
Respuesta cardiorrespiratoria en futbolistas profesionales del Club Deportivo Universidad San Martín de Porres, al ser sometidos a ejercicio físico: estudio comparativo

CARDIORESPIRATORY RESPONSE IN PROFESSIONAL SOCCER PLAYERS OF UNIVERSIDAD DE SAN MARTÍN DE PORRES SPORTS CLUB WHEN PLACED UNDER PHYSICAL ACTIVITY: COMPARATIVE STUDY

*Dra. Cecilia E. Zavaleta Caja¹, Dr. José Luis Véliz², Dr. Wilson Zavaleta Caja³,
Dr. César Garay Calderón⁴, Dr. Odórico Iván Belzusarri Padilla⁵*

RESUMEN

Este estudio fue realizado en la Villa Deportiva del Club Deportivo Universidad San Martín de Porres, Facultad de Medicina Humana de la Universidad San Martín de Porres - Laboratorio de Bioquímica y Nutrición, Febrero Marzo 2005. El tipo de estudio fue de intervención, comparativo, longitudinal y prospectivo, y responde a un diseño de investigación pre y post test. El objetivo de este estudio fue evaluar la respuesta cardiorrespiratoria en futbolistas profesionales y no profesionales al ser sometidos a ejercicio físico. La edad promedio fue de 27 años en el grupo conformado por futbolistas profesionales y en el grupo referencial de futbolistas no profesionales fue de 18 años. La variación de los niveles de ácido láctico en los futbolistas profesionales guarda relación inversa con la disminución en la variación de la saturación de oxígeno y en los futbolistas no profesionales una relación directa en estas variables. La variación del ácido láctico, tanto en futbolistas profesionales como en no profesionales, tiene relación con el incremento de la frecuencia cardiaca, observándose mayor diferencia y relación en el grupo de futbolistas no profesionales.

Palabras clave: cardiorrespiratorio, futbolista. Profesional, frecuencia cardiaca, ácido láctico.

ABSTRACT

The study was carried out at the Villa Deportiva del Club Deportivo Universidad San Martin de Porres, the School of Human Medicine of San Martin de Porres University and the Biochemistry and Nutrition Laboratories between. February - March 2005. The study was of intervention, comparative, longitudinal and prospective type, and it corresponds to a pre and post test design investigation.

The objective was to evaluate the cardio-respiratory answer in professional and non professional soccer players after physical exercise.

The average age of the participants in the study was 27 years old in the group of professional soccer players, and 18 years old in the reference group of non professional soccer players. The variation of lactic acid levels in professional footballers shows an inverse relation with regard to the decrease in variation of oxygen saturation and in non professional soccer players a direct relation in these variables was observed. The variation of lactic acid in professional as in non professional soccer players is in relation with the increment of cardiac frequency, where a bigger difference and relation in the non professional soccer players group was observed.

Key Words: Cardio-respiratory, professional soccer, cardiac frequency, lactic acid.

- 1 Asistente del Departamento Académico de Medicina, Docente de la Asignatura de Fisiología y Fisiopatología de la Facultad de Medicina Humana.
- 2 Docente de la Facultad de Medicina, USMP.
- 3 Médico egresado de la Facultad de Medicina Humana, USMP.
- 4 Médico Residente de la Facultad de Medicina, USMP.
- 5 Asistente del Departamento Académico de Cirugía, Docente de la Asignatura de Fisiología y Fisiopatología de la Facultad de Medicina Humana, USMP.

INTRODUCCION

Las modificaciones generadas por el deporte de alto rendimiento en el aparato cardiovascular se han descrito en numerosos estudios. Sin embargo, son escasos los datos específicos en jugadores de fútbol profesionales.

La ejecución del ejercicio físico genera una serie de complejos ajustes cardiorrespiratorios agudos, como por ejemplo el aumento de la frecuencia cardiaca y otros más permanentes como hipertrofia de la masa muscular, si se realiza como entrenamiento sistemático¹.

La fisiología del ejercicio investiga el comportamiento del cuerpo humano en sus respuestas agudas, rápidas y en sus adaptaciones lentas, crónicas, cuando éste es sometido a las altas exigencias de la actividad física o el deporte competitivo y relacionado a factores genéticos y ambientales como la alimentación y el entrenamiento físico^{1,2,3}.

Todas las capacidades fisiológicas (cardiorrespiratorias, neuromusculares, metabólicas, etc.) se manifiestan en el deporte a través de las cualidades físicas y los sistemas bioenergéticos, que pueden ser mejorados o modificarse a través del entrenamiento físico, por ejemplo, en el futbolista. Estas pueden evaluarse, cuantificarse y entrenarse específicamente⁴.

Existe un perfil fisiológico ideal para el rendimiento del futbolista profesional. No obstante, existen también capacidades imperceptibles o difíciles de valorar objetivamente que mejoran su rendimiento competitivo.

Cuando la conducción del oxígeno es suficientemente acelerada para un determinado nivel de ejercicio, se satisfacen las necesidades aeróbicas y se establece un equilibrio entre el aporte y el consumo de oxígeno en las mitocondrias, se logra así un estado estable, pudiendo continuarse el ejercicio al mismo nivel de intensidad, mientras haya aporte de combustible y se mantenga un adecuado control de la temperatura corporal. Al terminar el ejercicio, el consumo de oxígeno retorna lentamente al nivel de reposo pre – ejercicio^{5,6}.

Durante el ejercicio, se produce un desplazamiento de la curva hacia la derecha, es decir, facilitando la entrega de oxígeno a los tejidos, esta modificación en la posición de la curva de asociación-disociación se conoce como efecto Bohr y es producida por el incremento en la temperatura de la sangre, incremento de la acidez de la sangre (menor pH) y por incrementos de dióxido de carbono en la sangre^{7, 8, 9, 10}.

El incremento en la frecuencia cardiaca acompaña linealmente a los incrementos en flujo y consumo de oxígeno. La frecuencia cardiaca, para un esfuerzo dado es menor en el atleta que en el individuo sedentario, sin embargo, la máxima frecuencia cardiaca es la misma en sedentarios y en atletas, disminuyendo con la edad^{11, 12, 13}.

Conforme aumenta la intensidad del ejercicio, la mayor actividad simpática incrementa la contractibilidad miocárdica y desplaza la curva de función ventricular hacia la izquierda, permitiendo incrementar notablemente el volumen de eyección sin requerir aumentar la presión de llenado o precarga. La favorable posición que adquiere la curva de función ventricular durante el ejercicio determina un menor volumen diastólico final, menor volumen sistólico final, mayor fracción de eyección y mayor volumen de eyección^{13, 14, 15}.

En resumen, la cantidad de oxígeno ofrecida a los tejidos por minuto, es decir el transporte de oxígeno sistémico estará entonces determinado por la cantidad de oxígeno en cada unidad de volumen de sangre (contenido arterial de oxígeno) y el número de unidades (litros) de sangre enviadas por el corazón de cada minuto (volumen minuto).

En general todas las capacidades fisiológicas (cardio-respiratorias, neuromusculares, metabólicas, etc.) se manifiestan en el deporte a través de las cualidades físicas y las respuestas de los sistemas bioenergéticos en cada sujeto. Estas pueden evaluarse, cuantificarse y entrenarse específicamente.

El presente estudio tiene por objetivo describir la respuesta cardiorrespiratoria al ejercicio, en futbolistas profesionales en periodo pre-competitivo perteneciente al Club Deportivo Universidad de San Martín de Porres y en futbolistas no profesionales (estudiantes de medicina) que practican el fútbol como diversión.

MATERIAL Y MÉTODOS

El tipo de estudio es de intervención, comparativo, longitudinal y prospectivo y responde a un diseño de investigación pre y post test.

Se evaluaron 19 futbolistas profesionales del Club Deportivo Universidad de San Martín de Porres y 11 estudiantes de Medicina de la USMP. Se realizó muestreo no probabilístico con selección de tipo intencional para ambos grupos.

La selección de la población de los futbolistas profesionales consiguió una muestra homogénea de jugadores de un mismo equipo, durante el período precompetitivo. Los estudiantes de la Facultad de Medicina Humana fueron seleccionados voluntariamente a partir de una solicitud de los investigadores. Ambos grupos sin antecedentes patológicos cardiovasculares ni respiratorios.

Se elaboró un registro de Edad, Peso, Talla, Composición Corporal (Índice de Masa Corporal y Porcentaje de Grasa Corporal por impedanciometría) y se evaluó la función cardiorrespiratoria a través de electrocardiograma y espirometría en reposo de cada uno de los participantes.

Ambos grupos fueron sometidos a un ejercicio físico mixto tipo anaerobio/aerobio por 30 min. registrándose valores de presión arterial (sistólica y diastólica), frecuencia cardiaca, saturación de oxígeno y ácido láctico, previamente e inmediatamente culminado el ejercicio obteniéndose cifras pre y post ejercicio como indicadores de función cardiorrespiratoria.

Dado que las muestras fueron pequeñas con selección de tipo intencional, se utilizaron pruebas no paramétricas, empleando el programa estadístico STATA.

Para variables continuas con escala de medición de intervalo o razón, se calcularon medias con su respectiva desviación estándar y para comparar diferencias entre los dos grupos se utilizó la prueba U de Mann - Whitney a un nivel de confianza de 95%.

RESULTADOS

La edad promedio* ha sido de 27 años ($27.2 + 1.09$); y en el grupo referencial de futbolistas no profesionales la edad promedio es de 18 años ($17.8 + 0.63$) (Fig. N° 1 Y Fig. N° 2).

Analizando la variable índice de masa corporal en el grupo de futbolistas profesionales, se observó un promedio alto en forma relativa respecto al grupo de futbolistas no profesionales, esta diferencia mínima de los promedios *no* ha sido estadísticamente significativa ($p > 0.05$). Se debe resaltar que dichos promedios se ubican en un nivel de normalidad según Fuente de Clasificación del estado nutricional por medio del 1M C SISV AN Perú. Los resultados se presentan en la tabla N° 1.

GRUPOS	n	$x \pm s$	Z	p
Futbolistas profesionales	17	25.03 ± 0.31		
Futbolistas no profesionales	11	22.52 ± 1.15	1.58	> 0.05

Respecto al porcentaje de grasa corporal, se debe indicar que en el grupo referencial de futbolistas *no* profesionales se encontró un promedio ($19.72 + 1.67$) más alto de porcentaje de grasa corporal que en el grupo de futbolistas profesionales ($15.95 + 0.74$), esta diferencia es estadísticamente significativa ($Z = -2.05$; $p < 0.05$). Comparando los promedios encontrados en ambos grupos se ubican en un nivel alto de porcentaje de grasa corporal.

FIGURA N° 1

Futbolistas profesionales del Club USMP
Distribución por edad

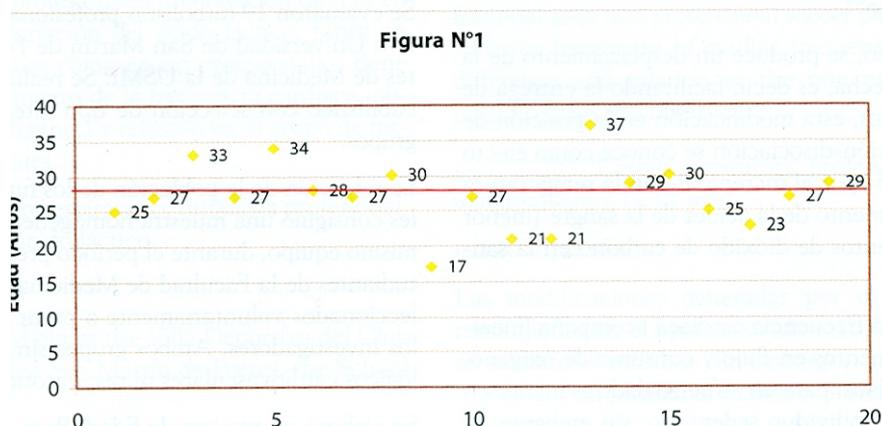
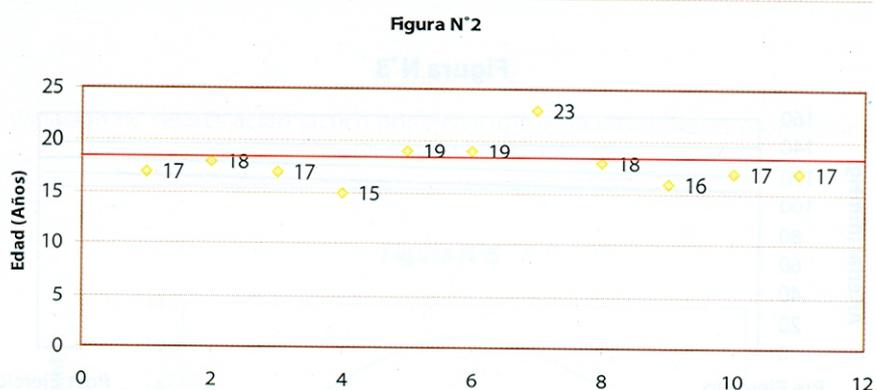


FIGURA N°2

Futbolistas no profesionales
Distribución por edad



En la variable CVF (capacidad vital funcional) el promedio más alto se observó en el grupo de futbolistas profesionales comparando con el grupo referencial de futbolistas no profesionales, esta diferencia es estadísticamente muy significativa ($p < 0.01$).

Respecto a la variable volumen espiración forzada al segundo, los promedios más altos de volúmenes se han dado en el grupo de futbolistas profesionales, respecto al grupo referencial, esta diferencia a nivel estadístico es significativa ($p < 0.05$).

En el análisis de la presión arterial se obtuvo, en el caso de presión sistólica en reposo mayores promedios en forma relativa en el grupo de futbolistas profesionales comparando con el grupo referencial, estas diferencias no son significativas ($p > 0.05$) y para la variable presión sistólica después del ejercicio se encontraron valores homogéneos de dicha presión debido a que no hubo diferencias estadísticamente significativa ($p > 0.05$), según se representan en las figuras N° 3 y 4 respectivamente.

Para la presión arterial diastólica, comparando valores de presión diastólica en reposo, los valores más altos en forma relativa de dicha presión se observaron en futbolistas profesionales, comparando con el grupo de futbolistas no profesionales, estas diferencias no han sido significativas ($p > 0.05$). Respecto a la presión diastólica después del ejercicio, se observaron valores homogéneos de dicha presión en ambos grupos de estudio, siendo estas diferencias no significativas ($p > 0.05$).

En el caso de valores de saturación de oxígeno se apreció, en reposo, valores promedios más altos en el grupo referencial de futbolistas no profesionales comparando al grupo de futbolistas profesionales, dicha diferencia ha sido estadísticamente significativa ($p < 0.05$) y en el caso de saturación de oxígeno después del ejercicio hubo un ligero aumento de dicho valor en el grupo de futbolistas no profesionales, y una disminución en el grupo de futbolistas profesionales, comparando con los valores de oxígeno en reposo, las diferencias de dichos promedios, no han sido significativas ($p > 0.05$).

Respecto a la frecuencia cardíaca, en reposo se aprecia mayor promedio de dicha frecuencia en futbolistas no profesionales, respecto al grupo de futbolistas profesionales, esta diferencia observada, es estadísticamente significativa ($p < 0.05$). Después del ejercicio hubo un incremento de los valores de frecuencia cardíaca comparando con la fase de reposo, los futbolistas no profesionales presentan mayor promedio que la de los futbolistas profesionales, esta diferencia observada es significativa ($p < 0.05$).

FIGURA N° 3

FIGURA N° 3

Variación de presión arterial sistólica por ejercicio físico en futbolistas profesionales del Club USMP

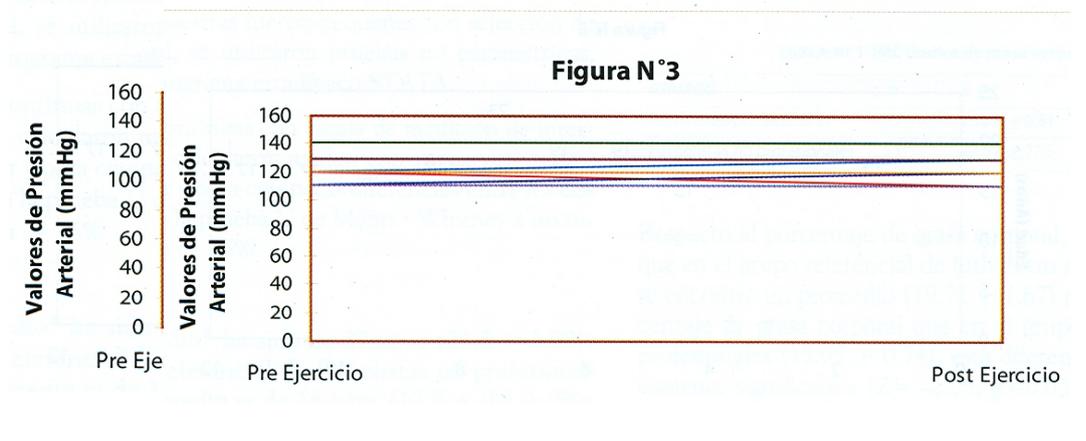
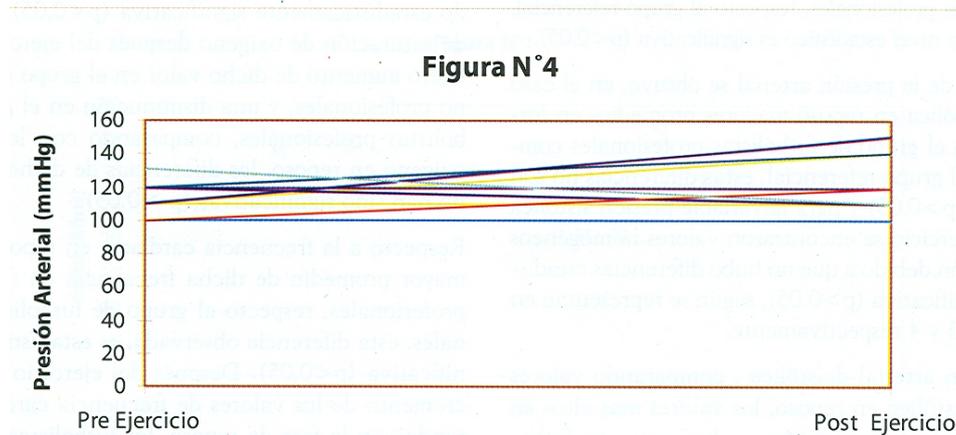


FIGURA N° 4

Variación de presión arterial sistólica por ejercicio físico en futbolistas no profesionales



En las determinaciones de ácido láctico se observó, en reposo, cifras altas en el grupo de futbolistas profesionales, comparando al grupo referencial, esta diferencia observada es significativa ($p < 0.05$). El ácido láctico después del ejercicio se incrementó en ambos grupos, esta vez en mayor promedio en forma relativa se da en futbolistas no profesionales, que en futbolistas profesionales, las diferencias observadas no son estadísticamente significativas ($p > 0.05$) finalmente, en las

determinaciones 30 min. después del ejercicio, se observaron valores homogéneos de ácido láctico en ambos grupos, siendo las diferencias no significativas ($p > 0.05$). En este resultado está influyendo el ejercicio físico (Figura N° 5 y N° 6).

FIGURA N° 5

Variación de valores ácido láctico por ejercicio físico en futbolistas profesionales del Club USMP (mMol/L)

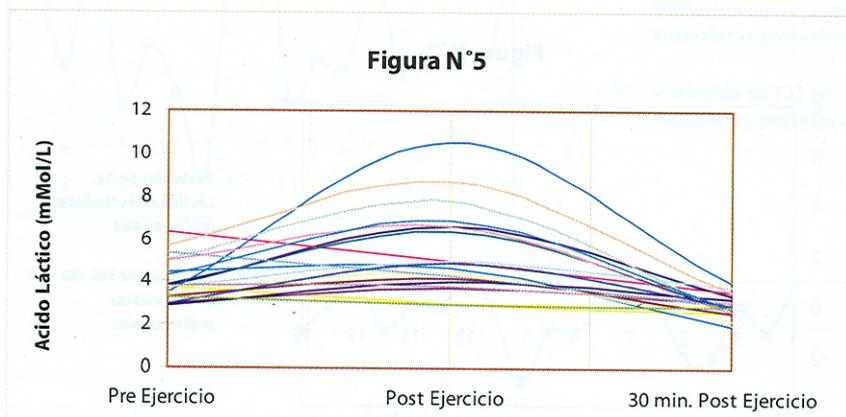
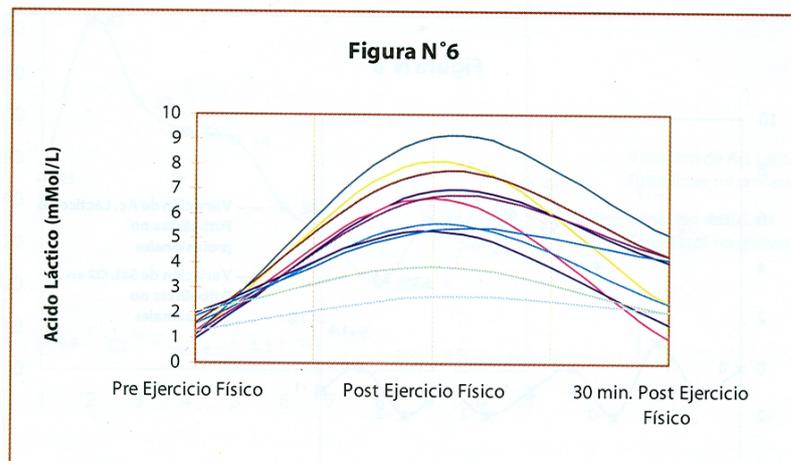


FIGURA N° 6

Variación de valores ácido láctico por ejercicio físico en futbolistas no profesionales (mMol/L)



En la figura N° 7 la variación de los niveles de ácido láctico en los futbolistas profesionales, tiene relación inversa con la disminución de su saturación de oxígeno.

En comparación con el grupo de futbolistas profesionales, se observa en los futbolistas no profesionales una mayor variación en los niveles de ácido láctico, relacionado en forma directa con la disminución de saturación de oxígeno (Figura N° 8).

Se observa una relación entre el aumento de las variaciones de la frecuencia cardiaca y niveles de ácido láctico en sangre (Figura N° 9).

En la figura N° 10, se observa una mayor variación de ácido láctico y frecuencia cardiaca post -ejercicio en relación al grupo de los futbolistas profesionales, en donde se relacionan en forma directa.

FIGURA N°. 7

Variación de Valores Ácido Láctico vs. Variación de Sat. Oxígeno Futbolistas profesionales

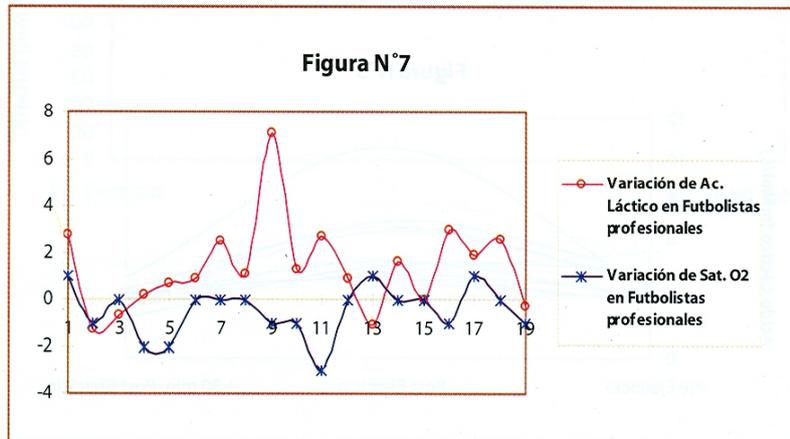


FIGURA N°. 8

Variación de Valores Ácido Láctico vs. Variación de Sat. Oxígeno Futbolistas no profesionales

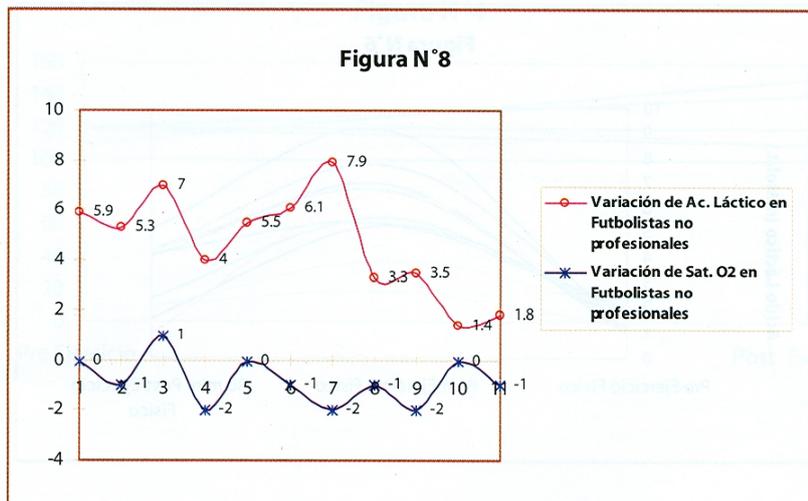


FIGURA N° 9

Variación de valores ácido láctico vs. frecuencia cardiaca - Futbolistas profesionales

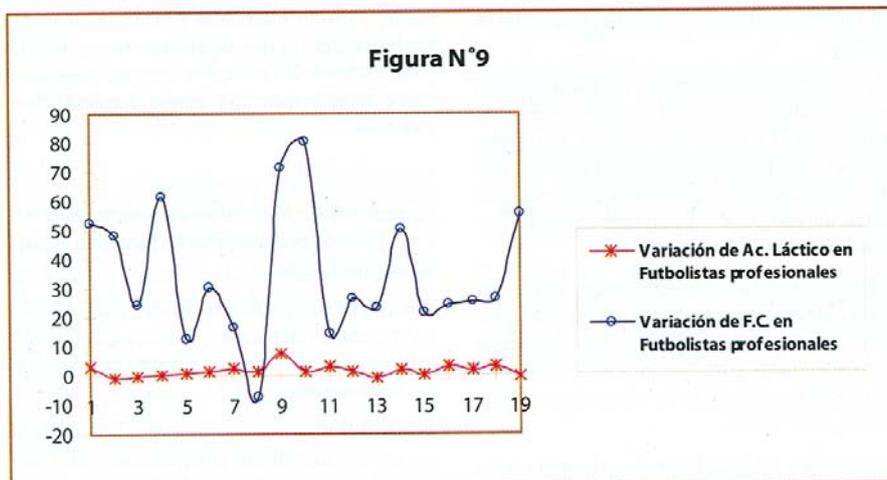
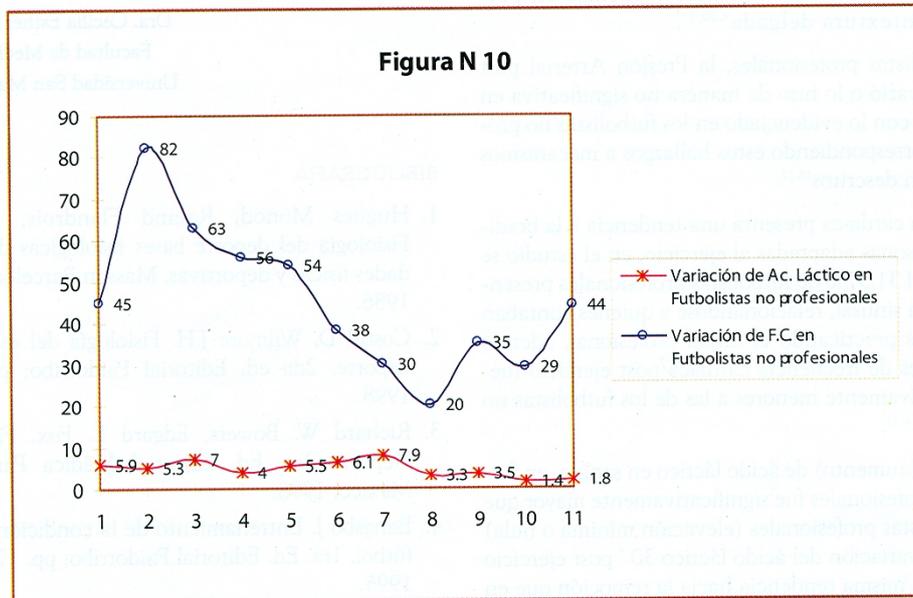


FIGURA N° 10

Variación de valores ácido láctico vs. frecuencia cardiaca
- Futbolistas no profesionales



DISCUSIÓN

La edad promedio de los futbolistas profesionales fue de 27 años, correspondiente a un grupo heterogéneo de sujetos, mientras que el grupo de referencia correspondió a estudiantes de los primeros años de la carrera profesional de medicina humana.

Al respecto de la composición corporal en los futbolistas profesionales, en el estudio se encontró que en el 57.89% el IMC fue mayor o igual a 25, considerándose estos valores, según criterio OMS para una población general, fuera de los rangos normales. Considerándose para este caso otros parámetros de composición corporal como el Porcentaje de Grasa Corporal^{1,2,3}.

El 52.63% de los futbolistas profesionales presentó un porcentaje de grasa corporal mayor al 15%, dentro del promedio (13-15%) se encontró al 21.05%, considerándose estos valores no adecuados para la composición corporal de estos atletas, Sólo en el 26.31 % de casos el porcentaje de grasa varió del 10 al 12.9%.

Se evidenció una CVF y VEF1 normal a elevada en los futbolistas profesionales, en respuesta a una mejor compliance pulmonar y mecanismos de adaptación observada en los futbolistas con más años de práctica profesional⁸.

El resultado electrocardiográfico no muestra variaciones significativas entre futbolistas profesionales y los no profesionales, pero se evidencia un patrón de repolarización precoz que es típico en sujetos sometidos a actividad física regular y además en personas de contextura delgada^{9,10,11}.

En los futbolistas profesionales, la Presión Arterial post ejercicio no varió o lo hizo de manera no significativa en comparación con lo evidenciado en los futbolistas no profesionales, correspondiendo estos hallazgos a mecanismos de adaptación descritos^{10,12}.

La frecuencia cardiaca presenta una tendencia a la bradicardia en personas adaptadas al ejercicio, en el estudio se apreció que el 31.57% de futbolistas profesionales presentó bradicardia sinusal, relacionándose a quienes contaban con mas años practicando el fútbol profesional, además las variaciones de frecuencia cardiaca post ejercicio fueron significativamente menores a las de los futbolistas no profesionales^{12,13}.

La variación (aumento) de ácido láctico en sangre, en futbolistas no profesionales fue significativamente mayor que en los futbolistas profesionales (elevación mínima o nula) así mismo la variación del ácido láctico 30' post ejercicio no muestra la misma tendencia hacia la remoción que en futbolistas profesionales en quienes tiende a regresar a los valores basales encontrados en el pre ejercicio.

En ambos grupos se encontró disminución de la saturación de oxígeno post ejercicio (dentro de los límites normales, -1% en futbolistas profesionales y -2% en los no profesionales) lo que representa una mayor liberación de oxígeno hacia los músculos y mayor disociación de la oxihemoglobina ante una mayor demanda metabólica del músculo.

CONCLUSIONES

La mayoría de Futbolistas Profesionales del Club USMP en el periodo pre competitivo presentaron un inadecuado estado nutricional.

Los futbolistas profesionales del Club Deportivo USMP, presentaron variaciones cardiopulmonares de respuesta aguda como parte del mecanismo de adaptación al ejercicio físico en atletas.

Se identificaron mecanismos de adaptación de tipo crónico en los futbolistas profesionales del Club Deportivo USMP con mayor tiempo de práctica profesional

RECOMENDACIONES

Fomentar una mejor orientación nutricional para un mejor sostenimiento de la composición corporal y performance en los futbolistas profesionales previo al periodo precompetitivo.

Dra. Cecilia Esther Zavaleta Caja
Facultad de Medicina Humana
Universidad San Martín de Porres

BIBLIOGRAFIA

1. Hugues Monod, Roland Flandrois, Manual de Fisiología del deporte bases fisiológicas de las actividades físicas y deportivas, Masson Barcelona - México, 1986.
2. Costill D, Wilmore J.H. Fisiología del esfuerzo y del deporte. 2da ed. Editorial Paidotribo; pp. 192-213, 1998.
3. Richard W. Bowers, Edgard L. Fox, Fisiología del Deporte 3ra. Ed: Editorial Médica Panamericana; México, 1998.
4. Bangsbo J. Entrenamiento de la condición física en el fútbol. Ira. Ed. Editorial Paidotribo; pp. 17-78,85-106, 1995.
5. Alfred A. Bove, David T. Lowenthal. Medicina del Ejercicio Principios fisiológicos y aplicaciones clínicas Ira. Ed. Editorial El Ateneo Buenos Aires, 1987.
6. Reilly T. Football. In: Reilly T., Secher N, Snell P. and Williams. Physiology of Sport (editors). London; pp. 371-425,1990.
7. Peidro R. Cardiología del deporte. El corazón del deportista. Hallazgos clínicos, electrocardiográficos y ecocardiográficos. Rev. Argent Cardiol: 71: 126-37, 2003.

8. Holloszy J.O., Coyle E. Adaptations of skeletal muscle to endurance exercise and their metabolic consequences. *J Appl Physiol*; 56: 831-8, 1984.
9. Wasserman K. The anaerobic threshold measurement to evaluate exercise performance. *Am Rev respire Dis*: 129: S35-40, 1984.
10. Pellicia A., Maron B.J., Culasso R, Di Paolo RM., Spataro A., Biffi A., et al. Clinical significance of abnormal electrocardiographic patterns in trained athletes. *Circulation*; 102: 278-84, 2000.
11. Boraita Pérez A., Serratosa Fernández L. "The athlete's Heart": most common electrocardiographic findings. *Rev Esp. Cardiol*: 51: 356-68, 1998.
12. Fletcher G. The athlete's electrocardiogram. In: Williams's r. The athlete and heart disease. Lippincot Williams and Wilkins USA; pp. 173-81, 1999.
13. Balady G.J., Cadigan J.B., Ryan T.J. Electrocardiogram of the athlete: an análisis of 289 professional football players. *Am J cardiol*; 53: 1339-43, 1984.
14. Mauro S., Brión G., Angelino A., Torresel c., Peidro R.M., Bonelli V. y col. Evaluación de jugadores juveniles de fútbol en periodo competitivo. *Rev. Argent Cardiol*; 71: 118,2003.
15. Motta D. Angellino A., Berrudrio M., Testinoc, Rodríguez G., Anselmo J.c. y col. Capacidad física en función del puesto en el jugador de fútbol. *Rev. Argent Cardiol*; 71: 119,2003.