Observaciones clínicas, morfológicas y funcionales del corazón de atleta nativo de altura (3.500 m.)

Hallazgos Clínicos, Electrocardiográficos, Ecocardiográficos y Capacidad Aeróbica

* Octavio Aparicio - * Gerardo Antezana, * Hilde Spielvogel
** Raúl Carreón M.

* Departamento Cardiovascular y de Bioenergética I.B.B.A.
** Clínica Nacional del Deporte CLINADE

ABSTRACT

To evaluate clinical findings, EKG and Echocardiographic alterations in High Altitude Athletes (3.500 m. above sea leavel) 23 athletes (14 long distance runners and 9 boxers), were studied. Mean age was 25 years. Mean intensive training period was 2.9 years.

17 high school students served as control group. Cardiovascular physical examination was normal in all the athletes with the exeption of one in whom a systolic ejection murmur was noticed.

The EKG showed significant differences (P = -0.05) in the athletes compared to the controls: decreased heart rate, right axis deviation and increased Sokolow Lyon Index.

Right ventricular hypertrophy was present in 13% - 39% left ventricular hypertrophy in 21% - 65% and repolarization abnormalities in 22%.

Echocardiographic evaluation showed significant increase in the left atrium, right ventricular and left ventricular dimensions. Increased left ventricular posterior wall thickness and systolic/diastolic left ventricular volumes.

The ejection fraction showed no significant difference when compared to the control group.

12 long distance runners were given maximal exercise tests with measurement of aerobic capacity ($\dot{V}O_2$ max). $\dot{V}O_2$ max was 56.50 ml/kg/min and maximal heart rate (FC max) 186 beats/minute.

The $\dot{V}O_2$ max of 56.50 was higher than in other samples of the population of La Paz, but lower than reported by European authors for the same sports discipline et sea level.

RESUMEN

Para evaluar las características clínicas, electrocardiográficas y ecocardiográficas en atletas nativos de altura (3.500 m sobre el nivel del mar) se estudiaron 23 atletas (14 corredores de larga distancia y 9 boxeadores) con una edad promedio de 24,5 años y un tiempo promedio de entrenamiento intensivo de 2.9

años, 17 estudiantes de secundaria sirvieron como grupo control.

El exámen físico cardiopulmonar fué normal en todos los atletas estudiados excepto en uno en el que se auscultó un soplo sistólico,eyectivo.

La evaluación Electrocardiográfica mostró diferencia significativa (P = − 0.05) en relación a la menor frecuencia cardíaca, el desvío a la derecha del AQRS y el índice de Sokolow Lyon incrementado en los atletas. Sobrecarga de VD se evidenció en 13% - 39%. Sobrecarga de VI 21% - 65%. Trastornos de repolarización 22%.

El análisis ecocardiográfico comparativo mostró diferencias significativas (P = −0.05) en el incremento de dimensiones de A.I. - V.D. - V.I. Grosor incrementado de pared posterior de VI y mayor volúmen sistólico y diastólico de VI. La fracción de eyección calculada no mostró diferencia significativa con el grupo control.

12 corredores de larga distancia fueron sometidos a pruebas de esfuerzo máximo con determinación del consumo máximo de oxígeno ($\dot{V}O_2$ max). Se obtuvo un valor medio de 56.50 ml/kg/min. con una frecuencia cardíaca máxima (FC max) media de 186 latidos por minuto. El $\dot{V}O_2$ max de 56.50 ml/kg/min, es más alto que el valor encontrado en otros grupos de la población de La Paz, pero menor que lo reportado por autores Europeos en atletas de la misma disciplina deportiva a nivel del mar.

ABREVIATURAS:

VD: Ventrículo derecho
VI: Ventrículo izquierdo
AI: Aurícula izquierda

INTRODUCCION

Hasta antes de 1940, las alteraciones cardiovasculares detectadas en sujetos atletas, fueron considerados como una forma de cardiopatía, sin embargo estudios posteriores (1-2-3), han demostrado que dichas alteraciones representan un mecanismo de adaptación fisiológica normal al entrenamiento, siendo la mayoría de estos cambios reversibles al discontinuar el entrenamiento intensivo.

Las alteraciones cardiovasculares descritas en atletas, incluyen:

a) Cambios estructurales en el corazón: Hipertrofia y dilatación ventricular demostradas en estudios patológicos y radiológicos (4)

b) Alteraciones circulatorias que permiten una performance superior; gracias al incremento del Volúmen Sistólico y del Volúmen Minuto cardíaco, con una mayor capacidad de extracción periférica de oxígeno que ocasiona un incremento de la Capacidad Aeróbica ($\dot{V}O_2$ max)

c) Cambios en la ultraestructura y bioquímica miocárdica

A nivel del mar numerosos trabajos (2-3-5) han demostrado la influencia que el ejercicio físico tiene en atletas, determinada mediante exámenes complementarios de diagnóstico no invasivos como: electrocardiografía, prueba de esfuerzo graduado máximo con determinación del consumo de oxígeno, ecocardiografía y radiología.

Los cambios y alteraciones cardiovasculares en atletas nativos de altura (3.500 m) determinados mediante evaluación clínica y de exámenes de diagnóstico no invasivos, no han sido descritos ni reportados previamente. Consideramos que la influencia que tiene el factor hipoxia crónica a propósito de la sobrecarga ventricular derecha, las alteraciones anatómicas de la circulación pulmonar y la hipertensión arterial pulmonar presente en nativos normales de la altura, deben tener también su expresión en sujetos sometidos a entrenamiento físico intenso en la altura.

Para evaluar el status cardiovascular de atletas nativos de altura que realizan su práctica atlética a 3.500 m, se plantea la realización de un exámen clínico completo y la utilización de métodos de diagnóstico no invasivos: electrocardiograma, test de esfuerzo máximo con determinación del consumo máximo de oxígeno y ecocardiograma que nos permiten establecer la prevalencia de los cambios en la morfología y función cardíaca en atletas nativos de altura.

MATERIAL Y METODOS

Se estudiaron 23 atletas de "élite" remitidos para su evaluación al Departamento Cardiovascular del Instituto Boliviano de Biología de Altura (I.B.B.A.), 14 eran corredores de larga distancia y 9 boxeadores, todos nativos de altura, definida para el presente trabajo como elevación por encima de 3000 m. y residentes en la altura, donde realizan su práctica atlética.

Se consideró como antecedente para incluir dentro del grupo de atletas de "élite", el hecho de estar actualmente participando en competencias nacionales e internacionales de su especialidad, así como el haber estado sometido a entrenamiento físico intensivo por lo menos durante el último año.

Se seleccionó además un grupo control de 17 estudiantes nativos de altura considerados normales, mediante exámen clínico, electrocardiográfico y ecocardiográfico.

Todos los atletas estudiados fueron sometidos a:

1) Exámen clínico completo

2) Electrocardiograma de reposo utilizando electrocardiógrafo Hewlett Packard, registrándose 12 derivaciones a 25 mm/seg. de velocidad de registro.

3) Ecocardiograma Modo "M", mediante equipo convencional Smith Kline Ekoline 20 A, utilizando un

TABLA I

NOMBRE	Nº	PROCED	TIPO DE ENTRENAMIENTO	RESIDENCIA HABITUAL	R1	R2	SOPLOS	PULMONES	P.A.	EDAD	TIEMPO DE ENTRENAMIENTO
A.P.	1	LP	Maratón 30-40 Km/sem.	L.P.	N	N	No	N	120/80	33	2a
A.P.	2	LP	Maratón 15 Km/sem.	L.P.	N	N	No	N	120/80	33	2a
R.CH	3	LP	Maratón	L.P.	N	N	No	N	110/80	36	8a
P.C.	4	LP	60/90 Km/sem.	L.P.	N	N	No	N	120/80	20	8a
G.R.	5	LP	Box Ligero	L.P.	N	N	No	N		24	2a
D.C.	6	OR	Box otros dep.	L.P.	N	N	No	N		23	2a
C.M.	7	LP	Box semipesado	L.P.	N	N	No	N	130/80	22	2a
R.C.	8	LP	Box (minimosca) Maratón	L.P.	N	N	No	N		23	2a
M.M.	9	LP	Box Welter Ligero. football Long.	L.P.	N	N	No	N	120/90	24	2a
C.CH	10	LP	40 km/sem Corredor Dist.	L.P.	N	N	No	N		25	2a
L.A.	11	OR	Carreras 10.000 metros	L.P.	N	N	S.sist (+) dec. Apex	N	120/90	26	2a
D.A.	12	LP	50 Km. sem.	L.P.	N	N	meso No	N	120/80	24	2a
G.CH	13	LP	Maratón	L.P. Alto	N	N	No	N	120/80	20	2a
L.E.	14	LP	15 Km/día	L.P.	N	N	No	N	120/80	24	3a
M.C.	15	LP	Maratón	L.P.	N	N	No	N	120/80	25	6a
J.N.	16	LP	7-8Km/día multiatleta	L.P.	N	N	No	N		30	2a
P.Q.	17	LP	Box pluma	L.P.	N	N	No	N	110/80	30	2a
F.F.	18	LP	Maratón box med. ligero	L.P.	N	N	No	N	140/90	24	2a
R.G.	19	OR	Box ligero	L.P.	N	N	No	N	110/80	24	2a
J.L.	20	LP	Box Welter	L.P.	N	N	No	N		22	2a
F.A.	21	PT	Maratón 90 Km/sem.	L.P.	N	N	No	N	100/80	36	6a
R.C.	22	LP	Maratón	L.P.	N	N	No	N	110/70	21	2a
N.G.	23	LP	Maratón	L.P.	N	N	No	//	110/80	26	3a

ABREVIATURAS: L.P. = LA PAZ BOX = BOXEADOR N = NORMAL PA = PRESION ARTERIAL

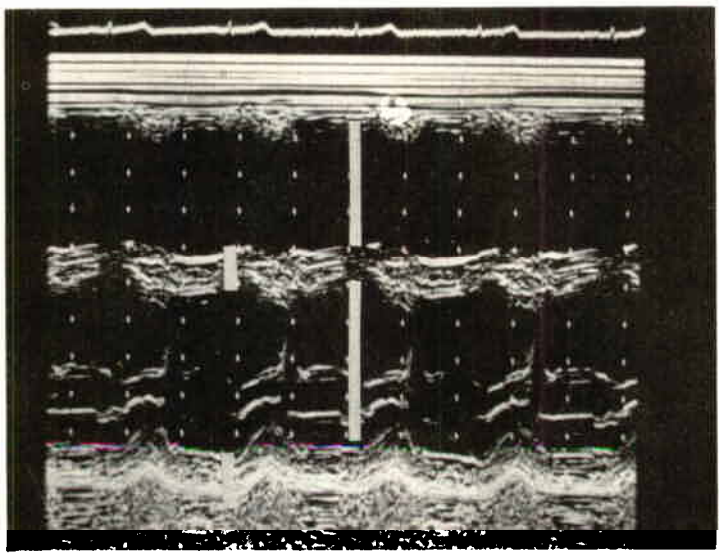

Figura 1

VD

Septum

VI

Ecocardiograma Modo "M" Nivel muestra incremento de la dimensión de ventrículo derecho.

Paciente N.G.
Ecocardiograma Nivel 1

transductor de 2.25 mHz con registro fotográfico Polaroid. En todos los casos se registraron ecocardiogramas en Nivel 1-2 y 4 estando los pacientes en decúbito lateral izquierdo.

4) Prueba de esfuerzo máximo en tapíz rodante con medición del consumo de oxígeno.

Parámetros Electrocardiográficos

Se analizó la frecuencia cardíaca, eje medio de onda "P" complejo "QRS" y onda "T", duración del intervalo PR, duración del complejo QRS y del intervalo QT, Indice de Sokolow: amplitud de onda S en V1 y V2 más amplitud de onda R en V5-V6 (mms) deflexión intinsecoide en V1 y V6

Sobrecarga de ventrículo derecho:

1. Deflexión intrinsecoide en V1 más de 0.4
2. Relación R/S en V1 mayor a 1.
3. Amplitud de onda R. en V1 mayor a 7 mm.
4. Amplitud de onda S en V1 menor a 2 mms.
5. Suma de R en V1 más S en V6 mayor a 10.5 mms.
6. Amplitud de avR mayor a 5 mms.
7. Eje de QRS (AQRS) desviado a la derecha.

Sobrecarga de ventrículo izquierdo:

1. S en V1 - V2 más R en V5 - V6 mayor a 35mms.
2. S en V1 más R en V5 - V6 mayor a 35 mms.
3. S en V1 - V2 más R en V6 mayor a 40 mms. (15-16)

Dimensiones ecocardiográficas

Las siguientes dimensiones fueron determinadas siguiendo las recomendaciones de la American Society of Echocardiography (10) Dimensión de Aurícula izquierda, dimensión de Aorta, dimensiones de ventrítrículo izquierdo y derecho. Grosor del septum interventricular y pared posterior de ventrículo izquierdo, excursión sistólica del septum y pared posterior de ventrículo izquierdo.

Amplitud de apertura DE de válvula Mitral, velocidad de la pendiente de cierre EF.

Función ventricular determinada mediante el cálculo de volúmenes sistólico y diastólico, fracción de eyección.

Prueba de Esfuerzo Máximo

La prueba de esfuerzo máximo se hizo en un tapíz rodante (Collins P 3800).

Despues de un período de calentamiento de 2 minutos con una velocidad de 6 km/hora y una inclinación de 3%, se incrementó la velocidad a 9 km/hora y la inclinación a 6%. La velocidad se mantuvo durante toda la prueba constante y la inclinación se aumentó por 3% cada 2 minutos hasta que los sujetos ya no podían continuar más. En el último momento de la prueba se hicieron 2 recolecciones durante 30 segundos del aire espirado en bolsas Douglas para la determinación del VO2. Además se hizo un registro del ECG para el cálculo de la frecuencia cardíaca máxima (FC max). La frecuencia respiratoria máxima (FR max) fué inscrita directamente en un Capnograph (Gould Godart Mark III). Se realizaron las siguientes mediciones durante el esfuerzo máximo: Frecuencia cardíaca (FC); Capacidad Aeróbica (VO2 max STPD); Ventilación Pulmonar (VE BTPS); Frecuencia Respiratoria (FR); Cociente Respiratorio (R); equivalente respiratorio (ER = VE BTPS/VO2 STPD); pulso de oxígeno (VO2 /FC)

Análisis Estadístico

Los resultados fueron evaluados utilizando el Test de Student y el cálculo de valores medios, desviación standard y rango.

RESULTADOS

De acuerdo a lo expuesto en al tabla Nº 1, 19 atletas procedían de La Paz, (3.500 m), 3 procedían de Oruro (3.800 m) y 1 procedía de Potosí, (4.000 m). El tiempo promedio de entrenamiento intensivo fué de 2.9 años, la edad promedio del grupo de atletas estudiados fué de 25.1 años. Ninguno de los atletas refirió antecedentes de patología cardíaca o respiratoria previa, todos negaron ser fumadores. El exámen físico cardiopulmonar fué normal en los sujetos estudiados, la auscultación cardíaca reveló ruidos cardíacos rítmicos normofonéticos en todos los casos. No se auscultaron ruidos sobreagregados. En un atleta se auscultó un soplo sistólico eyectivo de (+) de intensidad en 4to. EIC.I.

La presión arterial sistémica fué normal en todos los casos estudiados.

14 sujetos fueron corredores de larga distancia y 9 boxeadores. Todos los atletas residían en la ciudad de La Paz.

Electrocardiografía

En la tabla No. 2 se resumen los valores medios y desviación standard de los parámetros electrocardiográficos, al mismo tiempo se presentan en forma comparativa los resultados de los mismos parámetros en el grupo control de sujetos normales no entrenados.

La frecuencia cardíaca fué significativamente menor ($P = 0.05$) en los atletas, igualmente significativos fueron el desvío del AQRS a la derecha ($P = -0.05$). Los demás parámetros electrocardiográficos no mostraron diferencias significativas.

En la tabla Nº 3 se aprecia como la sobrecarga de ventrículo derecho (13%-39%) e izquierdo (21%-65%) y la bradicardia sinusal constituyen los cambios más frecuentes en el grupo de atletas.

TABLA Nº 2

PARAMETROS - E.C.G.

	FC	AP	AQRS	AT	PRI	QT	I.Sokolow V2+V5	I.Sokolow VI+V6	DI. VI	DI. V6
N = 17 NORMALES	67 ± 111	49 ± 13	67 ± 27	45 ± 11	0.15 ± 0.01	0.41 ± 0.02	29 ± 8	18 ± 4	0.01 ± 0.0008	0.018 ± 0.003
N = 23 ATLETAS	53 ± 8	48 ± 15	89 ± 33	46 ± 9	0.16 ± 0.02	0.42 ± 0.02	38 ± 10	26 ± 10	0.02 ± 0.01	0.02 ± 0.0008
	P-0.05	NS	P-0.05	NS	NS	NS	P-0.05	P-0.05	NS	NS

ABREVIATURAS
AP = Eje Onda P
AQRS = Eje complejo QRS
PRi = Intervalo PR
D.I. = Deflexión intrinsecoide
A.T. = Eje onda T
Q.T. = Intervalo QT

TABLA Nº 3

PARAMETROS ECG.

Nº 23	CORREDORES-BOXEADORES
F.C.	53.9 – 8.7
SVI 1 c.	16 (65%)
SVI 2 c.	5 (21%)
S V D 1 c	9 (39%)
S V D 2 c	3 (13%)
Bradicardia	20 (86%)
Alteración Repolarización	6 (22%)
B R D	2 (8%)
Sobrecarga VI - VD	1 (4%)

ABREVIATURAS:
FC = Frecuencia cardíaca
C = Criterios ECG
BRD = Bloqueo rama derecha
V = Ventrículo
I = Izquierdo
D = Derecho

Ecocardiograma

En la tabla Nº 4 se muestran los valores medios y desviación standard de las dimensiones ecocardiagráficas en el grupo de normales versus el grupo de atletas, observándose diferencia significativa (P=–0.05) en los siguientes parámetros: incremento de la dimensión de aurícula izquierda, ventrículo derecho e izquierdo, incremento del grosor de la pared posterior de ventrículo izquierdo, mayor volúmen sistólicc y diastólico de ventrículo izquierdo en los atletas er comparación con el grupo control.

La diferencia de Fracción de Eyección en ambos grupos no fué estadísticamente significativa.

Test de Esfuerzo

Los valores medio con desviación standard y rango de las respuestas fisiológicas al esfuerzo máximc se describen en la tabla Nº 5.

TABLA Nº 4

DIMENSIONES ECOCARDIOGRAFICAS
EN SUJETOS CONTROL: NORMALES Y ATLETAS

		NORMALES	ATLETAS	P
Edad		19.7 ± 2.8	24.5 ± 3.5	NS
Sup. Corp.		1.67 ± 0.1	1.68 ± 0.1	– 0.05
A.I.	(mm)	3.15 ± 0 3	3.52 ± 0.4	– 0.05
V.D.	(mm)	2.02 ± 0.3	2.47 ± 0.4	– 0.05
V.I.d.	(mm)	4.62 ± 0.5	5.25 ± 0.3	– 0.05
V.I.s.	(mm)	2.99 ± 0.3	3.48 ± 0.3	– 0.05
Gr. P.P.	(mm)	0.86 ± 0.2	1.06 ± 0.2	– 0.05
Gr. SIV.	(mm)	0.78 ± 0.18	0.87 ± 0.19	NS
Vol. Sist.	(ml)	27.1 ± 9	42.3 ± 12	– 0.05
Vol. Diasto.	(ml)	100.9 ± 30.7	146.43 ± 27.7	– 0.05
V. SE.	(ml)	72 ± 24	105 ± 24	– 0.05
F.E.	(%)	70.8 ± 4.2	71.35 ± 6.5	– 0.05
n		17	23	

ABREVIATURAS:
A.I. = Aurícula izquierda
V.I. = Ventrículo izquierdo
V.D. = Ventrículo derecho
d = Diástole
s = Sístole
Gr = Grosor
SIV = Septum
P.P. = Pared posterior de V.I.

DISCUSION

Exámen Clínico

Estudios en diferentes grupos de atletas a nivel del mar mostraron que la frecuencia del pulso es lenta; entre 40 a 60 latidos por minuto (5-6).

En la auscultación de la región precordial se describe con frecuencia la existencia de un tercer ruido cardíaco (5) en la mayoría de los atletas, en aproximadamente el 5 % de casos, se detecta un cuarto ruído. La presencia de estos ruídos sobreagregados aparentemente no tiene significación clínica.

En un 40 % de los atletas sometidos a ejercicios de resistencia (8) se ausculta un soplo sistólico en área pulmonar o aórtica de tipo eyectivo y de corta duración. El pulso Carotídeo tiene características normales.

En nuestro grupo de atletas nativos de altura se encontró una incidencia menor de cambios auscultatorios en corazón a diferencia de los reportados en otras series (5) tampoco encontramos en este grupo un tercer ruído a la auscultación.

Evaluación Electrocardiográfica

Numerosos cambios encontrados en el electrocardiograma de atletas han sido atribuídos al entrenamiento físico intenso.

Alteraciones del Ritmo y Conducción

En atletas a nivel del mar, se describe: Bradicardia Sinusal con o sin arritmia sinusal. En ocasiones ritmo de marcapaso migratorio o extrasistólia ventricular. En 25% de casos, el intervalo PRi, se encuentra prolongado cuando la frecuencia cardíaca es menor a 50 latidos por minuto (9). Esporadicamente se encuentran electrocardiogramas con Bloqueo AV de II Grado tipo Wenkebach (9).

La frecuencia cardíaca media en nuestro grupo de atletas de altura, fué de 53.9 latidos por minuto, semejante a la reportada en estudios similares a nivel del mar (6-13-14), constituyendo la característica mejor conocida del denominado Corazón de Atleta (7), habiéndose demostrado que la frecuencia cardíaca en reposo y durante el ejercicio es menor en sujetos entrenados, siendo esta disminución progresiva con el grado de entrenamiento.

El mecanismo de producción de la bradicardia en los atletas no está totalmente establecido (6), estando relacionado probablemente con un incremento de tono vagal y una disminución de la estimulación simpática.

Alteraciones de la onda "P" y del complejo "QRS"

A nivel del mar se han observado alteraciones compatibles con sobrecarga de aurícula derecha, de aurícula izquierda o sobrecarga biventricular.

En 40% de los atletas se observa incremento de la amplitud del complejo QRS, sugiriendo sobrecarga del ventrículo derecho o izquierdo. La incidencia de estas alteraciones es variable según los criterios electrocardiográficos empleados en diferentes estudios (6).

En nuestro grupo de atletas, el porcentaje de sobrecarga de ventrículo izquierdo es semejante a lo establecido en estudios a nivel del mar (3-5-11-13-14). A nivel del mar la incidencia de sobrecarga de ventrículo izquierdo, varía entre 20% y 70% en diferentes series. La frecuencia, magnitud y significación de estas sobrecargas no son bien conocidas (8). Llama la atención la elevada incidencia de sobrecarga de ventrículo derecho (39%), en nuestro grupo de atletas en general no ha sido reportada a nivel del mar.

Se considera que el electrocardiograma de sujetos no entrenados nativos de altura es diferente al de sujetos de edad comparable de nivel del mar, debido a que en la altura la predominancia fisiológica del ventrículo izquierdo no es manifiesta (12), existiendo más bien un predominio ventricular derecho como

TABLA Nº 5

Nº 12	X	DS	RANGO
EDAD (años)	25.8	5,3413	19,7 – 36,0
TALLA (cms)	169,69	7,4366	158,6 – 179,2
PESO (kg)	57,87	5,0242	49,8 – 65,1
VO2max L/min	3,29	0,5618	2,46 – 4,08
VO2 max ml/kg/min	56,50	9.1190	40,9 – 68,4
VE_{BTPS} L/min	149,83	28,2752	98,5 – 203,3
R	1,2625	0,0984	1,08 – 1,46
CARGA km/h /%	9,0 /14,25	0,0 /3,1659	9,0 /9 -9 0 /18
FC lat./min	186,08	8,7745	176 – 205
FR resp./min	57,75	8,0014	48 – 80
ER L/min	45,70	4,7944	40,0 – 57,1
VO2/FC	17,76	3,5875	12,4 – 23,2
TIEMPO DE ENTREN. (años)	1,19	0,5947	0,75 – 3
K/SEMANA	67,92	21,6856	40 – 100

TABLA 5.- Valores medios desviación Standard y rango de las respuestas fisiológicas al esfuerzo máximo en 12 corredores de larga distancia.

expresión de la hipertrofia ventricular derecha e hipertensión arterial pulmonar secundarias a la hipoxia crónica. Es justificable por tanto que estas manifestaciones electrocardiográficas, se expresen también en los atletas.

Alteraciones de la Repolarización

Los estudios electrocardiográficos de atletas de diferentes razas, han mostrado alteraciones de la repolarización (13) en porcentajes variables entre 60 Y 77%. Esta incidencia es superior a la reportada en nuestro grupo de atletas de altura.

Evaluación Ecocardiográfica

Las alteraciones reportadas en el ecocardiograma Modo "M" de atletas a nivel del mar incluyen: incremento de las dimensiones de ventrículo izquierdo y el ventrículo derecho en porcentaje variable entre el 12 al 50% de atletas, incremento del grosor de la pared de ventrículo izquierdo y septum interventricular entre el 20 y 60% (3-5-14)

También ha sido descrito el incremento de los índices de Función Ventricular como la Fracción de Eyección y la Velocidad de Acortamiento circunferencial (Vcf) en atletas (3).

Dimensiones Ecocardiográficas

La dimensión de ventrículo izquierdo en atletas de altura es semejante a la de estudios a nivel del mar. La dimensión promedio de ventrículo derecho muestra valores superiores en atletas de altura en relación a similares a nivel del mar. En cuanto al grosor de las paredes ventriculares: septum y pared posterior, muestran valores menores a los reportados a nivel del mar. Es importante señalar que el grado de hipertrofia ventricular encontrado en los atletas es menor al que se observa asociado a alteraciones patológicas.

Las características de hipertrofia o dilatación de ventrículo izquierdo aparentemente varían según el tipo de deporte practicado sea isotónico o isométrico (14).

El esfuerzo realizado por corredores y nadadores durante su entrenamiento, requiere un aumento del volúmen minuto cardíaco, generándose una sobrecarga de volúmen del ventrículo izquierdo; en cambio al realizar ejercicios isométricos, se produce una sobrecarga de resistencia.

La dimensión promedio de ventrículo derecho muestra valores superiores en atletas de altura en relación a similares a nivel del mar, esta diferencia importante estaría en relación a la predominancia ventricular derecha propia de sujetos de altura.

Función Ventricular

La función ventricular cuantificada mediante la Fracción de Eyección, permaneció dentro de límites normales en nuestro grupo de atletas de altura de manera similar a lo reportado en atletas a nivel del mar. Diversos trabajos han estudiado la capacidad funcional del ventrículo izquierdo hipertrofiado, observándose un aumento en el tamaño y número de células miocárdiacas y un aumento en el grosor de la pared ventricular izquierda, factores ambos que determinan un incremento de la función ventricular y al mismo tiempo juegan un rol importante en el mantenimiento de la compensación cardíaca. (3). Algunos autores (3) sostienen que el desarrollo de la sobrecarga del ventrículo izquierdo no sería enteramente beneficioso para el organismo debido a la fibrosis concomitante y desarreglo de las miofibrillas que tendría efecto negativo en la función del ventrículo izquierdo, no obstante reportes recientes sobre cálculos de parámetros de función ventricular (3), mediante ecocardiografía en grupos de atletas corredores de larga distancia, muestran índices de contracción cardíaca en reposo enteramente normales en el 68%, mientras que 24% presentan función ventricular con valores supranormales.

Test de Esfuerzo Máximo

El cociente respiratorio (R) de 1.26 muestra que los atletas efectuaron un esfuerzo medio de por lo menos cerca al nivel máximo. El VO_2 máx. medio de 56.5 ml/kg/min es más alto que los valores obtenidos en otros grupos de población de la ciudad de La Paz (17-18-19), pero menor que los valores encontrados por autores Europeos en atletas de la misma disciplina (20–21). Debido a que se trata de un número reducido de sujetos, no fué posible determinar si la capacidad aeróbica realmente se encuentra al nivel más alto posible para la altura de 3.600 m, o si sería posible incrementar el VO_2 máx, mediante entrenamiento adecuado. El análisis estadístico relacionando el VO_2 máx del presente grupo de atletas con la cantidad de entrenamlento que realizaban (km corridos por semana) muestra una tendencia en esta dirección. Pero en conclusión se puede decir, que para nuestro medio se trata de un grupo de atletas de élite, puesto que muchos de ellos sostienen récords nacionales y participan en competencias internacionales.

CONCLUSIONES

Las alteraciones electrocardiográficas descritas en atletas a nivel del mar, se refieren principalmente a bradicardia sinusal, sobrecarga ventricular y alteraciones de la repolarización; estas mismas alteraciones se manifiestan en atletas de altura observándose una mayor incidencia de sobrecarga de ventrículo derecho y menor incidencia de alteraciones de repolarización.

En la evaluación ecocardiográfica, el incremento de dimensiones ventriculares se observa en ambos grupos de atletas, siendo mayor el valor medio de ventrículo derecho en los atletas de altura.

En todos los atletas estudiados, la función ventricular determinada mediante la fracción de eyección permaneció normal.

El consumo máximo de oxígeno de los atletas de

altura es menor que el reportado en atletas a nivel del mar.

AGRADECIMIENTO

Nuestro reconocimiento al personal del Departamento Cardiovascular del I.B.B.A.: Sr. Ricardo Valer; Sras: Irma de Noriega, Gladys de Contreras y por su colaboración a la secretaria Sra. Carmen R. de Bohorquez.

Los valores de las respuestas al Test de Esfuerzo máximo fueron calculados por el Dr. Lawrence P. Greksa, Ph D. Case Western Reserve University, Cleveland, Ohio, U.S.A. John Driscoll, M.A., Pennsylvania State University, realizó el análisis estadístico del test de esfuerzo.

BIBLIOGRAFIA

1.– KASS WENGER N., GILBERT CHARLES A. The Athletes Heart, The Heart 3erd. Edition, McGraw Hill Book. 1546 – 1974

2.– PRAXIS MEDICA. Clínica y Terapéutica. Editor Alcalá 126 Madrid 9 - 2.220 - 1972.

3.– RASKOFF W., GOLDMAN S., GOHN K. The Athletic Heart, Prevalence and physiological significance of left ventricular enlargement in Distance runners Jama, 236, 158-162. 1976.

4.– BECKNER G.L., WINSOR T. Cardiovascular adaptations to prolonged physical effort. Circulation 9, 835 - 1954.

5.– ROENSKE W., O'ROURKE R., KLEIN A. et al. Non invasive evaluation of Ventricular Hypertrophy in Profesional Athletes. Circulation, 53: 286-291. 1976.

6.– VAN GANSE W., VERSEE B., EYLENGOSH W., VUYLSTEEK K. The electrocardiogram of Athletes. Br. Heart J. 32 - 160-164. 1970.

7.– GOTT P.H., ROSELLE H., CRAMPTON R. The Athletic Heart Syndrome Arch. Inter. Med. 122-340. 1968.

8.– WALLACE ANDREW. The Heart in Athletes. The Heart. 4th. Edition McGraw Hill Books 1540. 1982.

9.– SMITH W.G., CULLEN K.J., THOBURN I.D. Electrocardiogram of Marathon runners in the 1962 Commonwealth Games. Br. Heart J. 26: 469. 1964.

10.– SAHN D.J., DE MARIA A., KISSLO J., WEYMAN A. Recomendation regarding quantitation in M Mode Echocardiography, results of a survey of ecocardiographyc measurements. Circulation, 58: 1072. 1978.

11.– ARSTILA M., KOIVIKKO A. Electrocardiographic and vectocardiographic signs of left and right ventricular hypertrophy in endurance Athletes Journal of Sports Medicine 6: 166 - 1966.

12.– PEÑALOZA D., GAMBOA R., MARTICORENA E., ECHEVERRIA M. et al The influence of high altitude on the electrical activity of the heart. Am. Heart. J. 61: 101-1961.

13.– LITCHMAN J., O'ROURKE R.A., ELEIN A., KARLINER J.S. Electrocardiogram of the Athlete Arch Intern. Med. 132-763. - 1973.

14.– MORGANROTH J., MARON B., HENRY L.W., EPSTEIN S. Comparative Left Ventricular Dimensions in Trained Athetes Ann Intern. Med. 82: 521-524 - 1975.

15.– SOKOLOW M., LYON P. Am Heart J. 38: 274 - 1949.

16.– ROMHILT D.W., BOVE K.E., NORRIS R.J. Circulation 40: 185 - 1969.

17.– JERE D. HAAS, LAWRENCE P. GREKSA, THOMAS L. LEATHERMAN, GERALDINE MORENO-BLACK, LUIS PAREDES FERNANDEZ, MARIO PAZ ZAMORA, HILDE SPIELVOGEL. Capacidad aeróbica máxima de nadadores a grandes alturas Anuario del Instituto Boliviano de Biología de Altura. pp. 115-118. La Paz, Bolivia- 1983-1984.

18.– L.P. GREKSA, J.D. HAAS., T.L. LEATHERMAN., R.B. THOMAS., H. SPIELVOGEL. Work performance of high altitude aymara males: Annals of Human Biology. Vol. 11 Nº 3, 227-233 - 1984.

19.– L.P. GREKSA, H. SPIELGOVEL and L. PAREDES F. Maximal Exercise Capacity in Adolescent European an Amerindian High Altitude Natives; American Journal of Physical Anthropology 67: 209-216 - 1985.

20.– W. HOLLMANN., T.H. HETTINGER. Sportmedizin - Arbeits und Trainings grundlagen, F.K. Schattauer Verlag Stuttgart. N. York, p. 360 - 1976.