

**Reconocimiento a la trayectoria del Prof. Dr. Marco A. Pizzolato**

# Estudio de parámetros bioquímicos en jugadores de fútbol de *élite*

## *Study of biochemical parameters in elite football players*

## *Estudo de parâmetros bioquímicos em jogadores de futebol de elite*

► Adrián Leonardo Aymard<sup>1a</sup>, Claudio Aranda<sup>2a</sup>, María Beatriz Di Carlo<sup>3b</sup>

<sup>1</sup> Bioquímico Especialista en Bioquímica Clínica.

<sup>2</sup> Bioquímico. Director de LACBA-TCBA.

<sup>3</sup> Doctora de la Universidad de Buenos Aires.

a Laboratorio de Análisis Clínicos Buenos Aires (LACBA-TCBA) - Jerónimo Salguero 560 - 2° Piso - CABA (1171). Argentina.

b Dpto de Bioquímica Clínica - INFIBIOC - Facultad Farmacia - Universidad de Buenos Aires - Junín 956 - CABA (1110). Argentina.

### Resumen

El deporte exige de quienes lo practican una adaptación, entrenamiento y buen estado físico. El objetivo del trabajo fue estudiar en suero/plasma de individuos jugadores de fútbol de *élite* (n=32) y no entrenados (n=16), los perfiles hematológico, endocrinológico y de química clínica, relacionar los hallazgos bioquímicos con la fisiopatología deportiva y evaluar la probable implicancia clínica de los resultados. De acuerdo con los resultados obtenidos se observó disminución significativa en: hematocrito, hierro, plaquetas y bilirrubina (expansión plasmática fisiológica); magnesio (consumo enzimático); y proteínas y glucemia (incremento del metabolismo energético y recambio proteico). No se detectaron cambios significativos en el perfil endocrinológico (TSH disminuida, mayor eficacia de la hormona) y perfil lipídico (aumento de HDL y disminución de LDL; efecto protector de las lipoproteínas). Se observó un aumento significativo en: calcio (mayor disponibilidad); urea (metabolismo proteico aumentado); y aldolasa y creatinquinasa (lisis fibra muscular entrenada). Se concluye que la creatinquinasa es el marcador de pertenencia al grupo de *élite*; se debería implementar un valor de referencia diferente para esta población de deportistas ya que el deporte es objeto de estudio del laboratorio bioquímico; y la implementación de los conocimientos científicos en forma práctica y adecuada permite ayudar al profesional médico deportólogo a tomar decisiones oportunas y acertadas.

**Palabras clave:** creatinquinasa \* deportistas de *élite* \* fútbol de *élite* \* medicina deportiva \* bioquímica deportiva

### Summary

*Sports demand from those who practice it, adaptation, training and a good physical condition. The objective of the work was to study in serum/plasma of trained people (elite football players, n=32) and untrained people (n=16) the clinical laboratory, haematological, and endocrinal profiles; 2) to relate the biochemical findings to sports physiopathology; 3) Assess the probable*

Acta Bioquímica Clínica Latinoamericana

Incorporada al Chemical Abstract Service.

Código bibliográfico: ABCLDL.

ISSN 0325-2957

ISSN 1851-6114 en línea

ISSN 1852-396X (CD-ROM)

*clinical implication of the results obtained. The results obtained show a significant decrease in hematocrit, iron, platelets and bilirubin (physiological plasma expansion); magnesium (enzymatic consumption); proteins and glycemia (increase in energy metabolism and protein change). Without significant changes in endocrinological profile (decreased TSH, greater hormone efficiency); and lipid profile (increased HDL and decreased LDL; lipoprotein protector effect). Significant increase: calcium (more availability); urea (increased protein metabolism); and aldolase y creatinquinase (lysis of trained muscle fibre). Creatinquinase is the scorecard of belonging to the elite group. It should be a different reference value for this group. Thus, sport is object of study at the clinical laboratory; and implementation of the scientific knowledge in a practical and suitable manner enables the health professional to make relevant and right decisions.*

**Key words:** *creatinquinase \* elite sportsmen \* elite football players \* sports medicine \* sports biochemistry*

## Resumo

*O esporte exige daqueles que o praticam uma adaptação, treinamento e bom estado físico. O objetivo do trabalho foi estudar em soro/plasma de indivíduos jogadores de futebol de elite (n=32) e não treinados (n=16), os perfis hematológico, endocrinológico e de química clínica, relacionar os achados bioquímicos com a fisiopatologia esportiva, e avaliar as possíveis implicações clínicas dos resultados. De acordo com os resultados obtidos se observou diminuição em hematocrito, ferro, plaquetas e bilirrubina (expansão do plasma fisiológico), magnésio (consumo enzimático); e proteína e glicemia (aumento do metabolismo energético e recâmbio proteico). Não foram observadas alterações significativas no perfil endocrinológico (TSH diminuído, maior eficácia do hormônio); e perfil lipídico (aumento de HDL e diminuição de LDL; efeito protetor das lipoproteínas). Observou-se aumento significativo em: cálcio (maior disponibilidade); ureia (metabolismo proteico aumentado); e aldolase e creatina-quinase (lise fibra muscular treinada). Conclui-se que a creatina-quinase é o marcador de pertença ao grupo de elite. Deveria ser implementado um valor de referência diferente para esta população de esportistas visto que o esporte é objeto de estudo do laboratório bioquímico; e a implementação dos conhecimentos científicos em forma prática e adequada permite ajudar o profissional médico esportólogo a tomar decisões oportunas e certas.*

**Palavras-chave:** *creatina-quinase \* esportistas de elite \* futebol de elite \* medicina esportiva \* bioquímica esportiva*

## Introducción

Al deporte se lo entiende como actividad y movimiento, no como reposo. Exige de quienes lo practican una adaptación, tanto muscular como intelectual y su práctica supone entrenamiento y buen estado físico (1). Existe el concepto de que la práctica de actividad física conduce a una mejora en la salud, pero para que la relación deporte-salud sea causal, deben combinarse ciertos elementos: sistematización de la actividad física, adecuada relación esfuerzo-reposo, cuidado del propio cuerpo y alimentación equilibrada (2).

La Medicina del Deporte es una especialidad multidisciplinaria que investiga la influencia del ejercicio y del entrenamiento en las personas sanas y enfermas, y en los deportistas. Hoy, la medicina deportiva apunta a una mejora de la calidad de vida (3-5). La fisiología y la bioquímica aplicadas al ejercicio físico son ciencias relativamente jóvenes, que tienen entre sus objetivos el estudio de los principales mecanismos funcionales del medio interno y los cambios morfológicos y metabólicos que aparecen como consecuencia de la actividad

física sistemática, así como los procesos de adaptación y los mecanismos regulatorios que ésta genera. Estos conceptos se aplican al entrenamiento y a la mejora del rendimiento del deportista. El concepto de Bioquímica del deporte se asocia al aporte de energía necesaria para realizar un ejercicio (6) (7).

Durante la actividad física, la energía se utiliza para el movimiento, el aumento de la masa muscular y la reparación de los daños musculares después de la finalización del ejercicio. En ocasiones, es necesaria una gran cantidad de energía en un período corto, mientras que en otras los requerimientos son moderados pero constantes y duraderos. Son tres los sistemas energéticos involucrados que interaccionan entre sí, dos de ellos se relacionan con la degradación de los hidratos de carbono y de las grasas (aeróbico y anaeróbico), y el otro con la utilización de la fosfocreatina. Son de funcionamiento continuo y dependiendo del tipo de actividad predominará uno de ellos. La interacción, el predominio y la especificidad de estos sistemas, dependen de la intensidad, del volumen, de la densidad, y de la frecuencia del ejercicio y de las características propias de cada de-

portista, como la genética, la alimentación, el descanso, los hábitos de vida, el ambiente social que lo rodea y el entorno afectivo. Es necesario el conocimiento de las distintas situaciones metabólicas y musculares, tanto en los deportistas como en aquellas personas que recién se incorporan a una actividad física. Todo lo que sucede en un cuerpo en movimiento tiene su punto de partida en la actividad metabólica muscular. Si ésta fallara, la acción se detiene o disminuye el rendimiento (*performance*). Mientras mayor sea la intensidad en el trabajo físico, más rápida será la necesidad de generar energía, y por eso el ATP (moneda energética) requiere ser repuesto más velozmente. Entonces aumenta la velocidad de las reacciones químicas involucradas, logrando aportar esta energía según el requerimiento específico (8) (9).

La eficiencia de un entrenamiento deportivo depende de la rapidez con que se recuperen los diversos sistemas energéticos y los sustratos utilizados durante el esfuerzo. Al realizar el individuo un ejercicio (trabajo) sufre desgaste, disminuyendo el rendimiento proporcionalmente al esfuerzo, poniéndose en marcha mecanismos de defensa bioquímicos, hormonales, inmunológicos, cardiovasculares y neuromusculares. Ciertos parámetros bioquímicos tienen potencial utilidad para evaluarlos. Los marcadores más prácticos serán aquellos que puedan medirse de modo rutinario en el laboratorio y que puedan ofrecerse al equipo de salud del deportista como parte del respaldo médico (10) (11). Los entrenadores y deportistas tienen un interés cada vez mayor en conocer la evolución bioquímica a lo largo de un proceso de entrenamiento, es así que se incluye a la Bioquímica Clínica en el estudio de las adaptaciones del organismo. La exigencia cada vez mayor por conseguir resultados deportivos y preservar la salud del deportista, hace que el conocimiento de algunos parámetros bioquímicos se convierta en una herramienta útil para la evaluación del rendimiento deportivo. Los tópicos más frecuentes son el efecto negativo del entrenamiento de alta intensidad y la aparición de la fatiga crónica o el llamado síndrome de sobreentrenamiento.

Las grandes exigencias físicas y psicológicas a las que se encuentran sometidos los deportistas de alto rendimiento, sumado a los costos económicos que implica su carrera deportiva, y al prestigio de la institución a la que pertenecen, hacen necesario ampliar los conocimientos de la respuesta del deportista al entrenamiento. Éstos se basan principalmente en el estudio sobre los controles fisiológicos y bioquímicos de dicho proceso. Esta respuesta es integrada y permite a los diferentes órganos y sistemas el mantenimiento de sus funciones. Se inducen cambios metabólicos y funcionales que deben evaluarse con el fin de esclarecer si constituyen un efecto beneficioso o perjudicial sobre el deportista. De esta manera se podrá cumplir con la premisa de asegurar y mantener su salud. Es necesario detectar situaciones que limiten la práctica deportiva, favorezcan el

riesgo de lesiones o patologías de base, orienten específicamente el entrenamiento y permitan un máximo de rendimiento (12) (13).

La adaptación que el organismo consigue a partir de la realización de una actividad física sistemática y ordenada, se pone de manifiesto en la variación de ciertos parámetros bioquímicos. Desde la Bioquímica Clínica se plantean una serie de análisis para el estudio de los mismos, que están directamente relacionados con el metabolismo de los sistemas que participan del ejercicio. El estudio bioquímico de todos los cambios metabólicos que ocurren durante el desarrollo de una práctica deportiva, permite evaluar tanto el entrenamiento físico como la planificación del mismo.

El objetivo del presente trabajo fue estudiar en el suero/plasma de individuos entrenados (jugadores de fútbol de *élite*) y en no entrenados, los perfiles hematológico, endocrinológico y de química clínica, con el fin de relacionar los hallazgos bioquímicos con la fisiopatología deportiva y evaluar la probable implicancia clínica de los resultados obtenidos.

## Materiales y Métodos

### PACIENTES Y MUESTRAS

Se trabajó con el suero y el plasma obtenido por punción venosa de 48 pacientes adultos sanos, de sexo masculino, con doce horas de ayuno previo. Que ingresaron al laboratorio central del Laboratorio de Análisis Clínicos Buenos Aires (LACBA-TCBA). Los mismos fueron clasificados en jugadores de fútbol de *élite* y no entrenados:

- Fútbol de *élite*: n=32 jugadores de fútbol, derivados por el médico de su club para un control de rutina. Deportistas profesionales de *élite*, pertenecientes a un equipo de fútbol de primera división en la etapa final del entrenamiento precompetencia (entrenamientos de pretemporada y encuentros amistosos) e inicio de la etapa competitiva.
- No entrenados: n=16, pacientes que no realizaron actividad física programada, ordenada y continua, provenientes del personal del laboratorio bajo supervisión médica.

Todos los pacientes estudiados refirieron ser no fumadores, no consumidores de alcohol ni medicamentos, y no presentaron al estudio clínico alteraciones hepatobiliares, cardiológicas, inmunológicas, endocrinológicas ni musculares. Todas las muestras fueron procesadas al momento del ingreso, obteniéndose de cada integrante el consentimiento informado. Se respetaron los principios éticos generales a considerarse en toda investigación (15) (16).

Los descriptivos edad e índice de masa corporal (IMC) para cada grupo se detallan en la Tabla I.

Tabla I. Descriptivos edad e índice de masa corporal

	no entrenados (n=16)	fútbol élite (n=32)	p
Edad	26,63±5,89	25,28±5,93	ns
IMC	23,38±2,80	23,78±0,94	ns

#### DETERMINACIONES Y MÉTODOS

Se analizaron 38 parámetros bioquímicos que integraron los perfiles:

- Hematológico: hematocrito (Hto); recuento de leucocitos (GB), recuento de plaquetas (Plaq); índices hematimétricos: Volumen Corpuscular Medio (VCM), Hemoglobina Corpuscular Media (HCM), Concentración Media de Hemoglobina Corpuscular (MCHC); ferremia (Fe), transferrina (Tf); porcentaje de saturación (Sat).
- Endocrinológico: Cortisol (C), Testosterona (T), Testosterona Libre (TI), índice testosterona/cortisol (T/C), tirotrófina (TSH).
- De Química Clínica:
  - Lipídico: Colesterol total (Col), triglicéridos (TG), Lipoproteínas: LDL y HDL
  - Electrolítico: Calcio iónico (Ca 2+), calcio total (Ca); magnesio (Mg), sodio (Na) y potasio (K).
  - De metabolitos y proteínas: glucemia (Glu); urea (U); creatinina (Cr); ácido úrico (AU); bilirrubina: total (BiT), conjugada (BiD) y no conjugada (BiI); proteínas totales (PT) y albúmina (Alb).
  - Enzimático: aspartatoaminotransferasa (ASAT) y alaninoaminotransferasa (ALAT), fosfatasa alcalina (FAL), creatinquinasa (CK) y aldolasa (Ald).

Las determinaciones de Hto, GB y Plaq se realizaron por impedancia volumétrica y tecnología óptica luz láser Helio-Neón MAPSS, en autoanalizador CELL-DYN 3500 (Abbott-Chicago-Illinois-EE.UU.). Los índices hematimétricos: VCM, HCM y CMHC resultaron de los cálculos realizados en forma automatizada, a partir de los valores medidos. En autoanalizador HITACHI 912 (Roche Diagnostics GMBH-Mannheim-Alemania) se determinó: Fe por método colorimétrico (Roche-Mannheim); Tf por inmunoturbidimetría (Roche-Mannheim) y Sat: cálculo automático=Tf/Fe.

Las metodologías empleadas para las determinaciones endocrinológicas se describen a continuación: C: quimioluminiscencia (ACCESS-Beckman-Brea-EE.UU.); T: quimioluminiscencia-ELECSYS 2010 (Roche-Mannheim-Alemania); TI: radioinmunoensayo, Diagnostic Systems Laboratorios-Webster-Texas-EE.UU., con lectura en Gammachen 104 (Serono Diagnostics-Roma-Italia); y TSH: quimioluminiscencia-Advia Centaur-(Siemens-Tarrytown-EE.UU.).

Las determinaciones de química clínica se efectuaron en autoanalizador HITACHI 912 a través de las siguientes metodologías: Col: método enzimático CHOD/PAP (Roche-Mannheim-); TG: método enzimático GPO/Px (BioSystems); LDL: calculada según fórmula de Friedewald y HDL: método enzimático Direct HDL-Cholesterol (Randox-Ardmore); Índice TG/HDL se calculó como producto del cociente entre ambos parámetros. Las enzimas ASAT, ALAT y CK se determinaron por método cinético IFCC (Roche-Mannheim); FAL, método cinético DGKC (Roche-Mannheim); y Ald: método cinético recomendado (Randox-Ardmore); Glu: método enzimático-GOD/PAP (Randox-Ardmore), U: método cinético UV (Roche-Mannheim), Cr: método cinético-Jaffé (Roche-Mannheim); AU: método enzimático colorimétrico (Randox-Ardmore), BiT y BiD: método colorimétrico (Randox-Ardmore) y BiI por cálculo diferencial entre total y conjugada, PT: método colorimétrico Biuret (Roche-Mannheim), Alb: método colorimétrico verde bromo cresol (Roche-Mannheim); Ca y Mg: método colorimétrico de punto final (Roche-Mannheim). Los iones Ca 2+, Na y K: método de ión selectivo, en AVL 9180 Electrolyte Analyzer (Roche Diagnostics GMBH- Mannheim-Alemania).

Los valores de referencia poblacionales correspondientes a cada parámetro evaluado, según la metodología aplicada se detallan en la Tabla II.

Análisis estadístico: Se utilizó el método paramétrico (*test* de Student) cuando se cumplió la suposición de normalidad de las variables y las varianzas fueron homogéneas. Si no se pudo probar la homogeneidad de varianzas, se efectuó una transformación de la variable; no obstante, en el caso en que no se logró, se utilizó el correspondiente *test* no paramétrico, de Kruskal-Wallis. Encontrada la diferencia significativa en los grupos, se utilizó regresión logística binaria, con un método de regresión por pasos para encontrar si la variable indicaba pertenencia de grupo. El *software* utilizado fue SPSS 15.0 (Chicago-IL). En todos los casos se consideró significativa una probabilidad menor o igual que 5%.

## Resultados

Los resultados obtenidos de los parámetros que conforman los perfiles estudiados, para cada uno de los grupos, se detallaron en las Tablas III, VI, V, VI, VII, y VIII.

Tabla II. Valores de referencia para cada parámetro evaluado

Parámetro	Valor de Referencia	Parámetro	Valor de Referencia
Hto	35-45%	Ca <sup>2+</sup>	4,5-5,5 mg/dL
GB	4,000-10,000/mm <sup>3</sup>	Ca	8,5-10,5 mg/dL
Plaq	150,000-400,000/mm <sup>3</sup>	Mg	1,6-2,5 mg/dL
Fe	59-158 ug/dL	Na	135-145 mEq/L
Tf	200-400 mg/dL	K	3,6-5,0 mEq/L
Sat	20-55%	Glu	70-110 mg/dL
VCM	80-95 micras <sup>3</sup>	U	10-50 mg/dL
HCM	27,0-32,0 pg	Cr	0,5-1,2 mg/dL
CMHC	32,0-36,0 g/dL	ÁU	2,0-6,5 mg/dL
C	7,0-25,0 ug/dL	BiT	hasta 1,0 mg/dL
T	2,5-9,0 ng/mL	BiC	hasta 0,20 mg/dL
TI	9-55 pg/mL	BiI	hasta 0,80 mg/dL
TSH	0,35-4,5 uUI/mL	PT	6,6-8,7 g/L
Col	hasta 200 mg/dL	Alb	3,5-5,0 g/L
TG	hasta 150 mg/dL	ASAT	hasta 40 U/L
HDL	mayor de 40 mg/dL	ALAT	hasta 37 U/L
LDL	hasta 130 mg/dL	FAL	98-279 U/L
Ald	hasta 7,6 U/L	CK	hasta 190 U/L

Tabla III. Perfil hematológico en no entrenados y futbolistas de élite

Parámetro	No entrenados (n=16)	Fútbol élite (n=32)	p
Hto	44,9±2,7	42,6±2,1	0,003
GB	7501±1263	6711±1548	ns
Plaq	245380±32004	220090±37286	0,025
Fe	120,00±41,46	97,53±26,91	0,028
Tf	263,00±26,44	249,66±32,83	ns
Sat	45,76±15,28	39,32±10,22	ns
VCM	87,11±2,67	87,15±1,91	ns
HCM	29,76±1,05	29,05±0,97	ns
CMHC	34,17±0,53	33,35±0,69	ns

## Discusión

La realización de un trabajo de pretemporada es una práctica que se realiza tanto en el ámbito del fútbol profesional como en otros deportes. A este período se lo considera una preparación general de entrenamiento que orienta al deportista a mejorar sus cualidades físicas de base: fuerza, velocidad, flexibilidad y capacidad aeróbica, con el objetivo de obtener el máximo rendimiento

(17). Esta condición se convierte en primordial para aquellos atletas que hacen del deporte su vida, su trabajo y su futuro. Ellos constituyen el grupo de *élite*, conformado así por jugadores entrenados para el alto rendimiento deportivo. Conocer y evaluar los cambios metabólicos y hormonales que ocurren durante la práctica deportiva, puede resultar un buen indicador de la respuesta bioquímica del deportista ante la eventual exigencia a la que será sometido en la competencia (14).

Tabla IV. Perfil endocrinológico en no entrenados y futbolistas de élite

Parámetro	No entrenados (n=16)	Fútbol élite (n=32)	p
C	15,59±4,01	14,83±3,24	ns
T	5,91±1,63	6,06±1,50	ns
TI	18,50±5,68	18,52±5,64	ns
T/C	0,39±0,13	0,44±0,15	ns
TSH	2,21±0,86	1,76±0,75	0,07

Tabla V. Resultados del perfil lipídico

Parámetro	No entrenados (n=16)	Fútbol élite (n=32)	p
Col	170,63±27,46	169,41±27,78	ns
TG	90,25±29,85	85,22±48,80	ns
HDL	48,13±8,12	51,31±7,03	ns
LDL	104,50±27,70	101,59±24,01	ns
TG/HDL	1,96±0,81	1,69±0,95	ns

Tabla VI. Resultados del perfil electrolítico

Parámetro	No entrenados (n=16)	Fútbol élite (n=32)	p
Ca <sup>2+</sup>	4,99±0,20	5,29±0,18	<0,0001
Ca	9,26±0,37	9,81±0,33	<0,0001
Mg	2,11±0,13	2,03±0,12	0,071
Na	140,5±3,27	139,63 ±1,52	ns
K	4,24±0,32	4,22±0,37	ns

Tabla VII. Resultados del perfil de metabolitos y proteínas

Parámetro	No entrenados (n=16)	Fútbol élite (n=32)	p
Glu	94,44±6,34	87,69±7,07	0,002
U	33,38±5,67	38,02±8,18	0,039
Cr	1,06±0,11	1,03±0,08	ns
ÁU	4,87±0,84	4,48±0,60	0,071
BiT	1,01±0,51	0,64±0,32	0,003
BiD	0,18±0,07	0,15±0,08	ns
BiI	0,77±0,48	0,49±0,26	0,009
PT	7,88±0,29	7,39±0,34	<0,0001
Alb	4,66±0,17	4,67±0,22	ns

Tabla VIII. Resultados del perfil enzimático

Parámetro	No entrenados (n=16)	Fútbol élite (n=32)	p
ASAT	23,63±5,44	23,94±7,77	ns
ALAT	23,63±13,10	29,34±9,65	ns
FAL	195,25±56,72	210,59±66,59	ns
CK	129,56±31,04	372,22±211,73	<0,0001
Ald	3,36±1,80	8,89±4,37	<0,0001

Desde el punto de vista bioquímico, los planteos se generan por el análisis de los parámetros que se modifican durante la práctica de una actividad deportiva. Se formulan los siguientes cuestionamientos: ¿qué medir?, ¿en qué momento?, ¿con qué frecuencia?, y ¿qué tipo de muestra debe utilizarse?

Este trabajo está orientado al estudio de diferentes perfiles bioquímicos, a través del análisis de los resultados obtenidos. Se estudiaron los perfiles: hematológicos, endocrinológico y de química clínica en jugadores de fútbol de *élite* y en personas no entrenadas.

Los resultados del perfil hematológico estudiado son menores en los jugadores de fútbol de *élite*, al compararlos con el grupo de los no entrenados. Esto puede explicarse considerando que existe una situación de hemodilución en los deportistas altamente entrenados. De la bibliografía médica se extrae el término “anemia del deportista”, definido por estados anémicos límite (*borderline*), de individuos que practican alguna actividad física de modo regular. Esto es debido a efectos hemodilucionales, por lo que no se considera una real condición de anemia, sino una adaptación reológica al entrenamiento. Desde esta perspectiva, el diagnóstico de “anemia verdadera” debe evaluarse desde los aspectos clínicos y por los parámetros hematimétricos (MCHC), que no son afectados por la dilución (18-20).

El aumento del volumen plasmático, además, incrementa el ritmo cardíaco, facilitando la llegada de oxígeno al músculo (21). Esta hemodilución explica los descensos obtenidos en el hematocrito (estadísticamente significativo), en el recuento de leucocitos (estadísticamente no significativo) y en las plaquetas (estadísticamente significativo).

En lo que respecta al aspecto endocrinológico del deportista, se sabe que el cortisol tiene importantes funciones durante el ejercicio como regular la presión sanguínea y la función cardiovascular. Interviene principalmente en la provisión de glucosa al cerebro, regulando la contribución de los tres combustibles (glucosa, grasas y proteínas). Su secreción se incrementa ante cualquier situación de estrés, física o psicológica, siendo el entrenamiento deportivo un gran generador de cortisol. En un deportista, que persigue aumentar su masa corporal, disminuir su tejido adiposo y mejorar su rendimiento, la acción catabólica del cortisol, si su concentración es elevada, puede ser nociva (22).

Cuando un deportista está sobreentrenado, los niveles sanguíneos de cortisol aumentan, mientras que los de testosterona y testosterona libre disminuyen, debido al efecto adverso del cortisol. Para medir estados de fatiga crónica, la bibliografía reporta el uso del cociente testosterona/cortisol. La disminución de este índice sugiere un desbalance de los procesos catabólicos y anabólicos. Algunos autores sugieren que el cortisol sérico se normaliza luego de períodos de entrenamiento superiores a las cinco semanas, y la relación de este índice

no se altera, como consecuencia de la capacidad adaptativa del organismo. La bibliografía consultada indica un valor de referencia para este cociente, superior a 0,3 (23). En los resultados obtenidos se observa un índice dentro del rango de referencia y similar entre los dos grupos. Se justifica este hallazgo al considerar que la etapa de pretemporada está bien planificada y tiene como objetivo la estabilización y adaptación del deportista.

En cuanto a las hormonas tiroideas, estos resultados reflejan una disminución débilmente significativa de la TSH. El ejercicio agudo y prolongado produce supresión de tiroxina, pero existe un mecanismo de estímulo central que hace que aumente la TRH (hormona liberadora de TSH), lo que produce un estímulo para la producción de T4. En consecuencia, los cambios en las hormonas tiroideas producidos por la actividad deportiva son pequeños, y no tienen, de acuerdo con otros autores, relevancia clínica (24).

No se observó variación estadística entre los grupos en el perfil lipídico estudiado, pero se conoce que la intensidad y duración de una actividad física marcan efectos beneficiosos sobre el mismo. Si bien permanece en estudio, se considera necesario un trabajo de entrenamiento prolongado para influir sobre los niveles plasmáticos de HDL y LDL (25).

El ejercicio puede modificar el balance entre las especies oxidantes y antioxidantes circulantes y favorecer la peroxidación de las lipoproteínas de baja densidad. El incremento en el metabolismo producido por el ejercicio, induciría un aumento en la producción de especies reactivas de distintas fuentes acarreamo un potencial daño, a la vez que se inducen especies necesarias para el proceso adaptativo (26) (27). Del generalmente aceptado concepto del rol beneficioso de la actividad física sobre la prevención de la enfermedad cardiovascular, surge como una paradoja que se considere al entrenamiento aeróbico como generador de un gran consumo de oxígeno, con un pronunciado estrés oxidativo. La oxidación de las LDL es un paso importante en la formación de placas aterogénicas, proceso susceptible de ser inhibido por las HDL, a través de su propia oxidación y de su asociación con enzimas, lo que se considera como una respuesta ante el aumento del estrés oxidativo (28). Se sugiere que el ejercicio aeróbico incrementa los niveles de HDL y la capacidad antioxidante del plasma, pudiendo conformar una protección adicional para inhibir la oxidación de las LDL y el consumo de antioxidantes liposolubles. En estos resultados se observa en el grupo de *élite*, de manera estadísticamente no significativa, un aumento de las HDL y una disminución de las LDL y los triglicéridos. Se considera que la realización de estudios más profundos, como la medida de la oxidabilidad de las LDL, sería de un mayor aporte para la verificación de esta situación lipídica particular. Estudios realizados en relación al efecto protector de las

HDL sobre las LDL, consideran el cociente TG/HDL, asociado principalmente a la insulino-resistencia (29). Considerando que el tipo de deportistas estudiados mejoran su sensibilidad a la insulina, se ha calculado este índice, no observando diferencias estadísticamente significativas entre los grupos.

Se considera a las hemoproteínas (hemoglobina y mioglobina), como inductoras de estrés oxidativo. Los niveles de metamioglobina se incrementan durante la realización de ejercicios de alta intensidad. Tanto la mioglobina como la hemoglobina tienen la capacidad en el medio adecuado, de generar especies reactivas de oxígeno (ROS) y de aumentar la reactividad de las que se generan por otros mecanismos. El resultado final de este proceso es la obtención de peróxidos, que reaccionan con las hemoproteínas férricas formando sustancias fuertemente oxidantes, iniciadoras de la peroxidación lipídica (30). La participación del hierro en estas reacciones, incrementadas por la actividad física, explicaría los hallazgos de los valores estadísticamente menores de ferremia en estos deportistas.

En los futbolistas estudiados se verifica un significativo incremento en las concentraciones de calcio y calcio iónico, lo que evidencia una mayor disponibilidad del mismo. Se observa una disminución débilmente significativa del magnesio sérico. De acuerdo a la bibliografía es probable que no refleje una verdadera disminución del ión a nivel muscular. En este trabajo el sodio y el potasio se mantienen en valores similares en los dos grupos estudiados (31).

Los electrolitos más comprometidos con el metabolismo y fisiología muscular son calcio, magnesio, potasio y sodio, como responsables de la excitabilidad nerviosa y muscular. Las concentraciones extracelulares de magnesio son críticas para el mantenimiento de la misma, a través de la generación de potenciales eléctricos en las membranas celulares y de la transmisión de los impulsos nerviosos a las uniones mioneurales (32).

La fatiga muscular y otros síntomas precoces de deficiencia de magnesio se relacionan con disminuciones en su concentración a nivel muscular y no se detectan a nivel sérico. El calcio, imprescindible para la realización de actividad física, interviene en el proceso de excitación y contracción del músculo esquelético. El sodio contribuye decisivamente a mantener el volumen del líquido extracelular y estimula la absorción intestinal de hidratos de carbono y agua, necesarios para reponer las reservas energéticas.

La excreción de los iones nombrados durante el ejercicio es mayor y su utilización en los procesos fisiológicos también. Algunos autores han sugerido que los requerimientos de estos iones son mayores en los individuos que realizan deporte, comparados con aquellos que se mantienen sedentarios. Se consideran, además, necesidades dietarias diferentes en ambos grupos (33) (34).

En relación a la glucemia, de los resultados obtenidos en el grupo de los jugadores de *élite*, se observa que se encuentran dentro del rango de referencia reportado, pero con un descenso estadísticamente significativo en relación con los no entrenados. De acuerdo a la bibliografía consultada, estos resultados serían el producto de: un incremento en la capacidad de depósito (glucógeno); un aumento en la actividad enzimática involucrada en su regulación metabólica; y de un incremento de su capacidad de ingreso a la célula, debida al aumento de la sensibilidad a la insulina e inducción de la expresión de Glut4 en el músculo (35). Se cree que en períodos de recuperación, existe una elevación de la insulina que disminuye la liberación de glucosa hepática y contribuye al aumento de la captación del hígado de precursores gluconeogénicos, principalmente lactato, y piruvato, y en menor medida, alanina. El músculo mantiene la captación de glucosa 3 a 4 veces por sobre los niveles basales (36). Por lo anteriormente citado, se sabe que la glucosa tiende a permanecer estable en sangre durante el ejercicio. La normoglucemia se mantiene por medio de los mecanismos hormonales y los inducidos durante la actividad física. Desde el punto de vista del entrenamiento ¿Cuál es el significado fisiológico de la glucemia? Si bien no es un parámetro de alta especificidad, porque la utilización de glucosa no es exclusiva del músculo y su nivel sanguíneo depende de otros factores como la dieta, en algunos casos de deportistas con fatiga crónica, como respuesta al entrenamiento, se han observado cuadros de hipoglucemia (37).

Del estudio de las proteínas y los compuestos nitrogenados en la población de los deportistas estudiados en su relación con los no entrenados, se desprende: una disminución en los niveles séricos de proteínas totales (significativa) y de ácido úrico (débilmente significativa); y un aumento en los niveles séricos de urea (significativa); los tres parámetros bioquímicos se encontraron dentro del rango de referencia reportado. Estos resultados son consecuencia del proceso de recambio proteico producido, aunque su permanencia dentro de los valores de referencia permite inferir una adaptación adecuada al entrenamiento (37) (38).

En el caso particular de la urea, producto de la degradación de las proteínas, el incremento de su concentración sanguínea indica una elevación del catabolismo proteico. Algunos autores la consideran un parámetro que refleja la intensidad y recuperación del entrenamiento. Durante el ejercicio ocurre un desequilibrio metabólico general entre catabolismo y anabolismo, es por eso que se acepta a la urea como un indicador de la intensidad del entrenamiento (39) (40).

Se observa un aumento significativo en los valores de actividad sérica de las enzimas creatinquinasa (CK) y aldolasa (Ald); la CK participa en el metabolismo muscular y el incremento de su actividad es considerable luego



de la realización de actividad física e indica el grado de adaptación metabólica del músculo esquelético. Se ha reportado que el aumento de su actividad sérica presenta un pico a las seis horas posteriores al ejercicio, retornando a los valores basales luego de 48 h de reposo (11). Otros autores relacionan los aumentos de su actividad con el daño muscular, el proceso inflamatorio y el aumento de la permeabilidad de la membrana de la célula muscular, inducidos por el desarrollo de una actividad deportiva. (41). Esta enzima, marcador bioquímico del entrenamiento físico, presenta en el suero de adultos sanos dos isoenzimas: CK-MM y CK-MB. Alteraciones del músculo esquelético producen aumentos séricos de ambas isoenzimas, siendo mayoritario el aporte de la isoenzima MM, específica de músculo esquelético (42).

La Ald es una enzima citoplasmática glicolítica que puede presentar dos isoenzimas, una de origen muscular y otra de síntesis hepática. Su relación con la actividad física no es tan clara como en el caso de la CK (43). Los cambios en su actividad sérica, desde la clínica, se relacionan más con enfermedades musculares, principalmente con distrofias musculares progresivas que con hepatopatías (44).

## Conclusiones

Del presente trabajo se desprende que los resultados obtenidos de todos los parámetros bioquímicos estudiados, a excepción de las enzimas aldolasa y creatinquinasa se encuentran dentro del rango de referencia establecido.

Del análisis de cada perfil bioquímico motivo del estudio y con fuerza estadística se puede concluir que:

- Se observa una disminución estadísticamente significativa en el hematocrito, hierro, plaquetas y bilirrubina total (a expensas de la fracción no conjugada o indirecta) que, sumada al estudio realizado de los índices hematimétricos, se relaciona con la pseudoanemia del deportista, asociada a la expansión plasmática fisiológica del ejercicio.
- No se observa variación estadísticamente significativa en los parámetros del perfil endocrinológico estudiado. Se obtiene una disminución débilmente significativa para la TSH, como consecuencia de una mayor eficacia de la hormona durante el ejercicio, ya que su producción es regulada por un mecanismo de retroalimentación negativa, tendiente al equilibrio dinámico.
- No se observan variaciones estadísticamente significativas en los parámetros estudiados relacionados con el perfil lipídico; se observa un aumento de las HDL y una disminución de las LDL sin peso estadístico, posiblemente relacionados con

el efecto protector de una lipoproteína sobre la otra.

- En relación a los iones estudiados, se observa una disminución significativa en el magnesio, producto del consumo del mismo por parte de las enzimas involucradas, tanto en los procesos metabólicos aeróbicos como anaeróbicos propios del ejercicio físico.
- Se observa un aumento significativo en los niveles de calcio, relacionado principalmente con una mayor disponibilidad del mismo.
- Se observa una disminución estadísticamente significativa de las proteínas totales y de la glucemia y un aumento estadísticamente significativo de la urea, relacionado con una adaptación generada por el incremento del metabolismo energético y recambio proteico, inducido por el ejercicio.
- Se observa aumento significativo de las enzimas propias del músculo esquelético: Ald y CK, relacionadas directamente con la lisis de la fibra muscular, producto del entrenamiento.

Del estudio realizado por regresión logística, se observa que el parámetro que indica pertenencia al grupo jugadores de fútbol de *élite* es sólo la enzima CK ( $p=0,002$ ;  $odds\ ratio=1,049$  - IC: 1,017-1,082).

Del estudio realizado se sugiere que la interpretación de los resultados obtenidos, si bien son diferentes entre los dos grupos (entrenados y no entrenados), mejoraría al aumentar el tamaño muestral.

En relación a CK, claro marcador de pertenencia de grupo y cuyos valores obtenidos están por encima del valor de referencia establecido para una población adulta, se puede sugerir que:

- Se debería implementar un valor de referencia diferente para esta población (entrenados de *élite*). El mismo será normalmente superior al de la población que no realiza una actividad física en forma continua.
- En los futbolistas estudiados se observa un marcado incremento de su actividad, que varía en cada individuo, por lo que sería de gran utilidad establecer valores de corte adecuados para diferenciar el aumento fisiológico propio del ejercicio, del valor patológico que llevaría a la posibilidad de lesión muscular.

Esta implementación sería de utilidad para la interpretación correcta del valor de la actividad obtenida, tanto para los laboratorios de rutina que trabajan con este tipo de muestras, como para los médicos deportólogos que ante pequeños aumentos de la actividad, puedan actuar en forma inmediata sobre su paciente (jugador) e impedir una lesión muscular importante.

Se considera así que la Bioquímica Deportiva es una especialización de Bioquímica Clínica que contribuye con la medicina deportiva en el estudio de los cambios metabólicos producidos durante el ejercicio, la capacidad de trabajo y la recuperación de los deportistas.

Es por esta vía que se incluye la idea que el deporte es también objeto de estudio del laboratorio bioquímico y la implementación de los conocimientos científicos en forma práctica y adecuada permite ayudar al profesional médico a tomar decisiones oportunas y acertadas.

#### CORRESPONDENCIA

DRA. MARÍA BEATRIZ DI CARLO  
Dpto de Bioquímica Clínica  
Facultad Farmacia y Bioquímica - UBA  
Junín 956 - CABA (1110)  
E-mail: dicarlo@ffyb.uba.ar

### Referencias bibliográficas

- Saravín JR. La iniciación deportiva y la intervención del adulto. Algunas reflexiones desde la perspectiva didáctica. *Rev Digi Universidad de Málaga* 2000; año 5: 26. Disponible en: URL: <http://www.efdeportes.com> (Fecha de acceso: 15 de octubre de 2007).
- Parlebas, P. *Juegos, deportes y sociedades*. Léxico de praxología motriz. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2001.
- Definición de medicina del deporte. Federación Internacional de Medicina Deportiva. Disponible en: URL: <http://www.fims.org>. (Fecha de acceso: 31 de marzo de 2008).
- Benitez-Franco C. *Medicina del Deporte*. Medicina preventiva. Introducción, definiciones. Congreso Internacional de Medicina del Deporte - XV Juegos Panamericanos, Río de Janeiro, 2007). Disponible en: URL: <http://www.deporteymedicina.com.ar> (Fecha de acceso 29 de junio de 2007).
- Mazza JC. Mediciones Antropométricas. Estandarización de las técnicas de medición, actualizadas según parámetros internacionales. *Actualización en Cs. del deporte* 1993; 1(2): 24-32.
- Negrín-Perez RI, Salt-Gómez MJ. Las ciencias biológicas, su tratamiento metodológico y su importancia en la formación de los profesionales de la cultura física. *Rev Digi Universidad de Málaga* 2001; 7: 43. Disponible en: URL: <http://www.efdeportes.com> (Fecha de acceso: 21 de marzo de 2008).
- Wilmore JH, Costill, DL. *Fisiología del deporte y del esfuerzo*. Barcelona: Editorial Paidotribo, 2004; 3-11.
- Insúa MF. Sistemas energéticos. *Biología Celular. Fisiología del ejercicio*. Disponible en: URL: <http://www.futbolrendimiento.com.ar> (Fecha de acceso: 22 de enero de 2007).
- Metral G. Sistemas energéticos. *Grupo de recursos en ciencias del ejercicio*, 2000; 33. Disponible en: URL: <http://www.sobreentrenamiento.com> (Fecha de acceso: 31 de enero de 2008).
- Díaz Hernández F, Carabeo Delgado Á. La recuperación del deportista. *Revista Dig Universidad Católica de Ávila, Cuba* 2001; 7: 41. Disponible en: URL: <http://www.efdeportes.com>. (Fecha de acceso: 24 de junio de 2009)
- Gleeson M. Biochemical and immunological markers of overtraining. *J Sports Sci Med* 2002; 2: 31-41.
- Lac G, Maso F. Marcadores biológicos para seguimiento de deportistas a lo largo de la temporada de entrenamiento. *Pathol Biol* 2004; 52: 43-9.
- Meléndez Ortega A, Gross González M, Calderón Montero FJ, Benito Peinado PJ. Control biológico del entrenamiento de resistencia. *Rev Int Ciencias del Deporte* 2006; 2(2): 65-87.
- Kreider RB, Fry, Andrew C, O'Toole ML. Nutritional considerations of over-reaching and overtraining. Central fatigue hypothesis and overtraining. *Overtraining in sports. Human Kinetics* 1998; 15: 309-13.
- Pautas éticas internacionales para la investigación biomédica en seres humanos**. Consejo de Organizaciones Internacionales de las Ciencias Médicas (CIOMS) en colaboración con la Organización Mundial de la Salud, Ginebra, 2002
- Principios Éticos para las Investigaciones Médicas en Seres Humanos. Declaración de Helsinki de la Asociación Médica Mundial, 59ª Asamblea General, Seúl-Corea, 2008.
- Benítez Franco C. Evaluación morfológica y funcional en futbolistas profesionales. Disponible en: URL: <http://www.deporteymedicina.com.ar> (Fecha de acceso: 21 de julio de 2008).
- Bonilla J, Narváez R, Chuaire L. El deporte como causa de estrés oxidativo y hemólisis. *Colombia Médica* 2005; 36(4): 281-6.
- Smith JA, Martin DT, Telford RD; Ballas SK. Greater erythrocyte deformability in world-class endurance athletes. *Am J Physiol* 1999; 276(6): 2188-93.
- Legaz Arrese A. Atletismo español: análisis básico de la pseudoanemia, anemia ferropénica y anemia megaloblástica. *Rev Int Med Ciencias de la Activ Fís Deporte* 2000; 1(1): 65-83.
- Crenades Arroyo D. Ciclismo, nutrición y hierro; 2005-Art 442. Disponible en: URL: <http://www.sobreentrenamiento.com> (Fecha de acceso: 14 de marzo de 2008).
- Calvé San Juan O. Cambios hormonales de la testosterona y el cortisol en respuesta al entrenamiento de resistencia en atletismo. (Tesis doctoral). Departamento de Bioquímica, Biología Molecular, y Fisiología. Universidad de Valladolid; 2003; Capítulo II: 57-62.
- Fucks K, Insúa MF. El cortisol y la composición corporal. Disponible en URL: <http://www.futbolrendimiento.com.ar> (Fecha de acceso: 27 de diciembre, 2007).
- Wilmore JH, Costill David L. *Fisiología del deporte y del esfuerzo*. Barcelona: Editorial Paidotribo; 2004; 167-171.
- Boraita A. La práctica deportiva mejora el perfil lipídico plasmático, pero ¿a cualquier intensidad? *Rev Esp Cardiol* 2004; 57: 495-8.
- Klappinska B, Kempa K, Sobczak A, Sadowska-Krepa E, Jagsz S, Szoltysek I. Evaluation of autoantibodies against oxidized LDL and blood antioxidant status in

- professional soccer players. *Int J Sport Science* 2005; 26 (1): 71-8.
27. Aldred S. Oxidative and nitrative changes seen in lipoproteins following exercise. *Atherosclerosis* 2007; 192(1); 1-8.
  28. Brites F, Zago V, Verona J, Muzzio ML, Wikinski R, Schreier L. HDL capacity to inhibit LDLoxid in well trained triathletes. *Life Sci* 2006; 78: 3074-81.
  29. Brites F, Evelson PA, Garcia Christiansen M, Nicol MF, Basílico MJ, Wikinski RW, *et al.* Soccer players under regular training show oxidative stress but improved plasma antioxidant status. *Clin Sci* 1999; 96: 381-5.
  30. König D. Exercise and oxidative stress: significance of antioxidants with reference to inflammatory, muscular, and systemic stress. *Exerc Immunol Rev* 2001; 7: 108-33.
  31. Rosés JM. Los electrolitos: potasio, calcio, magnesio y sodio en el rendimiento físico. *Rev Profesional Farmacéutica Acofar* 2002; 423: 38-40.
  32. Fleet JC, Cashman KD. Conocimientos actuales sobre nutrición. 8ª Edición. Washington DC: OPS/OMS e Instituto Internacional de Ciencias de la Vida. Publicación científica y técnica n° 592; 2003; 8: 318-9.
  33. Evans WJ. Conocimientos actuales sobre nutrición. 8ª Edición. Washington DC: OPS/OMS e Instituto Internacional de Ciencias de la Vida. Publicación científica y técnica n° 592; 2003; 3: 24-6.
  34. Insúa MF. Radicales libres, estrés oxidativo y ejercicio. *Lecturas: Educación física y deportes*, ISSN 1514-3465, N°. 66, 2003 Disponible en: URL: <http://www.efdeportes.com> (Fecha de acceso: 30 de noviembre de 2009).
  35. Greiwe JS, Holloszy JO, Semenkovich CF. El ejercicio induce a las proteínas lipoproteínlipasa y Glut4 en el músculo independientemente de la señalización por medio de los receptores adrenérgicos, 2003; 198. Disponible en: URL: <http://www.sobreentrenamiento.com> (Fecha de acceso: 14 de junio de 2009).
  36. Minuchin P. Transportadores de glucosa y ejercicio físico. Resúmenes XIV Congreso Argentino de Nutrición. *Rev Conexión abierta (UAI)* 2002 ; 4(8): 76-80.
  37. Bigard AX, Guezennec CY. Protein metabolism during strength exercises *Nutrition Clinique et Métabolisme* 1993; 7(3): 245-54.
  38. Lopategui Corsino E. La función de las proteínas en el ejercicio y la actividad física. *Fisiología del ejercicio. Ciencias de la salud y el movimiento*. Disponible en: URL: <http://www.saludmed.com> (Fecha de acceso: 23 de febrero de 2007).
  39. Hellin JJ, García Arumí E, Schwartz Riera S. Técnicas y métodos de investigación en nutrición humana. *Novartis farmacología*. Buenos Aires: Ed Glosa-S.L.; 2002; 8:183-4.
  40. Maquirriáin J. Nuevas teorías sobre la fatiga del ejercicio. *Medicina y tenis on line* 2004; 5(20). Disponible en: URL: <http://itftennis.com> (Fecha de acceso: 23 de febrero de 2007).
  41. Brancaccio P, Limongelli MF, Maffulli N. Monitoring of serum enzymes in sport. *Br J Sport Med* 2006; 40: 96-7.
  42. Wu A. Creatinkinase isoenzymes and variants. *Cardiac markers*. New Jersey: Human Press;1998; 7: 118-20.
  43. Tzvetanova E. Aldolase isoenzymes in patients with progressive muscle dystrophy and in human fetuses. *Clin Chem* 1971; 17(9): 926-30.
  44. Castaldo G. Quantitative analysis of aldolase A mRNA in liver discriminates between hepatocellular carcinoma and cirrhosis. *Clin Chem* 2000; 46 (7): 901-6.

**Aceptado para su publicación el 10 de agosto de 2012**