

UNIVERSIDAD NACIONAL
SISTEMA DE ESTUDIOS DE POSGRADO
MAESTRÍA EN SALUD INTEGRAL Y MOVIMIENTO HUMANO
FACULTAD CIENCIAS DE LA SALUD
ESCUELA CIENCIAS DEL DEPORTE

**LA CREATININASA Y UREA SÉRICA PRE Y POS
COMPETICIÓN, COMO INDICADORES DEL DAÑO
MUSCULAR Y EL GASTO PROTEICO
RESPECTIVAMENTE, EN UN GRUPO DE
JUAGADORES DE FÚTBOL DE LA PRIMERA
DIVISIÓN DE COSTA RICA.**

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de Postgrado en Salud Integral y Movimiento Humano con mención en rendimiento deportivo, para optar por el título de Magíster Scientiae.

OSCAR MILTON RIVAS BORBÓN

Campus Presbítero Benjamín Núñez, Heredia, Costa Rica.

2007

I

La creatinquinasa y urea sérica pre y pos competición, como indicadores del daño muscular y el gasto proteico respectivamente, en un grupo de jugadores de fútbol de la primera división de Costa Rica.

Oscar Milton Rivas Borbón.

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de Postgrado en Salud Integral y Movimiento Humano en Rendimiento Deportivo, para optar por el título de Magíster Scientiae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Postgrado de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Miembros del Tribunal Examinador

Presidente Consejo Central de Postgrado o representante

Dr. Pedro Ureña Bonilla
Director Maestría en Salud Integral
Y Movimiento Humano.

M.Sc. Luis Blanco Romero
Tutor

M.Sc. Jorge Salas Cabrera
Asesor

M.Sc. Harry González Barrantes
Asesor

Lic. Oscar Milton Rivas Borbón.

Tesis sometida a la consideración del Tribunal Examinador de Tesis de Postgrado en Salud Integral y Movimiento Humano en rendimiento deportivo, para optar por el título de Magíster Scientiae. Cumple con los requisitos establecidos por el Sistema de Estudios de Postgrado de la Universidad Nacional. Heredia, Costa Rica.

Resumen

El fin de este estudio fue determinar los niveles de concentración de actividad sérica de creatinquinasa y urea, con el objeto de valorar el daño muscular y el gasto metabólico proteico inducido por la competición, en un grupo de futbolistas de un equipo de la primera división de Costa Rica. Esta investigación se realizó durante el torneo de clausura 2006-07 del campeonato nacional. Además, la toma de sangre se realizó un día antes y dos días después de la competencia durante tres partidos, y dicha toma fueron recolectadas de todos los jugadores que fueron convocados al partido.

Para efectos de la investigación, del grupo total de jugadores que participaron en el estudio (N= 45), se determinaron dos grupos; el grupo de jugadores que compitió se le denominó grupo SC (n = 31), y el grupo de jugadores que no compitió, se le denominó grupo NC (n = 14). Los requisitos para participar en el estudio, era que para pertenecer al grupo SC, debían haber participado del juego durante la menos 70 minutos, que hubiesen estado desde el principio en el torneo de clausura, y por último que no hubiesen sufrido ningún trauma muscular importante en la competición. La ideas de establecer los dos grupos, era observar el efecto de la competencia sobre el comportamiento de la actividad sérica de CK y urea en un grupo con y otro sin competencia.

El comportamiento sérico de la CK y urea fue estudiado en conjunto con otra variables, tanto pre, como pos partido, y en ambos grupos preestablecidos. Se aplicó la t student para comparar los valores promedios y observar si las diferencias eran significativas. Además, se aplicó la r de pearson para correlacionar la urea y CK. Por último, para determinar la relación edad y posición de juego con las variables dependientes, se utilizó el análisis estadístico de variancia (ANOVA) de una sola vía.

Los resultados reportaron que la actividad sérica de CK y urea pre competición fue muy similar en ambos grupos, no obstante, los resultados pos competencia indicaron un incremento significativo ($p < .05$) de CK, mientras que la concentración de la urea se mantuvo similar. Los jugadores de grupo NC disminuyeron significativamente ($p < .01$) el nivel de actividad de CK pos competencia, y la urea al igual que el grupo SC se mantuvo sin variación significativa.

Respecto a la relación de la edad y la posición de juego, con actividad sérica de CK y urea, se determinó que no hubo relación significativa, no obstante, sobre la variable edad se observó una tendencia a una menor actividad de CK en los jugadores del rango de menor edad (19-23 años).

Se concluyó, que el incremento de actividad de CK que produjo la competencia en el grupo SC, indujo a un daño muscular importante, mientras que por otro lado, se consideró –entre otros elementos- que la

Intensidad y volumen de los esfuerzos realizados por los futbolistas en la competencia, aparentemente no fueron lo suficiente como para provocar concentraciones de urea significativas.

Por otro lado, también se determinó que hubo poca significancia entre la relación edad y posición de juego, con los niveles de actividad sérica de CK y urea. Y por último, tampoco se observó una correlación ($r = .03$; $p > .05$) entre las variables urea y CK.

Agradecimiento

Ante todo a mi esposa e hijos; Oscar Miguel y Álvaro Andrés, por que siempre fueron fuente de motivación para poder proseguir mis estudios de maestría.

Además, agradecerles a mi Madre y Padre su lucha para que yo estudiase, ya que sin el apoyo que me brindaron en su momento, difícilmente hubiese logrado este título.

También, agradecerle a los compañeros Dr. Pedro Ureña B. y al Lic. Harry Fernández S., toda la asesoría brindada en la elaboración de este documento final.

Y por último, agradecerle infinitamente a Dios por haberme dado la oportunidad de poder estudiar y finalizar mis estudios de postgrado.

TABLA DE CONTENIDOS

	Páginas
Agradecimientos -----	VI
Dedicatoria -----	VII
Índice de tablas -----	XI
Índice de gráficos -----	XII

CAPÍTULOS.

I Introducción.

Planteamiento del problema -----	1
Justificación -----	1
Objetivo general -----	6
Objetivos específicos -----	6
Conceptos claves -----	7

II Marco conceptual.

Significado clínico y fisiológico de la urea -----	10
Significado clínico y fisiológico de la creatinquinasa (CK) -----	12
Valoración del control bioquímico de la actividad física y el deporte -----	13
Investigaciones sobre la actividad sérica de CK y urea en el ámbito del deporte de rendimiento y la actividad física -----	15

Valores de la creatinquinasa y urea dentro del deporte y la actividad física -----	24
La actividad sérica de creatinquinasa y urea, y su relación con la recuperación física -----	33
III Metodología.	
Sujetos -----	34
Materiales e instrumentos -----	35
Procedimientos -----	36
Análisis estadístico -----	38
IV Resultados -----	39
V Discusión -----	47
VI Conclusiones -----	56
VII Recomendaciones -----	58
Bibliografía -----	60

INDICE DE TABLAS

	Página
Tabla 1. Valores de creatinquinasa y urea para individuos del sexo masculino (Laboratorio clínico LABIMED) -----	28
Tabla 2. Resultados de la actividad de CK sérica después de realizar diversas cargas semanales. -----	29
Tabla 3. Valores séricos promedio de CK pre y pos competencia del grupo SC de los tres partidos -----	39
Tabla 4. Resultados de CK pre y pos competencia del grupo SC del total de los tres partidos. -----	40
Tabla 5. Resultados de CK pos competencia tanto del grupo SC, como del grupo que NC, del total de los tres partidos -----	41
Tabla 6. Valores séricos promedio de urea pre y poscompetencia del grupo SC, de los tres partidos -----	42
Tabla 7. Resultados de urea pos competencia del grupo SC, del total de los tres partidos -----	43
Tabla 8. Resultados de urea pos competencia tanto del grupo SC, como del grupo NC, de la suma de los tres partidos -----	43
Tabla 9. Valores promedio de CK pos competencia según puesto -----	44

Tabla 10. Valor promedio de urea pos competencia de los jugadores
Según los puestos ----- 45

Tabla 11. Resultados en las concentraciones séricas de CK pos partido
según los diversos grupos de edades ----- 45

Tabla 12. Resultados en la concentraciones séricas de urea pos partido
según los diversos grupos de edades ----- 46

INDICE DE GRÁFICOS

	Página
Gráfico 1. Evolución de la concentración de CK en suero en relación a la carga de entrenamiento -----	25
Gráfico 2. Respuesta de la urea en relación a la carga de entrenamiento -----	27
Gráfico 3. Diagrama de las diversas tomas sanguíneas -----	38

Capítulo I

INTRODUCCIÓN

Planteamiento y delimitación del problema.

Normalmente, cuando se compite solo una vez a la semana durante el período competitivo en el fútbol de primera división de Costa Rica, los equipos inician su microciclo de entrenamiento dos días después de haber competido, ya que el primer día se utiliza como descanso en muchas ocasiones y en otros se utiliza como entrenamiento de regeneración. Por tanto, se podría decir en realidad que las cargas de entrenamiento dirigidas a estimular el desarrollo o mantenimiento de las diversas capacidades físicas, empieza el segundo día después de la competición. No obstante, ante esta situación se podrían plantear una serie de interrogantes de orden físico, como: ¿después de transcurrir los dos días de competencia, presentarán fatiga crítica o se habrán recuperado del daño muscular y gasto proteico los futbolistas, producto de la competencia?, y así mismo ¿estarán en disposición muscular y metabólica (respecto al gasto proteico) los organismos de los jugadores para recibir estimulación de trabajo físico al inicio del microciclo de entrenamiento?

Justificación.

Cada día toma mayor interés en el fútbol de rendimiento, la planificación científica de las cargas de entrenamiento, de ahí que cada vez se vuelve un imperativo el obtener mayor información sobre la asimilación de las cargas de trabajo físico que se dan durante el entrenamiento y competencia por parte de los deportistas. Esto con la finalidad de detectar posibles síntomas de fatiga o sobreentrenamiento, observar los niveles de recuperación o asimilación de las cargas, tanto pos entrenamiento, como pos competencia. Ello brindará

criterios para programar sesiones de entrenamiento diarias o semanales, que respondan a principios del entrenamiento como; individualidad, sobrecarga, supercompensación y a su vez a los niveles de recuperación fisiológica de cada atleta.

No obstante, en la práctica se tiene como norma generalizada que la programación de los componentes de la cargas de entrenamiento, se den de acuerdo al planteamiento de un determinado modelo teórico establecido en la literatura especializada, o simplemente siguiendo la experiencia e intuición del planificador de las cargas del trabajo físico y no a informaciones inmediatas detectadas en el entrenamiento o competencia, que le podrían dar un mayor soporte científico y técnico a la programación de las cargas.

Sin embargo, la determinación de las cargas de entrenamiento no debería estar sujeta exclusivamente a un modelo preestablecido por la literatura especializada, sino, más bien debería complementarse con una serie de informaciones de factores condicionantes internos y externos de donde se desenvuelve el futbolista. Entre los internos, se podrían citar; la capacidad individual de la asimilación de la carga, el entrenamiento de base de años anteriores, su nivel de desarrollo de las cualidades físicas. Mientras, que en los factores externos se pueden citar; la temperatura y humedad ambiental, superficie de terreno de juego donde se entrena y compite, alimentación, entre las más significativas (Grosser, Brûggemann, Zintl, 1993).

La programación de las cargas de trabajo, y específicamente del microciclo semanal futbolístico, se rige normalmente dando un día de descanso al finalizar el mismo -más aún, si solo se realiza un partido de competencia a la semana-, para luego dar inicio con el subsiguiente microciclo (García, Navarro, Ruiz, 1996). No obstante, no se sabe con exactitud

si dicho día de descanso es suficiente para que el futbolista se haya recuperado físicamente

(específicamente del daño muscular y a su vez se haya restituido del gasto proteico ocasionado por la competencia), y por tanto, su organismo esté en disposición muscular y metabólica energética para recibir cargas significativas de trabajo físico –incluso en el orden técnico/táctico- al inicio del próximo microciclo.

Se acostumbra, al inicio de un nuevo microciclo de entrenamiento realizar mediciones indirectas sobre el estado de recuperación física del futbolista, tales como, la toma del peso y frecuencia cardiaca basal, la opinión del mismo jugador sobre su estado y la misma justificación del día de descanso. Y de acuerdo a los resultados de estas valoraciones, así se determinará la carga de entrenamiento de la sesión diaria, como la semanal.

Sobre este tema, la literatura especializada generalmente recomienda un día de descanso después del término de un ciclo semanal y sobre todo si se da dentro del período competitivo (García y otros, 1996). Sin embargo, esta regla generalizada no contempla elementos específicos endógenos y exógenos, que de una u otra manera inciden en el proceso de recuperación física pos competencia. Por ejemplo, cada futbolista de determinada región o país está inmerso en un medio distinto, es decir, tanto su rendimiento deportivo, como su proceso de recuperación fisiológica está circunscrito, no solo en factores funcionales orgánicos, sino también, por factores culturales, ambientales (temperatura ambiental, terrenos de juego, humedad) y nutricionales, probablemente muy diferentes a la de otros jugadores de fútbol de otras latitudes

Los futbolistas costarricenses están enmarcados dentro de esta realidad, es decir, se han

establecido para ellos microciclos de entrenamiento, períodos de descanso y cargas de trabajo físico, siguiendo modelos de otras latitudes, que generalmente no contemplan aspectos como los que se han venido analizando anteriormente. De ahí, que esto ha provocado cierto grado de incertidumbre e interrogante sobre la correcta planificación de las cargas físicas, y sobre todo al inicio de un microciclo competitivo.

Sin embargo, para tratar de esclarecer ese grado de incertidumbre sobre la recuperación física real del deportista, y así dilucidar la interrogante sobre una adecuada distribución de cargas físicas en un microciclo de entrenamiento, muchos investigadores han realizado estudios orientados a valorar la recuperación física en deportistas de élite (Brancaccio, Limongelli y Maffulli, 2006; Hartman & Mester, 2000; Mougios, 2007; Calderón, Benito, Meléndez y González, 2006; Fallon, 2006), y para ello recurrieron a los análisis bioquímicos en sangre. Sobre este mismo tema, Viru y Viru (2003) recomiendan y plantean que la carga de entrenamiento debe programarse dependiendo del diagnóstico bioquímico de la fatiga, y además agregan, que el control del entrenamiento puede darse a través del diagnóstico bioquímico y que específicamente, esté relacionado con la acumulación sérica de la dinámica de la urea en sangre, y otros componentes bioquímicos. Y por último expresa, que el diseño del entrenamiento va a depender de los valores registrados durante la mañana de un nuevo microciclo de entrenamiento, pues, son los más importantes.

Muchos estudios como los de; Smith (2000), Fallon, Fallon y Boston (2001), Plante y Houston (1984), Calderón y otros (2006), Fallon y otros (2006), Suzuki, Umeda, Nakaji, Shimoyama, Mashiko y Sugawara (2004), Smith, Garbutt, López y Turnstall (2004), entre otros, demostraron que a través del control bioquímico de las cargas físicas producidas por el entrenamiento o competencia, se puede determinar no solo el grado de intensidad de las

cargas de trabajo físico, sino también, los niveles de recuperación física. Y que dicho control (Viru y Viru, 2003), consiste en obtener parámetros metabólicos y/u hormonales que permiten obtener una información más profunda sobre los procesos adaptativos en el organismo del deportista, y que a su vez pueden ser de utilidad para la solución de las tareas que intervienen en el control del entrenamiento. Y por último agregan, que los cambios bioquímicos asociados después de dos días deben considerarse como fatiga crítica.

También, refiriéndose a aún más sobre el diagnóstico y valoración de la fatiga, autores como Calderón y otros (2006), y Viru y Viru (2003), expresan que una exagerada acumulación – entre otras sustancias- de urea y creatinquinasa, pueden servir como una valoración del estado de fatiga.

Específicamente sobre la dinámica de la urea y creatinquinasa sanguínea –que son las variables de investigación del presente estudio-, Neumann y Schüler (citado en Viru y Viru, 2003), Hartman y Mester (2000), Gómez del Valle, Rosety, Ordóñez, y Ribelles (2002), Smith (2000), Plante y Houston (1984), Calderón y otros (2006), Fallon (2006), Smith y otros (2004), entre otros, realizaron investigaciones en diversos tipos de deportistas de élite, tanto de deportes individuales, como de conjunto. Dichos estudios estaban relacionados con cargas de entrenamiento y ejercicios, observación de los tiempos de recuperación física, y para ello utilizaron la actividad sanguínea de urea y creatinquinasa como parámetros de medición. Del mismo modo, estos estudios demostraron que determinados ejercicios y su intensidad de ejecución, pueden provocar un incremento significativo en la concentración de urea y creatinquinasa sérica.

Sobre este tema, Liu (1999), realiza una revisión bibliográfica sobre investigaciones de la CK

y los factores del entrenamiento deportivo que influyen sus niveles de concentración, de los últimos 40 años. Al final de su revisión concluye que el incremento en la actividad sérica, esta relacionado con la intensidad del entrenamiento deportivo y que a su vez es un indicador sensible para valorar la carga física. Además, la dinámica de la urea y creatinquinasa sérica, pueden ser unos de los índices más utilizables para el control de la recuperación pos ejercicio (Virus y Virus, 2003).

Por lo tanto, se puede denotar, que a través de los análisis bioquímicos sanguíneos de ciertas sustancias metabólicas inducidas por el ejercicio (como la urea y creatinquinasa), se podría dilucidar de una manera más científica, la incertidumbre de que si verdaderamente los jugadores de fútbol de primera división, se habrían recuperado del daño muscular y gasto proteico pos competencia, y por tanto, estarían en disposición fisiológica óptima para recibir cargas de trabajo físico significativas, que se dan normalmente al inicio del ciclo semanal de entrenamiento.

Objetivo general

Determinar y analizar los niveles séricos de creatinquinasa (CK) y urea, pre y pos competencia, como indicadores respectivos del daño muscular y el gasto metabólico proteico, en un grupo de futbolistas de la primera división de Costa Rica.

Objetivos específicos.

1. Identificar y comparar los valores séricos de CK pre y pos competencia, establecidos mediante análisis sanguíneos a lo largo de tres partidos, con el propósito de valorar el daño muscular inducido por la competencia.

2. Establecer y comparar los valores de urea pre y pos competencia mediante análisis séricos, a lo largo de tres partidos, con la finalidad de determinar los niveles del gasto metabólico proteico.
3. Estudiar la relación entre los valores séricos de CK, urea y las variables edad y posición del jugador en el campo de juego, con la intención de identificar correlatos diferenciados entre las mismas.
4. Determinar y analizar la relación entre los valores séricos de CK y urea establecidos mediante análisis séricos, con el propósito de identificar el correlato entre ambas sustancias.

Conceptos claves.

Fatiga crítica.

Para este estudio se utilizará el concepto que manejan Viru y Viru (2003) el cual expresa, que la fatiga crítica denota la imposibilidad de conseguir la recuperación completa después de 2 días de descanso al final del microciclo.

Creatinquinasa.

Es una enzima que cataliza la reacción reversible de fosforilación de la creatina por el ATP. Se abrevia como CK o CPK, su función principal consiste en proporcionar energía temporalmente y transferir energía desde la mitocondria al citosol. Se presenta en dos formas: citoplásmica y mitocondrial. Existen tres isoenzimas: BB (cerebro) MM (músculo esquelético, y MB (miocardio) (Córdoba y Álvarez, 2001). El valor de medida para esta enzima es el de unidades por litro U/L, que es el que se reporta en todos los estudios indagados.

Urea.

El principal producto final del metabolismo de las proteínas (degradación de los aminoácidos) es la urea, y el hígado es el órgano donde se forma la mayor cantidad, aunque también se ha descubierto formación de urea en los músculos y los riñones (Virus y Virus, 2003). La urea para este estudio se medirá como nitrógeno ureico y cuya unidad de medición será miligramos por decilitro (mg/dl).

Microciclo de entrenamiento.

Esta constituido por una serie de sesiones de entrenamientos, organizado de forma racional en un corto período de tiempo. Casi siempre suelen terminar con días de recuperación, siendo las estructuras más utilizadas las siguientes: 6:1, 5:2, 3:1, 2:1 (García y otros, 1996).

Capítulo II

MARCO CONCEPTUAL

El objetivo de este apartado es el de exponer y analizar la relación que tiene la dinámica sérica de creatinquinasa y urea, como indicadores del grado de intensidad de las cargas y la respectiva recuperación física de dichos esfuerzo pos entrenamiento y competición, todo ello respaldado por estudios realizados en esas áreas.

Se considera como un hecho en la actualidad, que el ejercicio muscular intenso y mantenido provoca considerables modificaciones en la actividad enzimática, y por tanto sus tasas séricas, además, cuando la intensidad del ejercicio es máxima y se mantiene durante tiempos prolongados, se origina el daño muscular que puede ser valorado con el estudio de algunas enzimas. En segundo lugar, la determinación de la CK se ha sugerido que podría ayudar a evitar el sobreentrenamiento y posibilitar un control temprano sobre las sesiones de entrenamiento específico. Y por último, la CK plasmática ha sido empleada muy frecuentemente para determinar el daño muscular esquelético. No obstante, en varias observaciones sobre la variabilidad de la CK tras el daño muscular inducido por el ejercicio, no permite sacar conclusiones firmes, sobre la verdadera magnitud del daño (Córdoba y Álvarez, 2001).

Además, en la literatura se citan estudios (Calderón y otros, 2006), donde se observan los efectos de una carga de entrenamiento sobre determinados indicadores sanguíneos, y ejecutado en varios atletas de deportes de resistencia (maratonistas, ciclistas, remeros, otros), y que además, la valoración de la enzima CK y urea puede ser un parámetro adecuado para determinar y valorar tanto la carga de entrenamiento, como un estado de fatiga

crónica, por tanto, ambos podrían ser buenos indicadores a tener en cuenta en la planificación del entrenamiento.

1. Significado clínico y fisiológico de urea.

Referente a su significación clínica (Wiener Laboratorios S.A.I.C., 2000) la urea constituye la fracción de nitrógeno no proteico más importante en la mayoría de los líquidos biológicos, y la síntesis de la urea está relacionada con la desaminación de los aminoácidos (eliminación de amoníaco) (Viru y Viru, 2003). En el hombre es el principal producto final del metabolismo proteico. Se produce en el hígado y es excretada por la orina a través de los riñones. Una elevación de la concentración sérica de urea, se interpreta generalmente como un posible disfunción renal. Sin embargo, no debe dejarse de lado el hecho de que los valores séricos de urea se encuentran íntimamente relacionados con la dieta y el metabolismo proteico, por lo que cualquier alteración en estas variables se traducirá en un cambio de la concentración de urea en suero.

De forma general, se ha podido determinar que por encima del 50 % del consumo máximo de oxígeno, el aumento de la concentración de urea puede indicar un aumento del catabolismo de las proteínas (Calderón y otros, 2006). Además, que dicha acumulación de urea se utiliza frecuentemente como una medida del catabolismo proteico (Viru y Viru, 2003).

Según Schosinsky, Chaves, Jiménez Holst, Vargas, Quintana y Brilla (1998), y Calderón y otros (2006) la concentración sérica de la urea varía bastante en los individuos normales y esta influenciada por factores tan diversos como:

- La ingesta dietética de proteínas y el estado de hidratación.
- Velocidad de producción y relación con otras vías energéticas (glucogenólisis). Por

ejemplo en animales de experimentación, se ha comprobado un descenso en la producción de urea cuando hay elevados niveles de lactato en sangre (Virus y Virus, 2003).

- Eliminación por sudor y orina.
- Un incremento en el catabolismo de las proteínas, produce niveles séricos elevados.

Por otro lado, referente a las disminuciones significativas de urea (< 6 mg/dl) en sangre solo se observan en algunas alteraciones como: mala nutrición (por baja ingesta de proteínas), sobrehidratación, enfermedad hepática (Schosinsky y otros, 1998).

Respecto a la relación de la urea con la actividad física –significado fisiológico-, esta tiene que ver con la deshidratación natropénica (sodio), es decir, pérdida de líquidos y electrolitos por la sudoración (Calderón, 2006).

Sobre los factores que influyen en la concentración sanguínea de urea, Lemon y Mullin (citados en Virus y Virus, 2003) afirman que la acumulación de urea y su excreción dependen de la disponibilidad de hidratos de carbono, y que el índice de catabolismo proteico durante el ejercicio, depende del nivel inicial de glucógeno muscular. Además, durante la actividad física se da otro elemento que influye en el incremento de las concentraciones séricas de urea, es el nivel de ácido láctico en sangre, según Litvonova y Virus (1997, leída en la publicación de Virus y Virus (2003) expresan que durante la actividad física la concentración de urea deja de aumentar cuando la concentración de lactato alcanza niveles entre 10 a 17 mmol/l.

Por tanto, al ser la urea indicativa de la cantidad de proteína catabolizada, parece lógico pensar que sea un buen parámetro de la carga de entrenamiento y del proceso de recuperación.

De forma general, un aumento pronunciado de la concentración de urea indica que la sesión de entrenamiento ha sido adecuada. El regreso a sus valores normales se medirá en el tiempo e indicará cuando se puede realizar otra carga elevada (Calderón y otros, 2006; Viru y Viru, 2003).

2. Significado clínico y fisiológico de la creatinquinasa.

Respecto a la significación clínica de la creatinquinasa (CK), esta es una enzima intracelular localizada en mayor proporción en músculos cardíaco y esquelético, y también en cerebro. Un aumento en la actividad sérica, es por lo tanto indicio de lesión celular (Wiener Laboratorios, 2000). Las isoenzimas de la CK son CK MM (muscular), CK BB (cerebral) y la CK MB (miocárdica). La mayor actividad de CK se localiza en el músculo esquelético, correspondiendo el 96 % de la actividad total a la CK MM y el 4 % a la CK MB. En el miocardio, la CK MB se encuentra en el 4 % de la actividad total. La actividad de CK BB no es detectable prácticamente en circulación. La elevación sérica de CK y de CK MB constituye un indicador de infarto agudo de miocardio. Existen diversas causas por las cuales se puede elevar el nivel sérico de la actividad total de CK, como en el caso de la actividad física vigorosa o trauma del músculo esquelético, distrofia muscular y polimiositis (Fernández, 2001).

Por otro lado, el significado fisiológico (Calderón y otros, 2006) de esta enzima es que cataliza la siguiente reacción metabólica:



Esta reacción se acopla a la reacción de hidrólisis del ATP, catalizada por la ATPasa ($\text{ATP}_{\text{A}} \rightarrow \text{ADP}_{3-} + \text{P}_i + \text{H}^+$). Por tanto, esta enzima aumentará cuando la intensidad del ejercicio sea

muy alta, y de lugar a destrucción muscular y liberación a plasma.

3. Valoración del control bioquímico de la actividad física y el deporte.

La valoración del estado actual de condición física de los futbolistas tanto pos entrenamiento, como pos competencia, ha adquirido en los últimos tiempos una gran importancia, debido sobre todo a los avances en el conocimiento que brindan la fisiología del ejercicio y tecnología médica-deportiva en este ámbito.

En algunas ocasiones, no resulta oportuna ni práctica la aplicación de pruebas que permitan corroborar el grado de adaptación y asimilación del entrenamiento, como la recuperación física –producto del stress pos competitivo-, esto debido fundamentalmente al poco tiempo disponible que se tiene en la práctica para llevarlas a cabo. De ahí, que muchos clubes estén dejando de lado todas estas pruebas físicas, y se estén centrando cada vez más en las modificaciones y perfiles de ciertos parámetros sanguíneos que aportan gran información sobre aspectos relacionados con la adaptación y respuestas del organismo al entrenamiento y competencia (Muñoz y Olcina, 2001).

Por tanto, tal es el interés de los entrenadores por conocer la evolución biológica de sus deportistas al lo largo del proceso de entrenamiento, que cada vez es más frecuente la realización de análisis de sangre para conocer la adaptación del organismo. La alta exigencia del entrenamiento y competencia para conseguir resultados deportivos hace que los denominados marcadores biológicos sean una herramienta más de valoración para el entrenador (Calderón y otros, 2006). Por ejemplo, Nikolaidis, Protosyggellou, Petridou, Tsalis y Tsigilis (2003) en un estudio realizado con muestras sanguíneas en atletas y no atletas, lograron llegar a tres conclusiones que ubican la importancia de la medición de la CK y urea.

A continuación, dichas conclusiones;

- Que existe diferencia significativa en las concentraciones sanguíneas de CK y urea, de acuerdo a la edad, sexo, y actividad física.
- Que los efectos de la actividad física sobre la urea y CK fueron de moderado a alto.
- Y por último, que los efectos del entrenamiento físico se dan significativamente en los parámetros bioquímicos, por tanto, ese podría ser un camino para la medición de los atletas.

Como se nota, la valoración hematológica y específicamente bioquímica, podría dar por un lado gran información sobre la asimilación y adaptación al entrenamiento, y por el otro, el estado de recuperación física pos competencia por parte del deportista. Sobre ello, Muñoz y Olcina (2001) expresan, que la correcta utilización de un análisis bioquímico de sangre, puede dar información para tomar las decisiones oportunas respecto a la asimilación y adaptación al entrenamiento, ello con el fin de obtener un mayor rendimiento.

Por lo tanto, a través de un control bioquímico del entrenamiento o competencia se puede determinar no solo el grado de demanda de esfuerzo físico que produjo el entrenamiento o la competencia, sino también, los niveles de recuperación física. Sobre ello, Mougios (2007) dice específicamente que la enzima creatinquinasa y su concentración sérica ha sido extensamente usada en el deporte y ejercicio, para valorar el daño muscular inducido por los mismos.

Por último, refiriéndose a estas variables fisiológicas, Viru y Viru (2003) expresan que la dinámica de la urea y la creatinquinasa en el suero sanguíneo, tienen relación con el diagnóstico para el control del entrenamiento.

4. Investigaciones de la actividad sérica de la creatinquinasa (CK) y urea en ámbito del deporte de rendimiento y la actividad física.

La evaluación funcional del deportista de rendimiento incluye una variedad de variables: la CK –así como el lactato deshidrogenado- nos indica la degradación de la adaptación metabólica del entrenamiento físico del músculo esquelético. Esta enzima está involucrada en el metabolismo muscular, y su concentración sérica es normalmente baja, como resultado del desgaste fisiológico y celular. Se incrementa considerablemente después del ejercicio intenso y en músculos patológicos (Brancaccio y otros, 2006).

Específicamente sobre las investigaciones en este campo, Stephen, Gajdosik & Ruby (2003) realizan un estudio en una población de mujeres universitarias, ellos determinaron los efectos del uso de anticonceptivos orales sobre la actividad de la creatinquinasa sérica, después de una carga aguda de ejercicios excéntricos (5 series de 10 repeticiones, con un porcentaje de carga inferiores al 100% de 1 RM). Las mujeres universitarias fueron agrupadas de acuerdo al uso o no del anticonceptivo OBS (anticonceptivo oral). Al final de la investigación, los resultados indicaron que el grupo que tomaba el anticonceptivo oral poseía una actividad de CK significativamente mayor ($p < .05$) a las 48 y 72 horas después del ejercicio. No obstante, el grupo que no tomaba el anticonceptivo OBC, mostró un ligero incremento en la actividad de la CK 24, 48, y 72 horas siguientes al ejercicio, pero dichos valores no fueron significativamente diferentes de los valores previos al ejercicio. Esto nos indica, que tanto la combinación del ejercicio físico y el anticonceptivo oral (OBC), como el ejercicio por sí mismo, producen un aumento de la CK sérica, aunque el primero fue de carácter significativo.

Por otro lado, y específicamente relacionado con la urea, Sáenz (2003) realiza un estudio en

dos grupos de deportistas (n=10), donde uno fue sometido a un trabajo de volumen, y el otro de intensidad, y que tuvo una duración de una hora cada uno. Entre las variables de medición estaba la urea. El incremento en los valores de urea antes y después de la sesión de trabajo fueron menores de 1 mmol / litro, que es considerado como poco significativo, por lo que el autor del estudio concluye, valorando como baja la carga física empleada en ambos tipos de esfuerzo. Para los efectos de este estudio, al parecer esto indica que los esfuerzos físicos deben llegar cierto nivel para que se puedan producir cambios importantes en los incrementos de urea en sangre.

Este criterio se fortalece con el estudio realizado por Gómez del Valle y otros (2002), donde trataron de determinar el mejor rendimiento de 14 ciclistas en horas específicas del día (mañana y tarde), utilizando para ello dos pruebas de potencia aeróbica, a su vez analizaron – entre otras variables- el comportamiento de la urea pre y pos esfuerzo. Al final del estudio lograron observar que el incremento medio de urea que produce la prueba de la mañana (-0.06 mmol/l) es menor al de la tarde (0.07 mmol/l) en valores absolutos y porcentuales, además, que el discreto aumento de la urea en la prueba realizada en la tarde, esta asociado a esfuerzos de duración prolongada. Como se observa, los cambios que produjeron las pruebas en el comportamiento de la urea fueron muy leves, quizás porque la duración del esfuerzo no fue tal, como para provocar cambios en las concentraciones séricas de urea. Sin embargo, si se da una tendencia al aumento de esta sustancia, cuando el esfuerzo tiende a prolongarse en el tiempo.

Pérez, De Paz, Bustamante y Villa (1997) reportan un estudio comparativo entre deportistas y no deportistas, sobre el comportamiento de la urea. Este grupo de investigadores sometió a dos grupos homogéneos de personas, uno entrenado y otro no, a un ejercicio aeróbico de

intensidad submáxima (65% del VO max. de cada sujeto) tomando muestras de sangre antes y después de la prueba, para cuantificar en ellas la urea y así hacer determinaciones hematológicas. Al final del estudio, concluyeron que las personas entrenadas tienen una mayor producción de urea, tanto en condiciones de reposo como después de la realización del ejercicio. Además, este estudio determinó una correlación positiva estadísticamente significativa, entre algunas variables ergométricas máximas y la cantidad de urea en suero en el grupo de personas entrenadas, y que dicha correlación no fue significativa en el grupo de personas no entrenadas.

Ahora bien, Coutts, Wallace y Slattery (2007) presentan otro estudio sobre el comportamiento de la urea en diversas cargas físicas. El estudio consistió en aplicar durante varias semanas diversas cargas físicas a dos grupos de triatlonistas. Como conclusión importante, se determinó que la urea se incrementó significativamente ($p < .05$) en ambos grupos durante los períodos de sobrecarga.

Por otro lado, también existen estudios que muestran la variabilidad de la CK y urea sérica en deportistas, como el que reportaron Gutiérrez y León (2003), quienes a lo largo de 8 diversos microciclos de entrenamiento (de carga, impacto o recuperación) en jóvenes gimnastas – considerados de nivel medio alto-, analizaron el comportamiento de estas variables fisiológicas. En la CK se reportaron diferencias significativas entre los valores registrados durante las primeras 4 semanas, así como en la primera y la última. Referente a la urea, esta fue aumentando a medida que transcurrió el tiempo, pero su evolución no fue significativa, exceptuando los valores entre la primera y la última, por lo que al igual que la CK, no discrimina el esfuerzo realizado en microciclos de diferente carga. Sin embargo, el problema de este estudio, es que no indica específicamente en cual tipo de microciclo se dan los

cambios significativos en los niveles de CK y urea, es decir, no se sabe el grado de aumento o disminución de CK y urea en el microciclo de impacto, carga o recuperativo, ni se compara los resultados entre ellos. Y como se sabe, cada tipo de microciclo, la intensidad y volumen de la carga son muy diferentes (García y otros, 1996), por lo que la producción de CK y urea séricas están influenciadas significativamente.

También, Kargotich, Keast, Goodman, Bhagat, Joske y Dawson (2007) realizan un estudio similar al anterior, donde miden la actividad de CK y urea después de un programa de entrenamiento. En este caso, era un programa progresivo (al 70 % del VO₂max.) para mejorar la resistencia aeróbica y con una duración de 6 semanas. Las tomas de sangre se hicieron al inicio y en las semanas 2, 4 y 6. Los resultados arrojaron que los niveles de actividad de CK y urea se incrementaron significativamente ($p < .05$) preentrenamiento, y en las semanas 2 y 4.

Sobre el comportamiento de la CK y urea durante y pos partido, Alvear, García, De Paz y González (2005), presentan una investigación realizada en jugadores de rugby. Ellos lograron determinar que el valor pico de CK se da 24 h después de la competencia, mientras que la urea tendió a decrecer durante el partido y con significativa reducción a las 24 h.

Barbosa, Magalhaes, Lopes, Neuparth y Duarte (2003) realizan un estudio, pero esta vez relacionado con los tipos de contracción muscular. Ellos aplicaron dos protocolos de ejercicios, uno de contracción concéntrica y otro de contracción excéntrica en 15 sujetos varones saludables no entrenados, 8 y 7 en cada protocolo respectivamente. La CK se midió 1 h., 3h., 24 h., 48 h., y 72 h. después del protocolo. Al final de su estudio concluyeron que la actividad de CK fue significativamente alta ($p < .01$) sobre el grupo de concentración excéntrica, en relación al grupo que realizó el protocolo de contracción concéntrica sobre las

48 h. Sin embargo, los valores de CK fueron significativamente más altos ($p < .05$) en el grupo de contracción concéntrica que el grupo de contracción excéntrica, en la 1 h., 3 h. y 24 h., y significativamente más baja a las 72 h.

Otro estudio similar, donde se quiere observar los efectos de un entrenamiento excéntrico y otro concéntrico sobre el daño muscular, utilizando para ello la medición de la actividad sérica de CK, fue el realizado por Nosaka y Newton (2002). Al final los resultados de este estudio determinaron que en la primera sesión y paulatinamente 4 días después si hubo diferencias significativas en la CK entre ambos grupos, no obstante, después no se volvió a incrementar en las siguientes sesiones. Y por último, concluyen que el daño muscular que produce ambos entrenamientos es muy similar.

También, Nosaka y Newton (2002) realizan otro estudio comparativo, pero esta vez sobre un entrenamiento de ejercicios excéntricos submaximal y otro maximal, en 8 sujetos estudiantes varones no entrenados. Al final del estudio se concluyó que la recuperación fue un 50 % mejor en el grupo que realizó los ejercicios submaximales, y que a su vez el daño muscular fue menor, que el del grupo que ejecutó el entrenamiento de ejercicios maximales.

Como se observa, al parecer existe diversidad de criterios sobre cual de los dos tipos de contracción –excéntrica o concéntrica- causan mayor efecto en la actividad sérica de CK. Sobre este tema, Brancaccio (2006) y de acuerdo al las conocimientos detectados en su estudio, concluye que las actividades deportivas con períodos de intensidad corta al parecer inducen al incremento sérico de CK, especialmente si se han involucrados contracciones de los músculos excéntricos.

Por otro lado, Klapcinska, Iskra, Poprzeziok y Grezesiok (2001) presentan un estudio relacionado con los efectos de un sprint de 300 metros en la CK sérica –entre otras variables sanguíneas-. Dicho estudio se realizó en 9 sujetos competidores que entrenaban y 6 sujetos no entrenados y moderadamente activos, todos ellos varones. Las tomas de sangre se hicieron antes del calentamiento, 5 minutos, 2 y 20 h posteriores al ejercicio. Los resultados determinaron que comparando los resultados del pre y el pos en cada grupo, los competidores obtienen los niveles significativos ($p < .05$) más altos en la medición de 2 h después. Además, que el pico de CK en el grupo de los competidores se da en la toma de los 5 minutos después (aumento en un 32 %), mientras que en otro grupo se da 20 h después del sprint (aumento en un 132 %). Y por último, también lograron determinar que el daño muscular fue mayor en el grupo de los no entrenados.

Prosiguiendo, Atalay y Eler (2003), realizan un estudio en un grupo de 8 sujetos varones y jugadores élite de balonmano de playa. Esta vez el objetivo del estudio fue observar el comportamiento de CK antes e inmediatamente después de un juego, al final se concluyó que si hubo diferencia significativa entre la actividad sérica pre y pos partido, por tanto, los incrementos de CK mostraron en cierto grado daños musculares en los atletas.

También, Fomin, Gorokhnov y Timoschenko (2006) llevaron a cabo una investigación, con en atletas de deportes de lucha deportiva y personas sedentarias, los grupos establecidos para el estudio debían realizar una carga de ejercicios de alta intensidad -40 saltos-, al final como conclusión se determinó que el verdadero incremento de CK en todos los grupos, se da inmediatamente después de realizar los saltos, ya que después lo que se observa es una reducción paulatina de la actividad de CK.

Otro estudio en que se relaciona –entre otros propósitos- la intensidad de carga física con la actividad de CK, fue el realizado por Konarska, Karolkiewicz y Pilaczynska (2006). El estudio se realizó en 11 jugadoras de voleibol entre los 16 y 17 años de edad, a ellas se les realizaron tomas de sangre durante todo el ciclo anual de entrenamiento, concluyendo al final que durante el período inicial (que es cuando se da el mayor volumen de carga física) se observó la mayor actividad de CK.

Zajac, Waskiewicz y Pilis (2001), también ejecutan una investigación con el propósito de medir los cambios en la actividad de CK – en otras variables- luego de una serie de ejercicios de sobrecarga exhaustivos en 10 fisicoculturistas y levantadores de potencia, todos varones. Se realizó la toma de sangre en reposo, 5 minutos y 24 h después de los ejercicios. Los resultados finales indicaron que la actividad de CK se incrementó significativamente ($p < .05$) a los 10 minutos después, y aumentó hasta los niveles significativamente más altos a las 24 h después.

Se puede observar, que en muchos de los estudios expuestos anteriormente la intensidad del ejercicio está muy relacionada, no solo con los niveles de actividad sérica de CK, sino también, con los niveles de concentración de urea. Por lo tanto, esto hace suponer que dichos niveles de concentración de CK y urea van estar muy ligados, por un lado, por el grado de intensidad y volumen con que los futbolistas realicen las acciones de juego, y por el otro, por las propias demandas de la dinámica específica del partido. A su vez, los niveles de intensidad de las acciones del juego, así como la dinámica específica del partido, van a estar supeditados por el planteamiento táctico empleado por cada equipo en el partido en cuestión.

Sin embargo, hay un estudio que presenta Brancaccio y otros (2006), donde se puede resumir

varios de los resultados de las investigaciones que aquí se han venido analizando. Estos autores en su investigación monitorean las enzimas séricas de muchos deportistas y de variados deportes, al final llegan a las siguientes conclusiones;

- Las mediciones de CK mostraron diferentes comportamientos antes y después del entrenamiento.
- Los cambios en CK se dan de acuerdo a los diferentes protocolos, intensidades y nivel de entrenamiento del atleta.
- El verdadero incremento de CK se da durante y después del ejercicio.
- La alta actividad de CK se correlaciona con el status de entrenamiento, y con grandes incrementos de CK después del ejercicio.
- Las actividades deportivas de períodos de intensidad corta al parecer inducen al incremento sérico de CK, especialmente si se han involucrado contracciones de los músculos excéntricos.
- Y por último, la alta actividad CK sérica es a consecuencia del daño en la membrana del sarcolema, y ese daño es probablemente proporcional a la duración e intensidad de la contracción, y esta muy relacionada con la percepción de la severidad del dolor muscular.

Ahora bien, específicamente estudios relacionados con el fútbol, Jastrzebski (2001) reporta una investigación realizada en 19 futbolistas élite del equipo olímpico polaco. El fin del estudio fue evaluar la actividad de CK en tres partidos consecutivos, así como, su relación con la posición del jugador en el equipo. Los resultados del estudio concluyen que la posición del jugador dentro del equipo tiene insignificancia con la actividad sérica, y que el principal factor que afecta la actividad de CK es el tejido muscular dañado, que esta directamente relacionado con el rendimiento que se realiza en los deportes de lucha durante el

partido.

También, Jastrzebski (2006) realiza otro estudio en futbolistas, pero esta vez su investigación se centra en 20 futbolistas de primera división de la liga polaca y lo realiza durante las finales del torneo. El observa los niveles plasmáticos de CK durante los diversos días del microciclo semanal. En su estudio llega a los siguientes resultados:

- La actividad de CK se restituyo después de pasadas las 36 h.
- El día lunes se presentaron los niveles más altos de CK 697 U/I.
- Y que el día viernes se presenta el nivel más bajo 241.7 U/I, en consideración al decrecimiento gradual de las cargas físicas del microciclo.

Sin embargo, Hübner, Szmuchrowsky y Lutoslawska (1994) realizan una investigación similar a la del presente estudio. Ellos evaluaron la magnitud de los cambios en sangre inducidos por un juego de fútbol, en futbolistas profesionales. Entre otros elementos evaluaron la urea y CK sanguínea antes y después del juego. Al final del juego se reportó un incremento en la urea y niveles de actividad de CK. El problema del estudio es que no reporta cuanto tiempo transcurre para la realización de la toma sanguínea pos competencia, por tanto, dicho incremento pudo haberse presentado inmediatamente después del juego, y haber disminuido a las 6 h., 24 h., o 48 h. posteriores.

Por lo tanto, se deduce de los estudios anteriores que tanto la actividad sérica de la enzima CK y la concentración de la urea, son indicadores de los tipos de intensidades físicas a que fue sometido el atleta y que sus mediciones son muy factibles. Además, pueden indicar de manera objetiva el nivel de daño muscular al que fue inducido el deportista, en el caso de la medición de la CK, y el gasto metabólico proteico en el de la urea. Además, son indicadores

que se pueden utilizar como criterio para valorar la recuperación física, y por ende utilizarlos como elemento a considerar a la hora de efectuar la programación de las cargas de entrenamiento (Virus y Virus, 2003)

5. Valores de creatinquinasa y urea dentro del deporte de rendimiento y la actividad física.

En relación con los valores específicos de CK en plasma, Hartman y Mester (2000) realizaron un estudio sobre la distribución de los valores de CK en deportistas, para ello tomaron 2790 muestras de sangre, correspondientes a 847 deportistas de nivel internacional (varones N= 497 y mujeres N= 350). Estos autores realizaron un análisis minucioso en aquellos deportistas que tenían un gran número de medidas (varones n>55 medidas y mujeres n> 45), dividiendo arbitrariamente los atletas en tres grupos: valores bajos (varones < 65 U/I y mujeres > 45 U/I), medios (varones 95 – 110 U/I y mujeres 70 – 80 U/I) y altos (varones >150 U/I y mujeres > 80 U/I). Las conclusiones de este estudio se muestran a continuación:

1. Hay una distribución asimétrica con valores elevados en el rango 100 – 250 U/I.
2. Valores extremos de 3000 U/I en varones y 1150 U/I en las mujeres.
3. Baja variabilidad en el grupo bajo y alta variabilidad en el grupo alto.

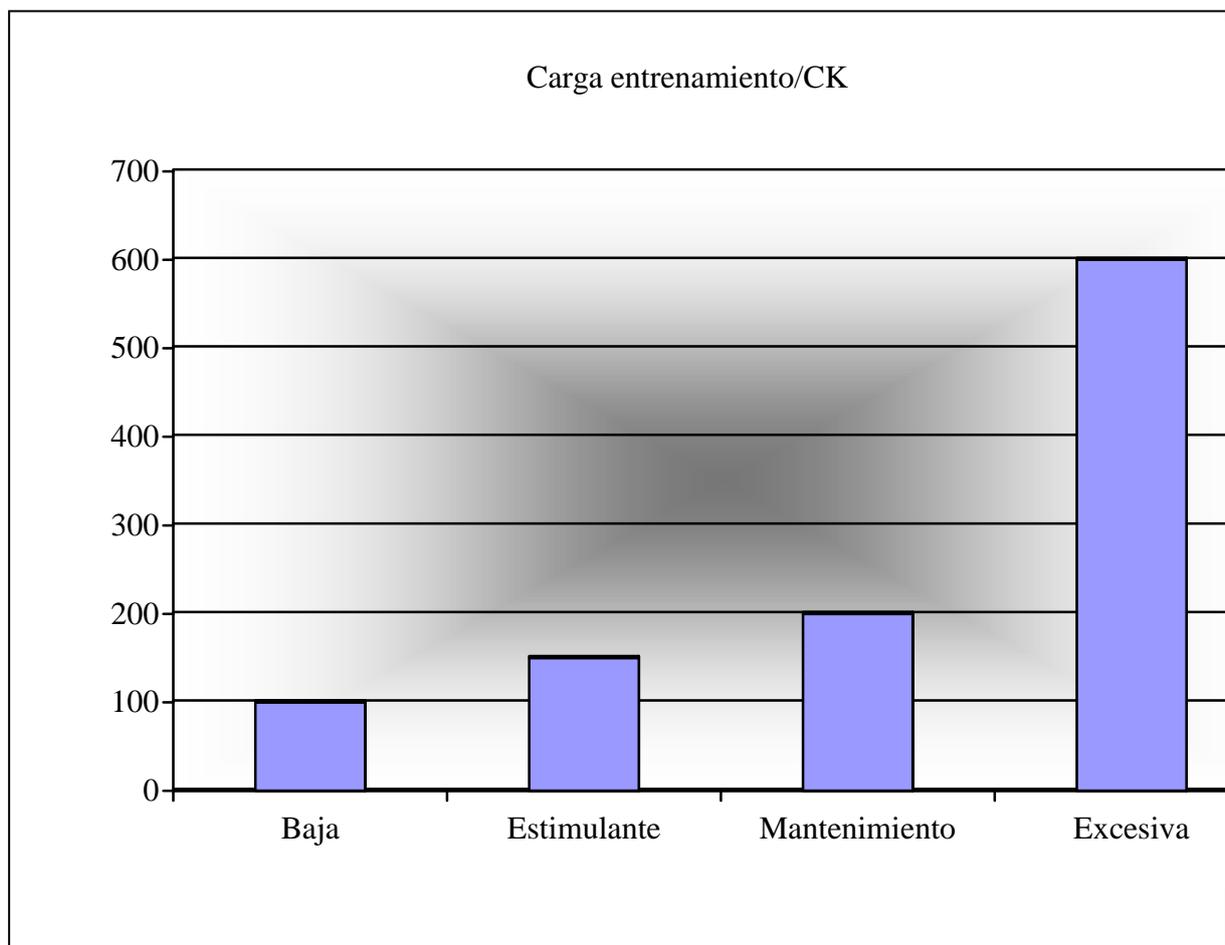
Sin embargo, hay que tener en consideración que en el estudio de Hartman y Mester (2000), los niveles de concentración CK que se reportaron no indican que tipo de carga física o entrenamiento precedió a las tomas sanguíneas, pues el objetivo fundamental de su estudio fue el analizar la CK y urea como posibles marcadores de sobreentrenamiento. También, llegaron a la conclusión que valores superiores a 200 U/I pueden significar que la carga ha sido excesiva –según estos autores- pero no indican para cual tipo de deportistas, incluso recomiendan que con estos valores parece aconsejable que el atleta realice un entrenamiento

de recuperación.

Por otro lado, Calderón y otros (2006) en su estudio presentan dos gráficos que nos muestran la evolución de la CK y urea sérica en relación a la carga de entrenamiento para la resistencia cardiovascular. Primeramente se expondrá el gráfico relacionado con la actividad de CK.

Gráfico 1

Evolución de la concentración de CK en suero en relación a la carga de entrenamiento (tomado de Calderón y otros, 2006)



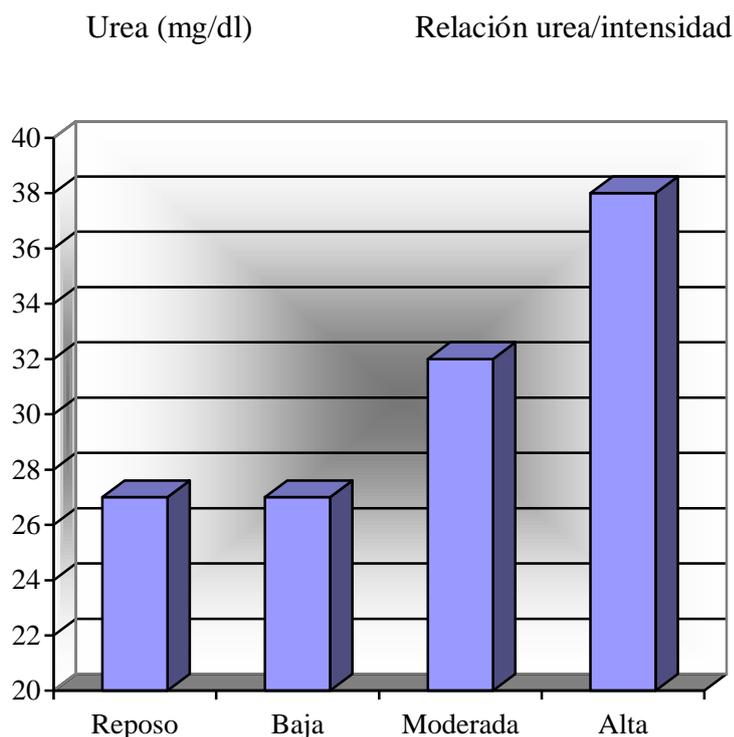
Como se observa cuando el entrenamiento se ubica con una carga alta o maximal, los niveles séricos de CK tienden a subir significativamente.

Referente a la urea, según Calderón y otros (2006) es un buen parámetro para valorar la carga de entrenamiento y del proceso de recuperación, y que un aumento pronunciado de la concentración de urea indica que la sesión de entrenamiento ha sido adecuada, y que el regreso a sus valores normales se mediría en tiempo e indicaría cuando se puede realizar otra carga elevada. Si 24 h después de una sesión de entrenamiento con carga elevada, los valores de urea no han regresado a los de referencia, la siguiente sesión debería ser de recuperación. Estos mismos autores plantean un gráfico, donde nos presentan los valores de urea en respuesta a la carga de entrenamiento.

Gráfico 2

Respuesta de la urea en relación a la carga de entrenamiento

(Tomado de Calderón y otros, 2006).



Se denota en el presente gráfico, aún en reposo los niveles de urea de la población deportista son más altos que los valores citados (ver tabla 1) para la población no deportista.

Con el fin de observar los valores normales del CK y urea en sangre para individuos no deportistas o de la población en general, a continuación se presenta la siguiente tabla:

Tabla 1

Valores de creatinquinasa y nitrógeno ureico para individuos del sexo masculino (laboratorio clínico LABIMED, 2000).

Sustancia	Unidad de medida	Rango normal
• Creatinquinasa (CK)	Unidades internacionales / litro (U/L)	24 – 195
• Urea	Miligramos / decilitro (mg/dl)	5 – 23

Otro estudio que hace referencia a los valores de CK en plasma, fue el realizado por Luden, Saunders y Tood (2007), ellos realizaron un investigación sobre la ingestión de antioxidantes, proteínas y carbohidratos pos ejercicio y su efecto en el rendimiento deportivo y el incremento de CK y dolor muscular. Dicho estudio se realizó en 23 corredores (hombres y mujeres) consumados, y se tomo como conteo bajo 112 – 176 U/L y alto 843 – 1095 U/L. Antes de iniciar el plan entrenamiento y la ingesta de la bebida los sujetos presentaban un CK de 223 U/I y pos intervención presentaron un nivel de CK de 307 U/L. Las tomas se realizaron 24 horas después del entrenamiento.

Por otro lado, Fallon y otros (2001) realizan un estudio en dos grupos de mujeres, uno que jugaba al fútbol y otro al voleibol, todas pertenecientes al equipo representativo del país de Australia. El estudio consistió en observar las concentraciones séricas de CK (entre otros indicadores sanguíneos) después de determinadas semanas de entrenamiento,

específicamente, microciclos de recuperación, de moderada y alta carga de entrenamiento. Al final las futbolistas obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 2

Resultados de la actividad de CK sérica después de realizar diversas cargas semanales de entrenamiento semanal (Fallon y otros, 2001).

VARIABLE	RECUPERACIÓN	CARGA MODERADA	CARGA ALTA
Creatinkinasa	151 U/L (189)	194 U/L (71)	315 U/L (166)

Como se observa no hubo un aumento significativo en la actividad de CK entre la semana de entrenamiento recuperativo y la de entrenamiento moderado. No obstante, si hubo incremento importante en la actividad de CK entre la semana de entrenamiento moderado (194 U/L) y fuerte (315 U/L).

Por otro lado, con el fin de observar los índices de daño muscular después de una competencia en jugadores profesionales de rugby, Takarada (2003) logró observar un incremento considerable de la actividad de CK después del partido, y que los valores pico de esta enzima se observaron 45 minutos y 24 horas después (1.081 U/L).

Por último, un estudio reciente de Mougios (2007) pretende establecer intervalos de referencia de CK para atletas. Las muestras séricas fueron tomadas en 483 atletas varones y 245 atletas femeninas, y las edades oscilaban entre 7 a 44 años de edad. Las muestras fueron

obtenidas en el entrenamiento y durante el periodo competitivo. Los intervalos de referencia fueron de 82- 1083 U/L (2.5 a 97.5 percentiles) y fueron calculados por el método no paramétrico. Cuando los intervalos de referencia fueron calculados específicamente en jugadores de fútbol y nadadores, el límite superior de referencia fue encontrado en 1492 U/L y 532 U/L respectivamente, y sobre este resultado, concluye que probablemente es producto de las diferencias en el tipo de entrenamiento y las demandas competitivas en cada uno de los deportes.

De acuerdo a los resultados de todas las investigaciones citadas anteriormente, se puede concluir, que la CK es medible y que determinados valores de actividad sérica de CK son indicadores de un posible daño muscular en el deportista, y que los valores de CK deben ser analizados teniendo en cuenta una serie de aspectos, entre ellos;

- El análisis de los niveles de CK de cada atleta, debe realizarse en relación a la característica propia del deporte en que se desenvuelve, es decir; observar si es un deporte de contacto, determinar las características físicas que demandan la competición y el entrenamiento diario del deporte en cuestión, los terrenos de competencia, entre otras.
- El análisis del valor numérico de la actividad de CK, debe hacerse en función de la carga física que la presidió.
- Observar en que período de entrenamiento se realizó la toma sanguínea.

6. La actividad sérica de creatinquinasa y urea, y su relación con la recuperación física.

La actividad sérica de CK y urea, también ha sido tomada con mucha frecuencia en varias investigaciones, como indicadores para valorar el estado de recuperación del deportista. Aquí se presentan algunos estudios relacionados con este tema.

Específicamente sobre el comportamiento de la CK en el tiempo, Brancaccio y otros (2006) expresa que en atletas saludables, la actividad sérica de CK esta en su pico entre 6 y 24 horas después del ejercicio y retorna a la normalidad entre las 48 a 72 horas después, por tanto, sería de esperar que los deportistas ya tuviesen una concentración sérica normal de CK transcurrido ese lapso de tiempo. También, Fernández (2001) afirma que la actividad sérica de CK –acompañada de otros cambios bioquímicas-, es dependiente de la intensidad del ejercicio, y que puede manifestarse entre las 8 y 72 horas siguientes con un cuadro de inflamación muscular retardada, comúnmente llamada “agujetas”, todo ello debido a microlesiones más o menos importantes producidas en el tejido muscular.

También, sobre el tema del tiempo en que puede ser detectada la CK y su respectiva valoración, tanto Fernández (2001), como Viru y Viru (2003), coinciden en que tras el ejercicio, ésta puede ser detectada después de las 8 horas, alcanza su pico a las 24 horas después y que permanece así durante 72 horas. Y que también, según Córdoba y Álvarez (2001) un resultado mayor al 40 % del rango normal de CK puede ser considerado como un indicador de sobreentrenamiento.

Gill, Beaven y Cook (2006), en su estudio logran observar los índices y magnitud de recuperación del daño muscular provocado por la competencia, en 23 jugadores profesionales de rugby. Para ello utilizan cuatro métodos de recuperación, y para valorar el grado de efectividad de los mismos utilizaron la medición de la CK plasmática 36 y 84 horas después de la competencia. Como resultados del estudio, se determinó un aumento significativo ($p < .01$) en la actividad de CK pos partido.

También, Suzuki y otros (2004) realizan un estudio sobre la resuperación en jugadores de rugby después de un partido, utilizando dos técnicas, una con y otra sin ejercicio. Los jugadores fueron examinados antes e inmediatamente después del partido, así como, uno y dos días después del mismo. Como resultado se encontraron que la CK se incrementó significativamente e inmediatamente después de la competencia ($p < .05$), y el incremento fue mayor aparentemente un día después ($p < .05$). La disminución de CK fue observada dos días después de la competencia, y fue muy uniforme en el resto del grupo de jugadores.

Específicamente en el deporte del voleibol, Mavrovouniotis, Argiriadou, Mavrovouniotis y Haritonidis (2002) efectúan también un análisis del comportamiento de la CK después de un partido. Los sujetos del estudio fueron 21 varones que participaban en un torneo internacional. Al final el autor expresa que si hubo daño muscular, ya que la actividad de CK se incrementó en un 107 %.

Por otro lado, Kobayashi, Takeuchi, Hosoi, Yoshizaki & Loepky (2005) realizan un estudio sobre los efectos de una maratón en las lipoproteínas, creatinquinasa y lactato sérico, en 15 corredores de carácter recreativo. Al final se observó que el pico de CK fue a las 24 horas después de la carrera, y regreso a su línea base 1 semana después.

En relación a la relación edad y recuperación, Skurvydas, Streckis, Mickeyciene, Kamandulis, Stanislovaitis y Mamkus (2006) presentan una investigación realizada en dos grupos de sujetos, una de adolescente (13.4 años, $n=12$) y otro de adultos saludables (25.4 años, $n=12$). El objetivo fue el establecer las diferencias principales entre ambos grupos, tanto en la fatiga metabólica, como en el daño muscular provocado por ejercicios de máxima intensidad. Los resultados mostraron que la concentración de CK se incrementó más en los

adultos que adolescentes, y que los síntomas indirectos sobre el daño muscular fueron más evidentes en los adultos que en los adolescentes. Por último, concluyen que los músculos de los adolescentes fueron más resistentes que el de los adultos, tanto a la fatiga metabólica, como al daño muscular.

Sobre los estudios anteriores, parece coincidir que la CK alcanza su pico entre la 6 y 24 horas después de la carga a que fue sometido el atleta, y que dicho nivel se puede mantener o regresar a sus niveles normales entre 24 a 72 h., dependiendo de las actividades físicas posteriores a que sea sometido el deportista. Específicamente sobre la urea, ésta a las 24 horas ya debió haber regresado a los niveles de referencia.

Referente a la urea y el tema de la recuperación, según Calderón y otros (2006) es un buen parámetro para valorar la carga de entrenamiento y del proceso de recuperación, y que un aumento pronunciado de la concentración de urea indica que la sesión de entrenamiento ha sido adecuada, y que el regreso a sus valores normales se mediría en tiempo e indicaría cuando se puede realizar otra carga elevada. Si 24 horas después de una sesión de entrenamiento con carga elevada, los valores de urea no han regresado a los de referencia, la siguiente sesión debería ser de recuperación. También sobre el mismo tema Viru y Viru (2003, p.190) dice que “El índice más utilizado para el control de la recuperación pos ejercicio es la dinámica de la urea. La concentración de la urea se ha determinado principalmente justo después de la sesión de entrenamiento y la mañana siguiente (o solo a la mañana siguiente)... el nivel elevado de urea de la mañana siguiente, indica la necesidad de diseñar una carga de restablecimiento o una carga de mantenimiento...”

Capítulo III

METODOLOGÍA

En este apartado se describe la población con la cual se realizó la investigación, la forma en que se recogieron los datos, los materiales utilizados para ello, y por último, el tratamiento estadístico empleado con el objeto de determinar promedios, significancia de resultados, correlaciones entre variables, entre otras.

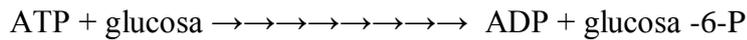
Sujetos:

Todos los jugadores de un equipo de fútbol de primera división, inscritos para competir en el torneo de apertura del campeonato nacional 2006-2007, podían tener la opción de participar en el estudio, esto dependía si estaban en la lista de convocados para el partido. Al final se determinó que existía una población total de 26 futbolistas que podían ser participes de la investigación. Para los fines del estudio se establecieron dos grupos; al grupo de jugadores que participaron de la competencia y más de 70 minutos, se le denominó grupo SC (si compitió) con un $n = 31$. Mientras que a los jugadores que también fueron convocados para el partido, pero que no compitieron o lo hicieron menos de 70 minutos, se les denominó grupo NC (no compitió) con un $n = 14$. El promedio de edad de dicho grupo de futbolistas fue de 27 años ($\pm 3,7$ años).

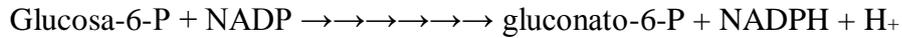
Respecto a los jugadores que participaron o fueron tomados en cuenta para la toma de sangre, debieron cumplir los siguientes requisitos:

1. Primeramente que hubiese sido participe desde un inicio de todos los ciclos de entrenamiento llevados hasta el momento en que se estaba ejecutando el estudio, es decir, si un jugador que se incorporó durante el torneo, no sería tomado en cuenta

hexoquinasa



G-6-PDH



En este esquema de reacción interviene la N-acetilcisteína (NAC) como activador de la creatinquinasa, recomendado por la I.F.C.C.

Los materiales utilizados para este estudio fueron los siguientes;

6. Técnicos del laboratorio clínico.
7. Torniquete.
8. Tubos de ensayo.
9. Agujas para tomar muestra.
10. Algodón.
11. Agua y jabón.

Procedimiento:

A continuación se describe de manera secuencial el procedimiento que se siguió:

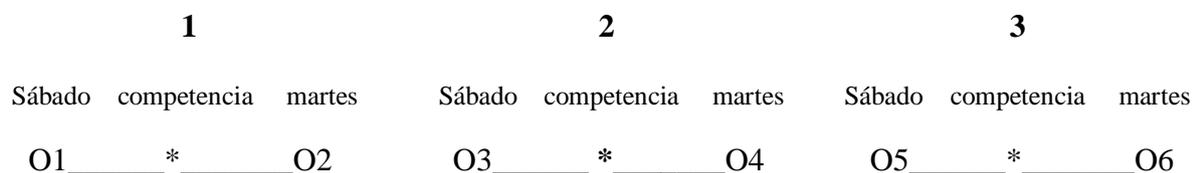
- 1- Inicialmente se tramitó la solicitud de permiso ante el equipo de primera división para realizar el estudio.
- 2- Una vez obtenido el permiso, se procedió a registrar toda la nómina de jugadores de la primera división, y que por ende tienen opción de participar en la investigación.
- 3- Posteriormente al haber obtenido el permiso, se procedió a seleccionar los tres partidos del campeonato en los cuales se iban a realizar la tomas de sangre. Para efectos del estudio, solo se tomaron en cuenta partidos oficiales, y que se jugarían los días domingos al medio día (11 a.m.) y efectuados en la meseta central, pues fuera de la

meseta se presentan otras condiciones climáticas que eventualmente podrían haber afectado directamente los resultados del estudio.

- 4- Luego se recolectaron las muestras sanguíneas de la siguiente forma; la del pre partido se realizó un día antes de la competencia (17 h. antes del juego), es decir, el día sábado a las 6 p.m. en el hotel donde se realizaba la respectiva concentración previa al partido. Dichas muestras fueron tomas, tanto, a aquellos jugadores que abrirían como titulares, como también a los que no, en otras palabras, a todos los que fueron convocados al partido, esto con el fin de observar y valorar los niveles de actividad sérica de CK y urea pre competición.
- 5- Luego la toma pos partido se realizó el día martes (42 h. después de finalizado el partido) en horas de la mañana previo al entrenamiento matutino (primera sesión del microciclo). Específicamente para la recolección de las tomas se siguieron los criterios previamente determinados, y de ahí se establecieron ambos grupos de jugadores, a decir, el grupo SC, como el grupo NC.
- 6- Ya con los grupos de sujetos establecidos pos partido, se procedió a la toma sanguínea en cualquiera de los dos miembros superiores (específicamente en forma cubital), por parte del personal técnico capacitado del laboratorio LABIMED, y dichas tomas se realizaron como se menciona anteriormente, un día antes –sábado- de la competición y dos días después –martes- de la competición en el entrenamiento matutino –repiéndose este procedimiento tres veces-. A continuación, se presenta un gráfico que permite observar la manera en que se realizaron las tomas sanguíneas.

Gráfico 3

Diagrama de la secuencia
de las diversas tomas de sangre.



Como se observa en el gráfico anterior, en total se realizaron seis tomas.

Análisis estadístico:

Con el objeto de comparar los resultados de CK y urea pre y pos competencia, tanto del grupo SC, como del grupo NC, se utilizó la t-student para así determinar en nivel de significancia de los resultados. Además, para establecer relación entre las variables edad, posición de juego, y CK y urea, se utilizó el ANOVA. Y por último, se uso la r Pearson para establecer correlación entre CK y urea.

Capítulo IV

RESULTADOS

En este capítulo se presenta los resultados del estudio. El orden de exposición de los mismos esta estrechamente relacionado con los objetivos del estudio.

En relación con los valores séricos promedio de CK pre y pos competencia del grupo que compitió (SC), a lo largo de los tres juegos. Se obtuvo los siguientes resultados.

Tabla 3
Valores séricos promedio de CK pre y pos competencia del grupo SC,
de los tres partidos.

	x pre	x pos	%	t-student
	Competencia	Competencia	Incremento	
Partido 1	259 U/L	421 U/L	63	- 2.9 **
Partido 2	305 U/L	378 U/L	24	- 1.2
Partido 3	268 U/L	403 U/L	50	- 3.4
Promedio totales	277 U/L	401 U/L	46	-

** (p< .01)

Como se observa, solo en el partido 1 hubo diferencia significativa entre los valores promedio pre y pos competencia correspondientes a la CK. En este caso el promedio de CK pos juego fue estadísticamente superior al promedio pre. Sin embargo, entre los valores pre y pos de CK registrados en los partidos 2 y 3 no se encontró diferencias significativas, aunque si hubo un incremento porcentual de 24 % y 50 % respectivamente.

En la tabla 4 se muestra los resultados de la comparación de los valores pre y pos competencia del grupo SC, acumulados a lo largo de los 3 partidos

Tabla 4

Resultados de CK pre y pos competencia del grupo SC, del total de los tres partidos.

Grupo	Prueba	Variable	N	Promedio	DS	ES	t-student
SC	pre	CK	31	277 U/L	92	17	-4.2*
	pos	CK	31	401 U/L	133	24	

(P< .05)

Tal como se puede apreciar en la tabla 4, existe una diferencia significativa entre los valores de CK pre y pos juego. La concentración sérica de CK es estadísticamente superior en su registro pos competencia.

La comparación de los valores de CK pre y pos competencia acumulados a lo largo de los tres partidos, entre los jugadores del grupo SC y los del grupo que NC, arrojaron los siguientes resultados.

Tabla 5

Resultados de CK pos competencia tanto del grupo SC, como del grupo NC, del total de los tres partidos.

Grupo	Prueba	Variable	N	Promedio	DS	ES	t-student
SC	pos	CK	31	401 U/L	133	24	5.7 **
NC	pos	CK	14	186 U/L	061	17	

**** (p< .01)**

La lectura del cuadro 5 hace evidente que los valores promedio séricos de CK, son significativamente superiores en el grupo SC. La tasa de aumento correspondió a un 116 % en el grupo SC en relación al grupo NC.

En relación a los valores séricos promedio de la urea pre y pos competencia del grupo que compitió (SC), a lo largo de los tres partidos, se obtuvieron los siguientes resultados:

Tabla 6

**Valores séricos promedio de nitrógeno ureico pre y pos competencia del grupo SC,
de los tres partidos.**

	x pre competencia	x pos competencia	t-student
Partido 1	17.2 mg/dl	17.6 mg/dl	0.0
Partido 2	15.7 mg/dl	15.6 mg/dl	- 0.2
Partido 3	14.7 mg/dl	14.8 mg/dl	- 0.07

Se denota en los resultados mostrados en la tabla anterior, que no hubo diferencia entre los valores promedios de urea pre y pos competencia, en ninguno de los partidos.

En la tabla 7 se muestra los resultados de la comparación de los valores de urea pre y pos competencia del grupo SC, acumulados a lo largo de los 3 partidos

Tabla 7

Resultados de nitrógeno ureico pre y pos competencia del grupo SC, en el total de los tres partidos.

Grupo	Prueba	Variable	N	Promedio	DS	ES	t-student
SC	pre	urea	31	15.3 mg/dl	4.4	0.8	- 0.1
	pos	urea	31	15.8 mg/d	3.7	0.6	(p> 0.05)

Como se observa en la tabla 7, no hubo diferencia significativa entre los valores promedio de urea pre y pos del grupo que compitió.

La comparación de los valores séricos de urea pre y pos competencia acumulados a lo largo de los tres partidos, entre los jugadores del grupo SC y los del grupo que NC, arrojaron los siguientes resultados.

Tabla 8

Resultados de nitrógeno ureico pos competencia, tanto del grupo SC, como del grupo NC, de la suma de los tres partidos.

Grupo	Prueba	Variable	N	Promedio	DS	ES	t-student
SC	pos	urea	31	15.8 mg/dl	3.7	0.57	1,18
NC	pos	urea	14	14.3 mg/dl	2.7	0.66	(p> 0.05)

La tabla anterior hace evidente que no hay diferencia significativa entre los valores promedio de urea pos competencia, entre el grupo de jugadores SC y el grupo de jugadores NC.

Respecto al análisis de la relación entre las concentraciones séricas de urea y creatinquinasa por posición de juego, se encontraron los siguientes resultados.

Primeramente los resultados correspondientes a la CK se presentan en el cuadro 9.

Tabla 9

Valores promedio de CK pos competencia según puesto.

Puesto	n	Promedio	DS	ES	ANOVA
Defensas	12	390 U/L	143	41	0.16
Medios campistas	11	389 U/L	137	41	(p> 0.05)
Delanteros	05	428 U/L	094	42	
Totales	28	396 U/L	130	41	

Como se observa en la tabla 9, no hubo diferencia significativa entre los valores promedio de CK y las diversas posiciones de juego.

En el cuadro 10 se presenta los valores correspondientes al comportamiento de la urea, según posición de juego.

Tabla 10

Valor promedio de nitrógeno ureico pos competencia de los jugadores según los puestos.

Puesto	n	Promedio	DS	ES	ANOVA
Defensas	12	14.2 mg/dl	3.6	0.62	1.29
Medios campistas	11	16.6 mg/dl	5.5	0.81	(p>0.05)
Delanteros	05	16.1 mg/dl	5.7	1.6	
Totales	28	15.6 mg/dl	4.9	0.73	

Según los datos mostrados de la tabla 10, no hubo diferencia significativa entre las

concentraciones de urea y las diversas posiciones de juego.

Otro de los objetivos del estudio, fue el determinar si la edad de los jugadores tenía alguna influencia en las concentraciones séricas de CK pos partido, la tabla 11 nos describe los resultados.

Tabla 11

Resultados en las concentraciones séricas de CK pos partido, según los diversos grupos de edades

Edad	n	Promedio	DS	ES	ANOVA
19 – 23	7	342 U/L	191	72	0.93
24 – 28	12	428 U/L	102	29	(p> 0.05)
29 – 33	12	408 U/L	122	35	
Total	31	401 U/L	133	24	

Como se denota, no hubo diferencia entre los valores promedios de los diversos grupos de edades, sin embargo, si se observa que el grupo de jugadores más jóvenes presentó la concentración de CK menor en relación al de los otros dos grupos de edades.

También, el comportamiento sérico de la urea pos competición según grupo de edad, fue otro de los objetivos del estudio. La tabla 12 nos muestra el resultado.

Tabla 12

Resultados en las concentraciones séricas de nitrógeno ureico pos partido, según los diversos grupos de edades

Edad	n	Promedio	DS	ES	ANOVA
19 – 23	7	13.8 mg/dl	4.7	0.9	0.58
24 – 28	12	17.5 mg/dl	3.7	0.46	(p> 0.05)
29 – 33	12	14.7 mg/dl	2.6	0.48	
Total	31	15.3 mg/dl	3.6	0.61	

La tabla anterior muestra que en la concentración de urea no se presentó una relación significativa con los grupos de edades.

Y como último objetivo del estudio fue el de determinar el grado de correlación que podían tener las variables CK y urea. Al final se determinó que no había una correlación significativa entre ambas variables (**r = .03; p> 0.05**).

Capítulo V

DISCUSIÓN

El propósito principal de este estudio fue el de determinar y analizar los niveles de actividad sérica de creatinquinasa y urea pre y pos competencia, como indicadores del daño muscular y del gasto metabólico proteico respectivamente, en un grupo de futbolistas de un equipo de la primera división del fútbol de Costa Rica. En función de este objetivo se realiza la discusión de los resultados.

Los valores séricos de CK pre partido, tanto del grupo SC (277 U/L), como del grupo que NC (271 U/L) fueron estadísticamente similares ($p > .05$), lo que demuestra que ambos grupos se presentaron a la competencia con niveles parecidos actividad sérica de CK. No obstante, para los efectos de este estudio es importante definir si los resultados de actividad sérica de CK precompetitivo en ambos grupos, pueden considerarse normales previos a una competencia. Para ello, en la literatura se citan algunos valores de referencia que nos podrían aclarar esta inquietud.

De conformidad con Calderón y otros (2006), los valores séricos de CK pre competencia que presentaron ambos grupos, podrían ser indicadores que los futbolistas venían precedidos de cargas fuertes de trabajo (271 U/L del grupo NC y 277 U/L del grupo SC), lo que permite inferir cierto nivel de daño muscular previo a la competencia. Esto pareciera indicar –según los rangos establecidos por estos autores- que los jugadores están llegando a la competencia con una capacidad de rendimiento muscular reducida.

Sin embargo, existen otros estudios donde estos valores séricos de CK pre competencia

pueden ser considerados como bajos. De acuerdo con Luden y otros (2007), los resultados encontrados corresponden a un conteo relativamente bajo de creatinquinasa. Estos autores consideran como conteo bajo de CK, valores que oscilan entre 112-176 U/L, mientras que conteo alto correspondería a valores entre 843-1095 U/L, en este sentido Mougios (2007), identificó un rango entre 82-1083 U/L. En ambos casos, las clasificaciones referidas respaldan la idea, que ambos grupos de jugadores mostraron valores séricos bajos de creatinquinasa. Lo que permitiría esperar de ellos una capacidad óptima de trabajo muscular durante la competencia.

De manera que, la referencia científica con que se cuenta es contradictoria y poco concluyente sobre a partir de cuales valores séricos de CK se puede inferir un daño muscular importante. No obstante, ante esta situación Jastrzebski (2006) reportó datos que permite relacionar los resultados del presente estudio de una manera más clara y objetiva. Este autor realizó una investigación en futbolistas profesionales polacos, y observó que al ir finalizando los microciclos de entrenamiento durante un período competitivo, también se iba reduciendo paulatinamente la actividad sérica de CK. En sus mediciones los jugadores llegaron a dar como promedio el día viernes 241.7 U/L – 1 día previo a la competencia-, como se denota muy cercano al promedio de 274 U/L que presentó –1 día antes de la competencia- el grupo total de jugadores del presente estudio. Por lo tanto, se puede inferir a partir de la comparación anterior, que los jugadores del equipo se presentaron a la competencia con niveles séricos de CK relativamente normales para un futbolista.

Por otro lado, llama la atención los resultados de CK pre y pos partido del grupo SC. Se determinó que solo en el primer partido hubo diferencia significativa ($p < .01$), mientras que en los otros no. Partiendo del hecho que los niveles de concentración de CK están muy

relacionados que la intensidad del esfuerzo, es decir, a mayor intensidad en el esfuerzo mayor daño muscular – por ende mayor concentración de CK-, por tanto, deja inferir que es probable que las intensidades de las acciones competitivas que realizaron los jugadores en los partidos 2 y 3 no hubiesen sido tan fuertes como las del primero. También otra explicación, puede ser el hecho de que los resultados de CK pre partido, tanto en el segundo juego (305 U/L), como en el tercero (268 U/L), fueron superiores a los del primero (259U/L), por tanto, al ser la línea base del primer juego es inferior a la de los otros, permitió un rango más amplio para el resultado del comportamiento de CK en el pos.

Sin embargo, en la suma total de los tres partidos si se dió un incremento significativo ($p < .05$) en los niveles de CK, lo que permite inferir que el grupo de jugadores SC, se presentó al inicio del microciclo de entrenamiento (martes) con una actividad sérica (401 U/L) significativamente mayor, en relación a la que presentó (277 U/L) previo a los partidos.

No obstante, el resultado promedio pos juego de 401 U/L del grupo SC, por si solo no nos indica la magnitud del daño muscular que se produjo en los jugadores. El rango entre 200 y 600 U/L de actividad sérica de CK reportado por Calderón y otros (2006), indica que el deportista viene precedido de una carga excesiva de entrenamiento, en este caso de una carga competitiva. En términos porcentuales el incremento de la actividad sérica entre el pre y el pos fue de un 46 %, y después de un incremento de un 40 % se considera como un indicador de sobreentrenamiento (Córdoba y Álvarez, 2001), más aún, en relación con el nivel de actividad sérica reportado para población no deportista (donde el límite superior es de 195 U/L) el incremento fue de un 106 %, que es calificado como que se ha producido un daño a nivel muscular importante (Mavrovouniotis, 2002). Por último, normalmente después de 36 h de haber competido las concentraciones de actividad sérica de CK deben haber llegado a sus

niveles normales (Jastrzebski, 2006), aspecto que no sucedió en el grupo SC, pues reportó 401 U/L.

Por lo tanto, en consideración de los criterios anteriores, se podría decir que el nivel de actividad de CK pos competencia reportada por el grupo SC, no solo, se incrementó significativamente, sino que dicho incremento indujo a un daño muscular importante en los jugadores, por lo que se puede inferir, que dichos jugadores se presentaron a entrenar el día martes en la mañana –inicio de microciclo-, con un daño muscular significativo ocasionado por la competencia que realizaron el día domingo.

Por otro lado, comparando los resultados promedio de CK pos partido del grupo SC que fue de 401 U/L y del grupo NC que fue de 186 U/L, se determinó una diferencia significativa ($p < .01$) entre los valores promedio de ambos grupos. Este resultado podría indicar dos aspectos, primero que con ello se confirma el efecto real que produjo la competencia en la actividad sérica de los futbolistas del grupo SC, y el segundo aspecto, que los niveles séricos de CK que presentaron los jugadores del grupo NC, se da como efecto de la disminución de cargas físicas que tuvieron desde la toma de sangre del día sábado, hasta la toma del día martes. Dicha disminución de actividad de CK fue estadísticamente significativa ($p < .05$).

Analizando los resultados anteriores, y valorando la posibilidad de implementar cargas físicas al inicio del microciclo de entrenamiento, se podría determinar con certeza que el grupo de sujetos del grupo NC, presentó un nivel de actividad sanguínea de CK tal, que está en disposición muscular de realizar un entrenamiento con cargas importantes, mientras que el grupo SC, debería realizar un entrenamiento con cargas bajas, de tal forma que estimule la

regeneración del tejido muscular dañado, pues están mostrando un estado de fatiga crítica –al menos muscularmente- (Virus y Virus, 2003, Hartman y Mester, 2000).

Referente a los resultados que se obtuvieron en la otra variable del estudio la urea, primeramente se compararon los resultados de los niveles de concentración sérica pre y pos partido de ambos grupos. Al final se observó que no hubo diferencia significativa ($p > .05$) entre los niveles de concentración de urea, tanto en cada partido específico, como en la suma de todos ellos, y en ambos grupos de estudio.

Analizando los resultados del nitrógeno ureico, específicamente del grupo SC, se observa que el resultado del pre partido de 15.3 mg/dl, es similar al del que se reporta en el pos, que fue de 15.8 mg/dl, esto pareciera indicar que la carga física que produjo la competencia fue tal, que no logró influenciar significativamente – al menos 45 h. después de la competencia- los niveles séricos de urea en el grupo de futbolistas que compitieron. Sin embargo, si se comparan los resultados de 15.8 mg/dl de concentración de nitrógeno ureico del grupo SC, con los indicados para una población no deportista (que oscilan entre 5 a 23 mg/dl), estos están dentro del rango reportado. Pero, si comparamos los resultados para atletas como los que reporta Calderón y otros (2006), estos se ubican como bajos y similares a los que se datan para un deportista, luego de haber realizado una sesión de entrenamiento con cargas bajas.

Ante este resultado del comportamiento de la urea pos partido, surge la pregunta ¿por qué la competencia no produjo influencia significativa en la actividad sérica de la urea en el grupo SC? La literatura específica reporta también investigaciones donde las concentraciones sanguíneas de urea no han sufrido cambios significativos en deportistas de élite, después que

estos han sido sometidos a determinadas cargas de trabajo (Sáenz, 2003; Rodríguez y otros, 2002) Sin embargo, es de caracterizar que dichas investigaciones donde no se han reportado cambios significativos en la concentración sanguínea de urea, en relación a aquellas donde si se han dado, se pudo observar que la carga física a la que fueron sometidos los atletas fueron muy diferentes, es decir, pareciera que cuando las cargas son muy voluminosas, y sobre todo son largas o de duración muy prolongada, como los que realizan los atletas triatlonistas, maratonistas o ciclistas de ruta, se pudo observar cambios significativos en la concentración sérica de urea.

Sobre este tema, también Viru y Viru (2003) expresa que “determinados ejercicios no aumentan la concentración de urea en sangre. No obstante, con frecuencia esta situación metabólica es inversa en los deportistas que realizan ejercicios de larga duración y que reflejan un aumento de la concentración de urea en sangre” (p.38) y prosigue diciendo que “En los deportistas, el incremento de urea sanguínea, normalmente dependiente de la carga utilizada en el entrenamiento, desaparecía cuando se incluían ejercicios de alta intensidad en la sesión de entrenamiento” (p.38)

Ahora bien, si se aplica el anterior criterio a los resultados del estudio, pareciera que los partidos de fútbol -al menos los que fueron sometidos en este estudio-, no demandaron en los jugadores esfuerzos físicos que indujeran a cambios importantes en la actividad sérica de la urea. Esto debido quizás a que en el fútbol la mayoría los esfuerzos son intermitentes repetitivos y de una corta duración con variada intensidad (Hübner, 1994).

También, hay otro elemento que pudo haber influido para que no se diera un cambio significativo en la concentración de urea pos competencia, los niveles de acumulación de

ácido láctico. Después de una concentración de lactato arriba de 10 mmol/l se bloquea el incremento sanguíneo de urea. Según Godik y Popov (1998), el promedio de concentración de ácido láctico de un futbolista durante el juego es alrededor de los 8 mmol/l, no obstante, en varios momentos del juego este llega a subir a más de 10 mmol/l., por tanto, bajo este criterio es probable que durante varios tramos de la competencia los jugadores del estudio presentarán niveles de lactato arriba de 10 mmol/l, lo que provocó que la concentración sanguínea de urea dejara de aumentar.

Otro factor que puede ayudar a explicar los resultados de la urea, es el de las reservas iniciales de glucógeno muscular que podían haber presentado los jugadores del grupo SC, previo a la competencia. Si estas eran bastante elevadas, las posibilidades de una concentración sérica importante de urea, se verían reducidas. En consideración de lo anterior, es probable que los jugadores del grupo SC presentaran pre competencia, no solo, reservas importantes de glucógeno muscular, sino también, una buena disposición de hidratos de carbono, de tal forma que pudieron haber incidido para que la concentración de urea no aumentara de una manera importante.

Todo lo anterior, lleva a la conclusión que desde el punto de vista metabólico energético, los jugadores de ambos grupos estaban en disposición de recibir cargas físicas importantes el día martes, es decir, al inicio del microciclo de entrenamiento, pues según Viru y Viru (2003) “...para diseñar el entrenamiento, los valores registrados durante la mañana de un nuevo microciclo de entrenamiento son los más importantes” (p.190).

Otro elemento investigado fue la relación existente entre los niveles de actividad de CK y urea, y la posición del jugador dentro del equipo. Al final se determinó que no hubo significancia, tanto en los niveles de CK ($p > .05$), como en los de urea ($p < .05$), y las posiciones de los jugadores dentro del equipo. Este resultado nos indica que los esfuerzos que realizaron los jugadores de campo (el arquero quedó fuera de este estudio por ser una posición muy específica) fueron muy similares. Esto puede explicarse desde la perspectiva táctica del fútbol actual, donde el juego en zona y en bloque está planteado de tal manera que las tareas ofensivas y defensivas que realizan todos los jugadores estén repartidas equitativamente, lo que también hace que los recorridos que se realizan los jugadores en el campo de juego sean muy similares. En otras palabras, los esfuerzos físicos que se ejecutan en la competición no sean muy distantes entre los mismos jugadores. También lo anterior se ve reforzado con los resultados reportados por Jastrzebski (2001) en su estudio con futbolistas profesionales. Él concluye al final de su investigación, que la actividad sérica de CK tiene poca significancia en relación a las posiciones de juego de los futbolistas.

Lo último relacionado con la CK y urea que se investigó, fue la relación entre los niveles de actividad sérica de estas variables pos partido y la edad de los sujetos. Los resultados que se determinaron, indicaron que no existió relación significativa, entre la edad de los sujetos y los niveles de CK ($p > .05$) y urea ($p > .05$). No obstante, es de destacar que el grupo de rango de edad 19-23 años tuvo una tendencia a mostrar niveles de CK menores, que al de los otros rangos de edad. A pesar que se citan estudios, donde el factor edad es un determinante en los niveles de actividad sérica de CK, no se puede afirmar tácitamente que en la población de deportistas, entre más joven se es los músculos son más resistentes al daño muscular (aunque si pareciera existir una tendencia hacia eso), pues, puede existir otro factor que influya directa o indirectamente en los niveles de actividad de CK.

El último objetivo del estudio, fue el de identificar el grado de correlación entre los niveles séricos de CK y urea, al final se encontró que no hubo una correlación significativa ($r = .03$; $p > .05$). Esto indica que el incremento o disminución de una, no incide en la concentración sérica de la otra.

Capítulo VI

CONCLUSIONES

En este capítulo se presentan las conclusiones que arrojó el estudio, y se hace en función de los objetivos y en el orden en que se plantearon los mismos.

1. Los resultados de actividad sérica de CK pre competencia, tanto del grupo SC (277 U/L), como del grupo NC (241 U/L), se pueden ubicar dentro del rango como normales previos a una competencia.
2. El valor promedio de concentración sérica de urea pre competencia en ambos grupos de estudio, se ubicó dentro del rango bajo para la población deportista y normal para la población no deportista.
3. Hubo un incremento significativo ($p < .05$) pos competencia en los niveles de actividad sérica sanguínea de CK del grupo SC, que al final indujeron a un daño muscular importante en ese grupo de jugadores.
4. El grupo NC mostró una disminución significativa ($p < .05$) en la actividad sérica de CK. Ello producto a que en el lapso de tiempo que paso entre el pre y el pos partido, dicho grupo de jugadores no fue sometido a ningún tipo de carga física importante.
5. Los niveles séricos de urea que se reportaron pos juego, en ambos grupos de estudio, se ubicaron dentro del rango bajo para la población deportista y normal para la población no deportista.

6. La carga física que produjo la competencia fue tal, que no logró influenciar significativamente ($p > .05$) los niveles séricos de urea en el grupo SC.
7. No se observó una relación significativa ($p > .05$) entre la edad de los sujetos y los niveles de concentración de CK pos competencia, no obstante, el rango de edad entre 19-23 años presentó niveles inferiores de concentración de CK. No se sabe con exactitud si esto es un fenómeno inducido por la edad, o es un hecho aislado y específico del grupo de jugadores que se ubicaron en este rango.
8. La competencia como tal no produjo relaciones significativas ($p > .05$) entre la urea sérica, y las variables edad y posición de juego. Probablemente, la carga física que demandaron los tres partidos estudiados fue tal, que no generó cambios importantes en la actividad sanguínea de la urea.
9. En este estudio no fue determinante la posición de los jugadores en el equipo, con la con la actividad sérica de CK y urea pos competencia.
10. No se dió una correlación significativa entre los valores séricos de CK y urea.

VII

RECOMENDACIONES.

En este apartado las recomendaciones que se presenten se obtuvieron, por un lado por los resultados que arrojó el estudio, y por otro, por las experiencias que se generaron a través de todo el proceso investigativo. Las mismas se presentan bajo el orden conceptual, metodológico y práctico.

1. Con el fin valorar más objetivamente la actividad sérica de CK y la concentración de urea, se hace necesario contar con normas para futbolistas profesionales, en donde se puedan analizar los resultados del pre y pos competencia.
2. La recolección de la toma sanguínea pre competencia, se debería realizar el mismo día en que se va a competir, con el objeto de poder analizar más claramente el nivel de daño muscular y gasto proteico con que los jugadores ingresan a la competencia.
3. Realizar tomas sanguíneas en los diversos períodos de preparación del futbolista, para así ir determinando un perfil individual y grupal de actividad sérica de urea y CK, con el objeto de poder detectar a tiempo posibles síntomas de fatiga, y a su vez también, programar adecuadamente las cargas de entrenamiento en las diversas fases del torneo.
4. Con el propósito de tener una mayor información sobre la amplitud del desgaste fisiológico que implica la competición del fútbol, se debería incluir en investigaciones de esta naturaleza, otras variables bioquímicas como; la hormona cortisol, la glucosa y potasio plasmático, determinados aminoácidos, entre otras.

5. Los resultados de este estudio infieren que sería conveniente que los cuerpos técnicos del fútbol, presten atención a la recuperación de sus jugadores pos competencia, y que como medida de precaución sería adecuado que aún pasadas las 48 h del partido, los jugadores que compitieron tengan al menos una sesión de entrenamiento regenerativo.

BIBLIOGRAFÍA

Alvear, I., Garcia, D., De Paz, J. & Gonzalez, J., (2005); Sweat, lactate, ammonia, and urea in rugby players. *International Journal of Sport Science*, 26 (8), 632- 637

Atalay, N. & Eler, S., (2003); The changes in blood glucose, lactate, and creatine kinase levels of elite male beach handball players during a game. *Fizioterapi Rehabiltasyon*, 14 (1) 23-27.

Audesirk, t., Audesirk, G.y Byers, B., (2003); **Biología**. México D.F. Editorial Pearson Educación.

Barbosa, T., Magalhaes, P., Lopes, V., Neuparth, M. y Duarte, J., (2003); Comparacao da variacao da actividade neuromuscular, da creatina quinase e da forza isométrica máxima voluntaria entr dois protocolos exhaustivos e inhabitúales. *Revista Portuguesa de Ciencias do Desporto*, 3 (1), 7-15.

Brancaccio, P., Limongelli, F. & Maffulli, N., (2006). Monitoring of serum enzymes in sport. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 541-544.

Calderón, F., Benito, P., Meléndes, A.y González, M., (2006); Control biológico del entrenamiento de resistencia. *International Journal of Sport Science*, 2 (2), 65-87.

Córdoba A y Álvarez M, (2001); Inmunidad en el Deporte. Madrid, España. Editorial Gymnos.

- Coutts, A., Wallace, L. & Slattery, K., (2007); Monitoring changes in performance, physiology, biochemistry, and psychology during overreaching and recovery in triathletes. *International Journal of Sports Medicine*, 28 (2), 125-134.
- Fallon, K., (2006); Clinical utility of blood tests in elite athletes with short term fatigue. *British Journal of Sports Medicine*, 40, 541-544.
- Fallon, K., Fallon, K. & Boston, T. (2001); The acute phase response and exercise: court and field sports. *British Journal of Sports Medicine*. 35, 170-173.
- Fernández, J.C. (2001): Concepto y taxonomía de la fatiga física (II). Extraído el 22 junio 2006 desde <http://www.efedeportes.com>
- Fomin, N., Gorokhnov, N. & Timoshenko, L., (2006); Study of wrestler' some biochemistry indices change property before and after high intensity. *Teoría i Praktika Fiziceskoj kul'tury*, 1, 9-11.
- García, M., Navarro y M., Ruiz, J. (1996); Planificación del entrenamiento deportivo. Madrid, España. Editorial Gymnos.
- Gill, N., Beaven, C. & Cook, C. (2006); Effectiveness of post-match recovery strategies in rugby players. *British Journal of Sports Medicine*, 40 (3), 260-263
- Godik, M. y Popov, A., (1998); La preparación del futbolista. Barcelona, España. Editorial Paidotribo.

Gómez del Valle, M., Rosety, M., Ordóñez, F. y Ribelles, A., (2002); Efecto de la hora del día sobre parámetros bioquímicos y desempeño físico. *Revista Internacional de Medicina, Actividad Física y Deporte*, 5, 1577-0354.

Grosser, M., Brüggenmann, P. y Zintl, F., (1993): Alto rendimiento deportivo. México D.F. Editorial Martínez Roca.

Gutiérrez, A. y León, J.A. (2003); Cuantificación de la fatiga en gimnastas a través de la percepción relativa del esfuerzo. Extraído el 22 junio 2006 desde <http://www.efedeportes.com/> .

Hartmann, U., & Mester, J., (2000); Training and overtraining markers in selected sport events. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 32 (1), 209-215.

Hübner, E., Szmuchrowsky, L. & Lutoslawska, G., (1994); Effects of soccer match-play on selected blood biochemical variables. *Biology of Sport*, 11 (2), 83-89.

Jastrzebski, Z. (2001); Serum creatine kinase (CK) activity in Polish Olympic Team football players, during a playing period: no relation to maximum power test. *Medycyna Sportowa*, 17 (12), 456-458.

Jastrzebski, Z. (2006); Changes of chosen blood parameters in football players in relation to applied training loads during competition. *Biology of Sport*, 23 (1), 85-96.

- Kargotich, S., Keast, D., Goodman, C., Bhagat, C., Joske, D. & Dawson, B., (2007);
Monitoring 6 weeks of progressive endurance training with plasma glutamine.
International Journal of Sports Medicin, 28 (3), 211-216.
- Klapcinska, B., Iskra, J., Poprzesiok, S. & Grezesiok, K., (2001); The effects of sprint (300 m) running on plasma lactate, uric acid, creatine kinase and lactate dehydrogenase in competitive hurdlers and untrained men. *Journal Sports Medicine & Physical Fitness*, 41 (3), 306-311.
- Kobayashi, Y., Takeuchi, T., Hosoi, T., Yoshizaki, H. & Loeppky, J., (2005); Effect of a marathon run on serum lipoproteins, creatine kinase and lactate dehydrogenase in recreational runners. *Research Quarterly for exercise & Sport*, 76 (4), 450-455.
- Konarska, A., Karolkiewicz, J. & Pilaczynska, L. (2006); Melatonin and other parameters of blood antioxidant system in volleyball players during an annual training cycle.
Human Movement, 7 (2), 111-117.
- Liu, Z., (1999); Advance of research of sports training and creatine kinase. *Journal of Tiajin Institute of Physical Education*, 14, 30-32.
- Luden, N., Saunders, M. & Tood, M., (2007); Postexercise carbohydrate-protein-antioxidant ingestion decreases plasma creatine kinase and muscle soreness. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 17, 109-123.

Mavrovouniotis, F., Argiriadou, I., Mavrovouniotis, C. & Haritonidis, K., (2002); Serum enzyme changes following a volleyball game in adolescent players.

Oesterreichisches Journal fuer Sportmedizin, 32 (4), 6-10.

Mougiou, V., (2007); Reference intervals for serum creatine kinase in athletes. *British Journal of Sports Medicine*.

Muñoz, D. y Olcina, G.J. (2001): *Valoración hematológica como medio de control del entrenamiento en deportistas de resistencia*. Extraído el 24 de junio 2006 desde <http://www.efedeportes.com/>

Murray, R., Mayes, P., Granner, D. y Rodwell, V., (1994); *Bioquímica de Harper*. México D.F. Editorial El Manual Moderno S.A.

Nikolaidis, M., Protosyggellou, M., Petridou, A., Tsalis, G., Tsigilis, N. & Mougiou, V., (2003); Hematologic and biochemical profile of juvenile and adult athletes of both sexes implications for clinical evaluation. *International Journal of Sports Medicine*, 24(7), 506-511.

Nosaka, k. & Newton, M., (2002); Difference in the magnitude of muscle damage between maximal and submaximal eccentric loading. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 16 (2), 202-208.

Nosaka, k. & Newton, M., (2002); Concentric or eccentric training effect on eccentric exercise-induced muscle damage. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 34 (1), 63-69.

Pérez, R., De Paz, J., Bustamante, J. y Villa, J., (1997): Influencia del entrenamiento físico en la cinética de la urea. *Archivos de Medicina del Deporte*, 59, 185-190.

Plante, D. & Houston, M., (1984); Effects of concentric and eccentric exercise on protein catabolism. *International Journal of Sports Medicine*, 5 (4), 174-178.

Sáenz, F., (2003); *Efectos hematológicos causado por dos tipos de entrenamiento*. Extraído el 27 de junio 2006 desde <http://www.efedeportes.com/>

Schosinsky, K., Chaves, A, Jimenez, M., Holst, I, Vargas, M, Quintana, E.y Brilla, E., (1997); Manual de Técnicas de Laboratorio en Química Clínica. XI edición.

Skurvydas, A., Streckis, V., Mickeyciene, D., Kamandulis, S., Stanislovaitis, A.& Mamkus, G., (2006); Effect of age on metabolic fatigue and on indirect symptoms of skeletal muscle damage after stretch-shortening exercise. *Journal of Sports Medicine & Physical Fitness*, 46 (3), 431-441.

Smith, H., (2000); Ergometer sprint performance and recovery with variations in training load in elite rowers. *International Journal of Sports Medicine*, 21(8), 573-578.

Smith, J., Garbutt, g., Lopes, P. & Turnstall, P., (2004); Effects of prolonged strenuous exercise (marathon running) on biochemical and haematological markers used in the investigation of patients in the emergency department. *British Journal of Sports Medicine*, 38 (3), 292-294.

Stephen M., Gajdosik R. & Ruby B. (2003): Efectos del estradiol circulante sobre la actividad de la creatinquinasa inducida por el ejercicio. Extraído el 20 junio 2006 desde <http://www.efedeportes.com/>

Suzuki, M., Umeda, T., Nakaji, S., Shimoyama, T., Mashiko, T. & Sugawara, K., (2004); Effect of incorporating low intensity exercise into the recovery period after a rugby match. *British Journal of Sports Medicine*, 38, 436-440.

Takarada, Y., (2003); Evaluation of muscle damage after a rugby match with special reference to tackle plays. *British Journal of Sports Medicine*. 37 (5), 416-419.

Viru, A. y Viru M., (2003); Análisis y control del rendimiento deportivo. Barcelona, España. Editorial Paidotribo.

Wiener Laboratorios S.A.I.C., (2000). *Prospecto de urea*. Rosario, Argentina.

Wiener Laboratorios S.A.I.C., (2000). *Prospecto de creatinquinasa*. Rosario, Argentina

Zajac, A., Waskiewicz, Z. y Pilis, W., (2001); Cambios en la potencia anaeróbica, actividad de la creatinquinasa, concentración de lactato, y equilibrio base luego de series de ejercicios de sobrecarga exhaustivos. *Journal of Strength & Conditioning Research*, 15 (3), 357-361.