenómenos que ocurren cuando los enfermos cardiológicos son tratados en su propio habitat.

Agradecimiento:

Al Dr. Ricardo Manrique Sipan por su confianza y valiosa ayuda de sus experiencias sobre el tema.

BIBLIOGRAFIA

1. **Instituto de Investigaciones de la Altura** 1961 - 1986. Universidad Peruana Cayetano Heredia. Betaprint S.R.L. Lima 1987.
2. **Instituto de Investigaciones de la Altura**. UPCH. Simposium : Contribución peruana al estudio de la biología de las grandes alturas. Homenaje al Prof. Alberto Hurtado, Premio Houssay 1972. Revista del Viernes Médico 1974; XXV: 23-28.
3. **Hurtado A**: Aspectos fisiológicos y patológicos de la vida en las alturas. Imprenta Rímac, Lima 1937.
4. **Guerra García R**: La altura y el desarrollo de la ciencia en el Perú. Revista Médica Peruana. 1992; 64: 17-29.
5. **Frisancho D, Baker PT**: Altitude and growth. Am J Phys Anthrop. 1969; 32: 279-292.
6. **Velásquez T**: Algunos aspectos de la función respiratoria en la altura. Revista Médica Peruana 1992; 64: 15-19.
7. **Peñalosa D, Sime F, Banchemo N, Gamboa R, Cruz J. Marticorena E**: Pulmonary hypertesion in healthy men born and living at high altitudes. Am J. Cardiol. 1963; 11: 150-155.
8. **Arias Stella J, Recavarren S**: Right ventricular hypertrophy in native children living at high altitude. Am J Path. 1962; 41: 55.
9. **Berrios J, Coyotupa J, Kaneku L**: Secreción de gastrina en altura y a nivel del mar. Rev de Gastroent del Perú 1983 3: 33-37.
10. **EgurenVL**:Morfología histológica de la piel expuesta en grandes altitudes. Tesis Doctoral UNMSM, Lima 1972.
11. **Garmendia F**: La influencia de la altura sobre la historia natural de las enfermedades. Revista Médica Peruana. 1992; 64: 10-14.

12. **Picón Reátegui E:** Studies on the metabolism of carbohydrates at sea level and high altitude. *Metabolism*.1962; 11: 1148-1152.
13. **Jose Felix Patiño:** Fisiología de la respiración, gases sanguíneos e Insuficiencia Respiratoria.1986: 1-72.
14. **Gustavo Gonzales, Arturo Villena:** Contribución Peruana a la Hematología en poblaciones de altura: *Revista Vida Institucional* 1193; 2: 213-225.

ANEXOS

I. Características hematológicas del hombre andino.

- Policitemia.
- Mayor volumen sanguíneo: a expensas de mayor masa globular.
- Médula ósea con Hiperplasia Eritroidea.
- Curva de Disociación de la Hemoglobina desviada a la derecha.
- Incrementa del 2-3 Difosfoglicerato (DPG).
- Grupo Sanguíneo predominante «O» Rh positivo.
- Efecto activador del tiempo de protombina por baja temperatura.
- Tendencia a la Hipocoagulación, correlación inversa al Hematócrito.

II. Características cardiocirculatoria del hombre andino.

- Hipertrofia ventricular derecha.
- Arco medio prominente.
- Mayor vascularización miocárdica.
- Persistencia de muscularización de las arteriolas pulmonares.
- Hipertensión pulmonar: mayor presión del circuito arterial pulmonar.
- Presión sistólica baja.
- Corpúsculo Carotideo de mayor volumen y con hiperplasia celular.

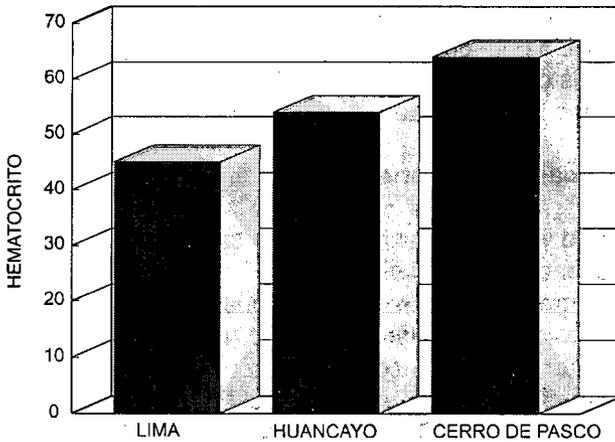
III. Características respiratorias del hombre andino:

- Capacidad vital incrementada: mayor capacidad pulmonar total.
- Mayor capacidad de difusión.
- Mayor volumen de los Alveolos: incremento de la ventilación Alveolar.
- Incremento de los Capilares Tisulares (abiertos).
- Mayor Volumen Sanguíneo Pulmonar.
- Menor Gradiente de Oxígeno Alveolar Arterial.
- Menor Saturación de Oxígeno Arterial.

IV. Comparación entre estudios de gasometría a nivel del mar - Huancayo (3,280 m.s.m.)

GASOMETRIA	LIMA	HUANCAYO
pH	7.4	7.4
PO ₂	85 - 100	60 - 65
PCO ₂	35 - 45	30 - 32
HCO ₃	20 - 24	18 - 20
SAT. O ₂	94 - 99	92 - 93
Ex. BASE	± 2	-4, -5

V. Niveles de hematocrito en varones nativos de diferentes altitudes



VI. ALTITUD Y PRESION BAROMETRICA Y PRESION PARCIAL DE OXIGENO.

Ciudades	Altitud(mts)	PB(mmHg)	PIO ₂ (mmHg)
	Nivel del Mar	760	156
Caracas	1000	674	141
México	200	585	122
Arequipa	2400	572	120
Bogotá	2600	560	117
La Paz	3000	522	109
Huancayo	280	505	106
La Oroya	3700	483	101
Morococha	4500	428	89

VII. FORMULA PARA CALCULAR LA PRESION PARCIAL DE UN GAS ATMOSFERICO:

$$P = PB \times \frac{\text{CONCENTRACION DEL GAS}}{100}$$

Ejemplo :

$$\text{HUANCAYO : } PO_2 = \frac{505 \times 21}{100} = 106$$

DESCRIPCION DE ABREVIATURAS

• CEC	=	Circulación Extra Corpórea.
• TCA	=	Tiempo de Coagulación Activado.
• PCA	=	Persistencia de Conducto Arterioso.
• CIV	=	Comunicación Inter Ventricular.
• CIA	=	Comunicación Inter Auricular.
• V.M-Ao-T	=	Valvulopatía Mitro Aorto Tricúspidea.
• V.M-Ao	=	Valvulopatía Mitro Aorto.
• V.M.	=	Valvulopatía Mitral.
• V.Ao	=	Valvulopatía Aórtica.
• T4 Fallot	=	Tetratlogía de Fallot.
• PB	=	Presión Barométrica