

## ARTÍCULO ORIGINAL

**Fútbol en la altura en Bolivia**

Hilde Spielvogel, Enrique Vargas, Rudy Soria, Carlos Salinas, Mercedes Villena

Instituto Boliviano de Biología de Altura, Facultad de Medicina,  
Universidad Mayor de San Andrés, La Paz, Bolivia**Autor para correspondencia:** Hilde Spielvogel, hildes@megalink.com**RESUMEN**

El presente trabajo se realizó en razón del tercer veto emitido por la FIFA, de jugar partidos eliminatorios para Copas Mundiales de Fútbol en alturas por encima de los 2500 m. Los objetivos del estudio se basaron en las preocupaciones de la FIFA por la preservación de la salud de los jugadores de fútbol y por la garantía de oportunidades iguales respecto al rendimiento físico cuando se juega a gran altura. En consecuencia se hizo un estudio comparativo entre un equipo de fútbol aclimatado a la altura de la Paz (3600 m) (equipo HAT; 10 jugadores) y otro equipo que vivía y entrenaba en una altura cercana a nivel del mar (60 m) (equipo LAT; 10 jugadores). Ambos equipos fueron estudiados en los laboratorios del Instituto Boliviano de Biología de Altura (IBBA) y en altura cercana al nivel del mar (Hotel América; Santa Cruz, 420 m). La salud fue evaluada aplicando el cuestionario de Lake Louise para establecer la presencia de Enfermedad Aguda de Altura (EAA), así como mediante pruebas funcionales respiratorias y estimación de la presión arterial pulmonar sistólica (PAPs) mediante Eco Doppler. El rendimiento físico fue evaluado mediante prueba de esfuerzo máximo en rampa con medición del consumo máximo de oxígeno ( $VO_2\text{max}$ ) y parámetros relacionados. Los resultados mostraron valores del  $VO_2\text{max}$  algo mayores en la altura en HAT que en LAT. PAPs fue significativamente mayor a gran altura en ambos equipos. Proponemos un tiempo de aclimatación de 72 horas previa a los partidos de fútbol en La Paz en base a las estadísticas elaboradas que toman en cuenta el resultado de los partidos en relación con el tiempo de estadía en La Paz.

**PALABRAS CLAVE:** Gran altura, función pulmonar, presión arterial pulmonar, consumo máximo de oxígeno, equipo de fútbol aclimatado, equipo de fútbol no-aclimatado.

**Football at altitude in Bolivia****ABSTRACT**

The present study was conducted as response to the third veto by FIFA against playing eliminatory football games for FIFA World Cups at altitudes above 2500 m. The aim of the study took into account FIFA's preoccupations with regard to the health of the football players and concerning equal opportunities for physical performance when playing at high altitude. Consequently, a comparative study was conducted of two football teams, one acclimatized to the altitude of La Paz (3600 m) (HAT, 10 players), and the second one living and training at an altitude close to sealevel (60 m) (LAT, 10 players). Both teams were examined in the laboratories of the Instituto Boliviano de Biología de Altura (IBBA) and at an altitude close to sealevel (Hotel América, Santa Cruz, 420 m). Health was assessed applying the Lake Louise scoring system for Acute Altitude Sickness as well as by measuring pulmonary function and by assessing systolic pulmonary artery pressure (PAPs) using the Echo Doppler technique. The physical capacity was measured by a progressive maximal exercise test on a treadmill with determination of the maximal oxygen uptake ( $VO_2\text{max}$ ) and related parameters. The results showed a  $VO_2\text{max}$  somewhat higher at high altitude in HAT than in LAT. PAPs was significantly higher at high than at low altitude in both teams. We propose an acclimatization time of 72 hours previous to football games in La Paz based on statistics that took into account the results of the games in relation to the time of the stay in La Paz.

**KEY WORDS:** High altitude, lung function, systolic pulmonary artery pressure, maximal oxygen uptake, acclimatized football team, non-acclimatized football team.

**Cómo citar este artículo:** Spielvogel H, Vargas E, Soria R, Salinas C, Villena M. Fútbol en la Altura en Bolivia. *Cuad Hosp Clín* 2009;54:3-9

## INTRODUCCIÓN

La Federación Internacional de Fútbol Asociado (FIFA) indica en su página Web como misión que *tiene la enorme responsabilidad de extender la mano y tocar el mundo utilizando el fútbol como un símbolo de esperanza e integración*. Esta misión, sin embargo, parece estar olvidada cuando se trata de permitir partidos de fútbol en alturas por encima de 2500 m. De tal suerte, a fines de mayo de 2007 le tocó a Bolivia el 3er veto de jugar partidos eliminatorios en la ciudad de La Paz, a la altura de 3600 msnm, después del 1er veto en 1996. Los vetos de 1996 y la amenaza de veto en 2002 fueron revocados a tiempo, pero en 2007, no se habló de un tiempo prohibitivo de aclimatación sino de una prohibición de partidos eliminatorios en alturas por encima de 2500 m. Como en las ocasiones anteriores, la FIFA adujo dos razones: *La preservación de la salud de los jugadores de fútbol y la garantía de oportunidades iguales cuando los jugadores juegan a gran altura ("fair play")*. Puesto que en Bolivia se juega fútbol en alturas inclusive mayores de 3600 m desde ya más de 100 años, esta prohibición causó la indignación de toda la población. Ya en el año 1996 los investigadores del Instituto Boliviano de Biología de Altura (IBBA) habían realizado un trabajo de investigación que comparó jugadores aclimatados a la altura de La Paz con jugadores que venían de una altura cercana a nivel del mar (Santa Cruz, 420 m).<sup>1</sup> Este trabajo que fue publicado recién en el año 2000, puesto que ninguna revista internacional se interesaba en el rendimiento de jugadores de fútbol en la altura, demostró que la diferencia en el desempeño entre jugadores aclimatados y no-aclimatados no fue significativa cuando los dos grupos son examinados en la altura de La Paz. Puesto que este trabajo ya fue realizado 11 años atrás y que no encontramos en la literatura estudios posteriores sobre el rendimiento de jugadores de fútbol en la altura, decidimos realizar un trabajo similar tomando en cuenta las preocupaciones de la FIFA respecto a la salud de los jugadores y a la garantía de oportunidades iguales cuando se juega en la altura.

El objetivo general de nuestro trabajo fue la evaluación del estado de salud y del rendimiento físico de dos grupos de jugadores de fútbol: un grupo aclimatado a la altura de La Paz y otro grupo que provenía de una altura cercana al nivel del mar.

Los objetivos específicos fueron los siguientes:

- Establecer la presencia de la Enfermedad Aguda de Altura (EAA).
- Evaluación de la función pulmonar mediante pruebas funcionales respiratorias.
- Estimación de la presión arterial pulmonar sistólica mediante Ecografía Doppler.
- La medición de la presión arterial pulmonar fue incluida en el estudio por dos razones: 1. El habitante de altura tiene normalmente un incremento de esta presión debido a la vasoconstricción hipóxica de la arteria pulmonar y el Edema Agudo Pulmonar de Altura (EPA) siempre está acompañado por hipertensión arterial pulmonar.<sup>2</sup> Si bien esta complicación nunca se ha producido en un jugador de fútbol en La Paz, los "expertos" en la materia nos hicieron saber que bien se podría producir en el futuro. La 2da razón radica en el hecho de que la hipertensión arterial pulmonar severa puede influir negativamente en el rendimiento físico.
- Determinación del rendimiento físico mediante la medición del consumo máximo de oxígeno ( $VO_{2max}$ ) y parámetros relacionados, en prueba de esfuerzo controlado progresivo hasta el máximo en rampa ("treadmill"). Este método para la evaluación del rendimiento físico es reconocido a nivel internacional y se viene empleando desde hace muchos años.
- Medición de parámetros relacionados como la frecuencia cardíaca (FC), ventilación pulmonar (VE), equivalente respiratorio para oxígeno ( $VE/VO_2$ ), Cociente respiratorio ( $R = VCO_2 / VO_2$ ) y producción de Lactato.

## MATERIAL Y MÉTODOS

### Sujetos de estudio

Los sujetos fueron dos equipos profesionales de fútbol, uno que vivía y entrenaba en la ciudad de La Paz (HAT, n=10) y otro que vivía y entrenaba en una altura de 60 msnm en Asunción, Paraguay (LAT, n=10). A ambos equipos se les hizo pruebas tanto a gran altura en La Paz (3600 m) en los laboratorios del Instituto Boliviano de Biología de Altura (IBBA) como en altura cercana a nivel del mar en Santa Cruz (420 m) en el Hotel América. Primeramente se efectuaron las pruebas en el ambiente acostumbrado. Las pruebas en el ambiente no-acostumbrado se realizaron dentro de las 48 horas después de la llegada.

Todos los jugadores recibieron explicaciones escritas referentes al estudio y después de leerlas tuvieron la oportunidad de hacer preguntas. Al final firmaron un documento de consentimiento informado.

### Metodología

- Los exámenes tanto en Santa Cruz como en la Paz se iniciaron con una muestra de sangre para un hemograma, posteriormente se midió los parámetros de función pulmonar y la Presión Arterial Pulmonar

- Sistólica (PAPs) en reposo mediante un equipo Eco Doppler (Vivid - i, General Electric).
- En La Paz también se evaluó la PAPs durante un ejercicio de 25 y 50 Watts en un cicloergómetro especial diseñado para exámenes ecocardiográficos durante el ejercicio físico (Ergoline 900EL, Compañía Ergoline, Bitz, Alemania Federal).
  - Después se realizó la prueba de esfuerzo máximo en una rampa (Lamar 1400, Boulder, Colorado, EE.UU.). Se comenzó con un calentamiento de 3 minutos a 3 millas por hora (mph); al cabo de los 3 minutos se incrementó la inclinación a 2% y se aumentó la velocidad por una mph cada minuto hasta que el jugador no pudo correr más. Al término de la prueba se realizó una etapa de recuperación de 3 minutos a 3 mph sin inclinación que fue extendida por más tiempo a menos velocidad si hasta los 3 minutos la FC no había bajado por debajo de los 130 latidos por minuto.
  - Todos los parámetros fueron medidos mediante un sistema portátil de medición del intercambio de gas respiratorio respiración por respiración K4b2 (COSMED, Roma, Italia). Este equipo también registró la FC que asimismo estaba visible durante toda la prueba en la pantalla de la rampa.
  - El lactato máximo fue medido mediante un equipo Lactate Scout (SensLab, Leipzig, Alemania Federal) dos minutos después del nivel máximo de esfuerzo.
  - Después de una estadía de 30 horas en La Paz, los jugadores del equipo LAT llenaron el formulario de Lake Louise del Sistema de Puntaje para establecer la presencia de la Enfermedad Aguda de Altura (EAA).<sup>3</sup>

### Análisis estadístico

Los datos de los 2 grupos fueron comparados mediante el análisis de varianza de dos vías (ANOVA) y un test de t para la comparación simple. La relación entre variables fue calculada mediante la correlación de Pearson. Un valor de  $P < 0.05$  se consideró significativo.

Los datos medidos por el K4b<sup>2</sup> fueron descargados en un PC y exportados al programa Excel para el análisis estadístico. Como valores máximos se consideró el promedio del minuto durante el cual el deportista corrió a la velocidad más alta que había alcanzado.

### RESULTADOS

El promedio de las variables ambientales a gran altura y en tierras bajas durante los días de estudio fue el siguiente:

La Paz: presión barométrica 495 mmHg, T 24°C, humedad relativa 50%

Santa Cruz: presión barométrica 726 mmHg, T 34°C, humedad relativa 40%.

Los datos biométricos de los dos grupos de jugadores de fútbol son presentados en la Tabla 1.

**Tabla 1. Datos biométricos de los dos equipos de fútbol**

PARAMETROS	LAT n = 10	HAT n=10
Edad (Años)	20,44 ± 1,94	20 ± 2,95
Talla (m)	1,69 ± 0,05	1,71 ± 0,08
Peso (Kg)	69,24 ± 5,71	69,63 ± 9,46
Hb (g/dl)	15,0 ± 0,91	16,2 ± 0,56
Masa grasa (%)	7,27 ± 1,37	10,16 ± 3,04
BMI	24,01 ± 1,64	23,76 ± 2,30

Los valores son promedios ± D.V.; HAT: Equipo aclimatado a gran altura; LAT: equipo no aclimatado a gran altura; n: número de sujetos; Hb: Hemoglobina en gramos por decilitro de sangre; BMI: índice de masa corporal (peso en kg/talla en m<sup>2</sup>)

Se puede ver que no hubo diferencias significativas respecto a edad, talla, peso, concentración de hemoglobina y BMI. Como fue de esperar, el equipo HAT tenía un porcentaje de masa grasa más alto que el equipo LAT.<sup>1</sup>

Doce jugadores del equipo LAT llenaron el cuestionario de Lake Louise para establecer presencia de EAA mediante un sistema de puntaje. Dos jugadores (16,6%) tuvieron un puntaje mayor a 3 puntos en presencia de cefalea lo cual corresponde a presencia de EAA.

Los resultados de los exámenes de la función respiratoria son presentados en la Tabla 2

La Tabla 2 muestra los valores de la ventilación en reposo, los mismos que actúan como una base para la determinación de la respuesta ventilatoria a la hipoxia (RVH) después de inhalar 4 ciclos de una mezcla de 10% de oxígeno en nitrógeno. Los datos

**Tabla 2. Parámetros Respiratorios de los dos equipos de fútbol**

PARAMETROS	LAT n = 10	HAT n=10
VE L•min <sup>-1</sup>	8.586 ± 1.12	7.754 ± 2.16
RVH L•min <sup>-1</sup>	12.271 ± 2.131	9.384 ± 2.240
CVF %	104.3 ± 3.93	104.2 ± 6.76
VEF1/CVF	96.63 ± 10.71	104.5 ± 4.70

Los valores son promedios ± DV; n: número de sujetos; HAT: equipo aclimatado a gran altura; LAT: equipo no aclimatado a gran altura; VE: ventilación; RVH: Respuesta ventilatoria a la hipoxia; CVF: Capacidad vital forzada; VEF1: Volumen espiratorio forzado en un segundo.

muestran un incremento de la ventilación más pronunciado en los jugadores LAT a 3600 m en comparación con los jugadores HAT debido a una mayor sensibilidad ventilatoria a partir de la actividad de los cuerpos carotídeos. En el mismo cuadro se encuentran los valores de la capacidad vital forzada (CVF) y del índice de permeabilidad bronquial (VEF1/CVF) obtenidos mediante la curva flujo/volumen. Como se puede observar en ambos grupos, los valores del factor torácico pulmonar mecánico están dentro del marco normal mientras que, debido a una leve obstrucción bronquial en dos jugadores LAT, los valores del VEF1/CVF están reducidos a un 96% en comparación al 104% de los HAT.

Para la evaluación de la PAPs, tomamos medidas del pico de flujo de regurgitación de la válvula tricúspide en tiempo real por lo menos tres veces. Se utilizó el promedio de tres medidas obteniendo la velocidad pico y el gradiente de la presión entre la aurícula y el ventrículo derecho. Se utilizó la fórmula de Bernoulli modificada para calcular la PAPs. Los resultados de ambos equipos de fútbol tanto en La Paz como en Santa Cruz, son presentados en la Tabla 3.

El promedio de PAPs en reposo obtenido a gran altura en los jugadores de fútbol de La Paz fue de  $32.79 \pm 0.55$  mmHg. El mismo disminuyó significativamente a  $30.91 \pm 0.65$  ( $P < 0.05$ ) en Santa Cruz. El ejercicio en el ciclo ergómetro a 25 y 50 W incrementó la PAPs a  $36.8 \pm 0.56$  mmHg y a  $42.72$ , respectivamente. No se encontraron diferencias significativas entre estos valores

y el valor de referencia en reposo a gran altura. Los jugadores de fútbol paraguayos tuvieron un promedio de PAPs en Santa Cruz de  $29.7 \pm 0.98$  mmHg, el mismo que incrementó significativamente en La Paz a  $39.3 \pm 1.2$  mmHg ( $P < 0.05$ ). Durante el ejercicio en el cicloergómetro a 25 y 50 W, la PAPs incrementó a  $41.7 \pm 1.16$  y  $44.7 \pm 1.2$ , respectivamente. No se encontró diferencias estadísticamente significativas entre estos valores y el valor de referencia en reposo a gran altura. Cabe mencionar que una PAPs de 30 a 35 mmHg se considera normal para la altura de La Paz, mientras que valores por encima de 35 hasta 45 mmHg son considerados como hipertensión arterial pulmonar leve.

Las variables más importantes que son medidas durante las pruebas de esfuerzo máximo son el  $VO_2$ , VE,  $VE/VO_2$ , R ( $VCO_2/VO_2$ ), FC y la concentración de lactato. Estas variables son presentadas en la Tabla 4.

Los resultados de la prueba de esfuerzo máximo muestran una disminución de la VE, del  $VO_2$  tanto absoluto (en L·min<sup>-1</sup>) como relativo (en mL·min<sup>-1</sup>·Kg<sup>-1</sup>), de la FC, un incremento de  $VE/VO_2$ , de R y de Lactato en el equipo LAT en comparación con el equipo HAT. Ninguna de estas diferencias, sin embargo, es significativa como ha mostrado el análisis estadístico.

## DISCUSIÓN

El presente estudio efectuado por el IBBA fue realizado en razón del tercer veto de la FIFA de jugar partidos de fútbol en alturas por encima de los 2500 m., el mismo que fue emitido a fines de mayo del 2007,

**Tabla 3. Presión Sistólica de la Arteria Pulmonar (mmHg) en jugadores de fútbol aclimatados y no aclimatados a gran altura**

	PAPs (mmHg) en reposo en LA PAZ	PAPs (mmHg) en reposo en SANTA CRUZ	PAPs (mmHg) durante ejercicio a 25 W en LA PAZ	PAPs (mmHg) durante ejercicio a 50 W en LA PAZ
JUGADORES HAT	n=10	n=9	n=10	n=10
PROMEDIO	$32,79 \pm 0,55$	$30,91 \pm 0,65^*$	$36,8 \pm 0,56$	$42,72 \pm 0,9$
MAXIMO	34,9	34,02	41,04	48,8
MINIMO	28,9	28,04	34,8	39,7
	PAPs (mmHg) en reposo en SANTA CRUZ	PAPs (mmHg) en reposo en LA PAZ	PAPs (mmHg) durante ejercicio a 25 W en LA PAZ	PAPs (mmHg) durante ejercicio a 50 W en LA PAZ
JUGADORES LAT	n=10	n=9	n=9	n=9
PROMEDIO	$29,7 \pm 0,98$	$39,3 \pm 1,2^{**}$	$41,7 \pm 1,16$	$44,7 \pm 1,2$
MAXIMO	35,5	44,6	47,3	50,1
MINIMO	25,7	35,2	37,6	39,5

Los valores son promedios  $\pm$  DV; n: número de sujetos; HAT: equipo aclimatado a gran altura; LAT: equipo no aclimatado a gran altura; PAPs: presión arterial pulmonar sistólica; \*  $P < 0.05$ : los valores en la altura cercana a nivel del mar son significativamente menores que aquellos de gran altura en el equipo HAT; \*\*  $P < 0.05$ , los valores en La Paz son significativa mente mayores que en Santa Cruz en el equipo LAT.



**Figura 1.** Medición de la PAPs durante el ejercicio en cicloergómetro

Foto: Dr. Roberto Ferreyra, FBF, Santa Cruz

11 años después del primer veto en 1996. Los países afectados hubieran sido Bolivia, Ecuador y Colombia así como varias ciudades en Chile, Perú y México. Por esta razón la FIFA aumentó las alturas en las cuales estaría permitido realizar partidos eliminatorios para Campeonatos Mundiales de la FIFA, hasta 2900 m, pero decidió que el límite definitivamente debería estar por debajo de los 3000 m, dejando a Bolivia como la única nación afectada.

Como anteriormente, la decisión de la FIFA se basó en los dos motivos:

1. La preservación de la salud de los jugadores de fútbol
2. La garantía de oportunidades iguales ("fair play") respecto al desempeño cuando se juega a gran altura.

Nos llamó la atención que la FIFA denominara la garantía de oportunidades iguales respecto al desempeño "fair play", puesto que este concepto significa "juego limpio". Entonces no hay tampoco "fair



**Figura 2.** Prueba de esfuerzo en la rampa, fase de recuperación. El deportista está llevando el equipo K4b2 para medición del consumo máximo de oxígeno y parámetros relacionados

Foto: Dr. Roberto Ferreyra, FBF, Santa Cruz

play" cuando nuestros equipos aclimatados a la altura deben jugar en ambientes con temperaturas altas y humedad relativa elevada.

Los resultados de nuestro estudio se tornan importantes ante la publicación aparecida en 2007 como un trabajo estadístico relacionado con el problema<sup>4</sup> en el que se asevera que los equipos de tierras bajas son incapaces de aclimatarse a la altura reduciendo su rendimiento, dando por lo tanto una ventaja significativa a los equipos residentes de altura. Además la FIFA recientemente, recomienda a los equipos que ascienden del nivel del mar a gran altura un tiempo mínimo de aclimatación de dos semanas para alcanzar un óptimo desempeño<sup>5</sup>, con la consiguiente reacción negativa al tiempo de estadía de los equipos cuyos jugadores, como profesionales, no disponen de un permiso prolongado.

El segundo punto, en cierto modo, condicionado por la FIFA en relación con el veto a la altura es el referente a la "garantía" que se debería otorgar

**Tabla 4. Respuesta al ejercicio máximo de los dos equipos de fútbol**

Equipo	VE L·min <sup>-1</sup>	VO <sub>2</sub> mL·min <sup>-1</sup>	VO <sub>2</sub> mL·min <sup>-1</sup> ·Kg <sup>-1</sup>	VE/VO <sub>2</sub> L·min <sup>-1</sup>	R	FC L·min <sup>-1</sup>	Lactato mmol·L <sup>-1</sup>
<b>HAT a 3600 m n=10</b>	152,49	3696	55,2	39,74	1,06	178	8,91
	22,72	5,62	5,62	3,74	0,095	8,1	1,49
<b>LAT a 3600 m n=10</b>	149,57	3460	50,3	42,11	1,11	175	11,36
	14,77	292,77	2,92	2,72	0,065	8,3	4,8

Los valores son promedios ± DV; HAT: Equipo aclimatado a gran altura; LAT: equipo no aclimatado a gran altura; n: número de sujetos VE: Ventilación pulmonar; VO<sub>2</sub>: consumo de oxígeno; VE/VO<sub>2</sub>: equivalente respiratorio para oxígeno; R: tasa de intercambio respiratorio (VCO<sub>2</sub> / VO<sub>2</sub>); FC: frecuencia cardiaca en latidos por minuto.

concediendo igualdad de oportunidades en el desempeño de los 22 jugadores que se encuentran en un campo de juego en la altura. Para ello en un imperativo esfuerzo de lograr la reversión del veto se efectuó el primer estudio comparativo<sup>1</sup> sobre la aclimatación de jugadores profesionales de fútbol de un nivel cercano al del mar (LA; Santa Cruz, 420 m., n = 9) y de La Paz (HA; 3600 m. n = 11). El mérito del estudio fue que los jugadores de ambos equipos fueron examinados en el ambiente de su residencia al cual están adaptados para luego ser trasladados y estudiados en condiciones extrañas a las suyas.

Es conocida la disminución de la capacidad aeróbica (consumo máximo de oxígeno,  $VO_2\text{max}$ ) paralela a una estadía permanente o transitoria en un ambiente donde la presión de oxígeno ambiental o inspiratoria es menor ( $PIO_2$  - que depende de la presión barométrica), es decir que todos los futbolistas, tanto del llano como los residentes de altura, pierden algo de su capacidad normalmente observada, cuando son evaluados en la altura. Entonces, esta "perdida" depende: a) de la presión barométrica, es decir del nivel de altura en el que se efectúa la evaluación, a mayor altura menor consumo de oxígeno para ambos equipos, b) del grado de entrenamiento de los jugadores.

De las pruebas efectuadas a 3600 m., podemos concluir que la diferencia entre los diferentes parámetros medidos en los dos equipos es mínima y no tiene una significación estadística, describiendo estas diferencias podemos afirmar que el equipo HAT tiene tendencia a una menor producción de lactato, mayor  $VO_2\text{max}$ , mayor VE y FC. El equivalente respiratorio que mide la compensación ventilatoria durante el esfuerzo, es mayor en jugadores LAT reflejando una respuesta respiratoria adecuada.

Desde luego hemos comparado los resultados del presente trabajo con aquellos del estudio anterior publicado en el año 2000.<sup>1</sup> La diferencia principal se refiere a los equipos utilizados. En el primer trabajo las pruebas de esfuerzo máximo se hicieron en bicicleta ergométrica que no es el mejor equipo para la evaluación del rendimiento de un jugador de fútbol cuyo deporte consiste principalmente de múltiples carreras cortas veloces y saltos. Al igual que en el primer estudio, las pruebas fueron realizadas estando el equipo LAT menos de 48 horas en la altura. Como era de esperar, el  $VO_2\text{max}$  en la prueba de la rampa fue en los dos equipos mayor que en la bicicleta ergométrica. En el  $VO_2\text{max}$  absoluto ( $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}$ ), no hubo diferencia significativa entre los dos equipos ( $P=0,202$ ) (ver Tabla 4). Mientras que el  $VO_2$  relativo

teniendo en cuenta el peso corporal ( $\text{mL}\cdot\text{min}^{-1}\cdot\text{Kg}^{-1}$ ), nos muestra una diferencia que bien puede definirse como el límite de la significancia ( $P=0,052$ ). Los otros parámetros obtenidos como el equivalente respiratorio, la frecuencia cardiaca y la concentración de lactato no mostraron diferencias significativas entre los dos equipos, lo que confirma los resultados del primer estudio.<sup>1</sup>

Con referencia a la presión arterial pulmonar sistólica podemos advertir que las diferencias entre altura (3600 m) y cerca de nivel del mar (420 m) fueron significativas en ambos equipos de fútbol siendo la PAPs en la altura mayor debido a la vasoconstricción hipóxica de la arteria pulmonar.

El aumento de PAPs con el ejercicio en el cicloergómetro no fue significativo en comparación con el valor de referencia en reposo en ambos equipos de fútbol. Los valores promedios más altos obtenidos durante el ejercicio de 50 Watts que alcanzaron 42,72 mmHg (equipo HAT) y 44,7 mmHg (equipo LAT) (ver Tabla 3) son calificados como hipertensión pulmonar leve. No conocemos estudios científicos que hayan evaluado el efecto de la hipertensión arterial pulmonar leve en el rendimiento físico de futbolistas a gran altura.

El fútbol es una disciplina deportiva con un despliegue de predominio aeróbico y con episodios cortos anaeróbicos que por otra parte obliga a considerar el gasto energético según la posición del jugador en el campo de juego. Sin embargo, es posible realizar pruebas de laboratorio cuyos resultados pueden servir para interpretar los cambios debidos no solo a factores climáticos como la altura sino también al grado de entrenamiento de cada uno de los jugadores.

No se puede negar el cambio que puede producir una aclimatación aguda, pero antes de cualquier juicio interpretativo se debe tener en cuenta la individualidad de las reacciones. En este sentido convenimos en que desde el punto de vista bioenergético se observa una discreta disminución del consumo de oxígeno en los jugadores recién llegados. Es importante mencionar que el organismo humano, en estas circunstancias de aclimatación aguda a la altura, moviliza todos los mecanismos posibles tratando de compensar el menor aporte de oxígeno ambiental y en nuestro concepto estas reacciones son más efectivas en los deportistas bien entrenados, prueba de ello son los valores tan semejantes encontrados para el resto de los parámetros fisiológicos.

El llenado del formulario de Lake Louise del Sistema de Puntaje de EAA por 12 jugadores del equipo LAT, evidencio un puntaje indicativo de EAA en 2 jugadores,

lo cual corresponde al 16,7%. Este es un valor alto si lo comparamos con evaluaciones anteriores de EAA en jugadores de fútbol en La Paz, realizadas en equipos de elite entre las 12 y las 48 horas después de la llegada. En un total de 124 jugadores se encontraron valores desde 15,4% a las 12 horas a 8,3% a las 48 horas, observándose una disminución de la frecuencia de EAA con el incremento del tiempo de permanencia en la altura. No hicimos evaluaciones posteriores a las 48 horas de estadía en la altura. Estos datos hemos comunicado en varias conferencias pero no están publicados. En relación al formulario de Lake Louise es importante mencionar que se puede alcanzar fácilmente un puntaje de 3, cuando en presencia de cefalea se presentan síntomas de trastornos gastrointestinales leves o moderados y trastornos del sueño sin que exista una incapacidad real.

Solo 6 (4,4%) de los 136 (124 mas 12) jugadores de fútbol hicieron referencia a una cefalea severa mientras que los demás jugadores calificaron los síntomas como leves o moderados.

En relación al tiempo de aclimatación a la altura (factor temporal) previo al partido de fútbol existe una vasta experiencia de cerca de 80 años, publicada en forma de estadísticas bien respaldadas<sup>6</sup> y análisis paralelos del tema<sup>7</sup>, que de una forma muy objetiva muestran que no es conveniente jugar inmediatamente o a las pocas horas después de haber llegado. Es necesario remarcar que en la totalidad de los casos

constituyen decisiones del cuerpo médico-técnico de cada equipo. Sin embargo, los datos estadísticos nos permiten definir que el espacio de tiempo más conveniente sería dentro de las primeras 72 horas. Las estadísticas muestran que los pocos equipos procedentes de alturas cercanas de nivel del mar que se quedaron más de una semana en La Paz, perdieron los partidos. Está comprobado<sup>8</sup> que las cifras del consumo máximo de oxígeno no mejoran en periodos más largos (2 semanas), tiempo mínimo de aclimatación que recomienda la FIFA para obtener un rendimiento óptimo.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a todos los jugadores de fútbol que participaron en el estudio y sin cuyo entusiasmo y dedicación este trabajo no hubiera sido posible.

Agradecemos a la Directora del IBBA Dra. Diva Bellido V. y a todo el personal del Instituto que voluntaria y desinteresadamente colaboró en el estudio, especialmente a la Lic. Catherine Romero y al Sr. José Nuñez del Prado Alcoreza.

También agradecemos la ayuda de la Federación Boliviana de Fútbol y de la Municipalidad de La Paz.

El proyecto fue financiado por el Gobierno Boliviano a través del Ministerio de Salud y Deporte, y el Vice Ministerio de Promoción de Salud y Deporte (D.S. 29209).

### REFERENCIAS

1. Brutsaert TD, Spielvogel H, Soria R, Araoz M, Cáceres E, Buzenet G, Villena M, Paz Zamora M, Vargas E. Performance of altitude acclimatized and non-acclimatized professional football (soccer) players at 3,600 m. *JEPonline* 2000;32:28-37.
2. Spielvogel H. Edema Agudo Pulmonar de Altura. *Cuad Hosp Clín* 2006;51(2):73-79.
3. Roach RC, Bartsch P, Hackett PH, Oelz O. The Lake Louise acute mountain sickness scoring system. In: Sutton JR, Coates G, Houston CS ed. *Hypoxia and molecular medicine*. Burlington VT: Queen City Printers 1993; p. 272-274.
4. McSharry PE. Effect of altitude on physiological performance: a statistical analysis using results of international football games. *BMJ* 2007;335:1278-1281.
5. Bartsch P, Saltin B, Dvorak J. Consensus statement on playing football at different altitude. *Scand J Med Sci Sports* 2008;18 Suppl 1:96-99
6. Mesa Gisbert CD. *La epopeya del fútbol boliviano 1896 - 1994*. La Paz, 1994, Editado por "Periodistas Asociados Televisión" y Federación Boliviana de Fútbol.
7. Gonzales GF, Villena A. Football and altitude: The eliminatory of the world cups (in Spanish). In: *Football and acclimatization to altitude*. Lima, 1998; Universidad Cayetano Heredia: 99-112.
8. Bender PR, Mc Cullough RE, Mc Cullough RG, Huang SY, Wagner PD, Cymerman, Hamilton AJ, Reeves JT. Increased exercise SaO2 independent of ventilatory acclimatization at 4300 m. *J Appl Physiol* 1989;66:2733-2738