

Valoración del estado nutricional y del gasto energético en deportistas

Juan Mielgo-Ayuso^{1,2}, Beatriz Maroto-Sánchez^{1,2}, Raquel Luzardo-Socorro^{1,2}, Gonzalo Palacios^{1,2,3}, Nieves Palacios⁴, Marcela González-Gross^{1,2,4}

¹Grupo de Investigación ImFINE. Universidad Politécnica de Madrid. España. ²Departamento de Salud y Rendimiento Humano. Facultad de Actividad Física y Deporte - INEF. Universidad Politécnica de Madrid. ³CIBERobn. Fisiopatología de la Obesidad y la Nutrición CB12/O3/30038). Instituto de Salud Carlos III. España. ⁴Centro de Medicina del Deporte. Consejo Superior de Deporte. España.

Resumen

El ejercicio físico continuo conduce al atleta a mantener un equilibrio inestable entre la ingesta dietética, el gasto de energía y las exigencias adicionales de un alto grado de actividad física. Por lo tanto, una evaluación precisa del estado nutricional es esencial para optimizar el rendimiento, ya que afecta a la salud, la composición corporal, y la recuperación del atleta. Aspectos específicos como tipo de deporte, especialidad o posición de juego, programa de entrenamiento y calendario de competiciones, la categoría, objetivos específicos, que difieran de la población en general, deben ser tenidos en cuenta. La evaluación bioquímica nos puede dar una idea general del estado nutricional, del perfil lipídico, del funcionamiento de hígado o riñón, de si la dieta es demasiado alta en proteínas o grasas, así como las posibles deficiencias nutricionales y la necesidad de suplementación. La cineantropometría deportiva tiene gran utilidad ya que permite la evaluación de la masa corporal, altura, longitud, diámetro, perímetro y pliegues cutáneos, donde la información se procesa mediante la aplicación de diferentes ecuaciones, obteniendo información sobre el somatotipo, la composición corporal y la proporcionalidad de las distintas partes del cuerpo. Para poder dar una orientación nutricional adecuada, las necesidades de energía de los atletas deben ser conocidas. Si la medición objetiva no es posible, existen tablas que incluyen los requerimientos de energía teóricamente establecidos para diferentes deportes. La evaluación dietética debe incluir información sobre el consumo de alimentos y nutrientes para establecer la relación entre la dieta, el estado de salud y el rendimiento del atleta. Por otro lado, un estado adecuado de hidratación en los atletas es esencial para mantener un rendimiento óptimo. Se debe valorar específicamente la ingesta de líquidos por parte del deportista. La deshidratación puede causar efectos nocivos en la salud de los atletas. Como no existe un método "gold standard", la gravedad y el color de la orina son los métodos más extendidos para analizar el estado de hidratación. Hay consenso en que la combinación de diferentes métodos asegura una captura efectiva de datos para la valoración nutricional del deportista que permitirá proceder a la intervención dietética y nutricional.

Palabras clave: Antioxidantes. Cineantropometría. Hidratación. Dieta. Deporte.

Correspondencia: Marcela González-Gross.
ImFINE Research Group.
Departamento de Salud y Rendimiento Humano.
Facultad de Ciencias de la Actividad Física y del Deporte-INEF.
Universidad Politécnica de Madrid.
C/ Martín Fierro 7.
28040 Madrid. España.
E-mail: marcela.gonzalez.gross@upm.es

EVALUATION OF NUTRITIONAL STATUS AND ENERGY EXPENDITURE IN ATHLETES

Abstract

Continuous physical exercise leads the athlete to maintain an unstable balance between dietary intake, energy expenditure and the additional demands of a high amount of physical activity. Thus, an accurate assessment of nutritional status is essential to optimize the performance, since it affects health, body composition, and the recovery of the athlete. Specific aspects like the type of sport, specialty or playing position, training schedule and competition calendar, category, specific objectives, which differ from the general population, must be considered. A biochemical assessment can give us a general idea of the nutritional status, lipid profile, liver or kidney function, if diet is too high in proteins or fats, as well as possible nutritional deficiencies and the need for supplementation. Sport kinanthropometry has great utility that enables the assessment of body mass, height, length, diameter, perimeter and skinfolds, where information is processed by applying different equations, obtaining information on somatotype, body composition, and the proportionality of different parts of the body. To give proper nutritional counselling, energy needs of the athlete must be known. If objective measurement is not possible, there are tables including theoretically established energy requirements of different sports by different procedures. Dietary assessment should include information about food consumption and nutrient intake to establish the relationship between diet, health status and athlete's performance. On the other hand, an adequate hydration status in athletes is essential to maintain adequate performance. Hence, the knowledge of fluid intake by the athlete is a matter of the utmost importance. Dehydration can cause harmful effects on athletes' health. As there is no gold standard, urine gravity and urine colour are the most extended methods for analyzing hydration status. There is consensus that due to complexity, the combination of different methods assures an effective data collection which will be useful to proceed in dietary and nutritional intervention.

Key words: Antioxidants. Kinanthropometry, Hydration. Diet. Sport.

Abbreviations

BIA: Impedancia bioeléctrica.
ISAK: The International Society of Advancement of Kinanthropometry.
MET: Equivalente metabólico.
GEO: Gravedad específica de la orina.

Introducción

El ejercicio físico cuando se realiza de una manera continuada y con cierta intensidad conduce a que el deportista mantenga un equilibrio inestable entre la ingesta dietética (energía, macro y micro nutrientes) y el gasto de energía de la vida diaria más las demandas adicionales de la actividad física que realiza. Por lo tanto, una evaluación precisa del estado nutricional es esencial para optimizar el rendimiento del deportista, ya que afecta a la salud, composición corporal y la recuperación del atleta^{1,2}.

Existen diferentes métodos para evaluar el estado nutricional de un individuo. A menudo es útil combinar varios de ellos para obtener una evaluación más completa y precisa. La evaluación aislada de cualquiera de sus componentes no debe entenderse como un resultado de diagnóstico, sino como un método complementario a la evaluación nutricional total¹.

Existen diferentes métodos que son utilizados para una adecuada evaluación nutricional. Esta revisión profundizará en la selección de algunos marcadores bioquímicos, aspectos específicos antropométricos y la evaluación dietética-nutricional y del estado de hidratación utilizados en la evaluación nutricional del deportista. Los datos obtenidos gracias a estos métodos deben ser interpretados, entre otras, según la fase competitiva en la que se encuentra el atleta^{1,2}. La complejidad de la información recogida tanto individualmente como en estudios nutricionales requiere de herramientas validadas y de investigadores capacitados y profesionales para facilitar el análisis de la información recogida.

Algunos aspectos que deberían ser familiares en la evaluación nutricional de deportistas y que difiere de la población en general son¹:

- El tipo de deporte (de fuerza, Resistencia, velocidad o de equipo (acíclico) o algunos estéticos (gimnasia rítmica) y especialmente la posición de juego.
- Los días, horario y tiempo utilizado en entrenamientos y competición.
- La categoría en la que los atletas compiten (amateur o profesional).
- Cuál es el principal objetivo y en qué momento específico se encuentra (ponerse en forma, una determinada competición). Es importante priorizar acciones.

Asimismo, es también importante conocer el plan de entrenamiento, focalizando en los microciclos y en las cargas diarias^{1,2}.

Interés

La evaluación nutricional en el deporte es necesaria y beneficiosa tanto para la salud como para el rendimiento deportivo. Uno de los objetivos es hacer adecuadamente una intervención nutricional, la cual podría incluir entre otras¹:

- Evaluación del balance energético (ingesta calórica-energía utilizada), verificándola mediante el mantenimiento de un peso corporal estable, una buena salud y un óptimo rendimiento físico.
- Adecuación de las recomendaciones nutricionales de acuerdo con el deporte, tipo de entrenamiento y momento de la temporada.
- Organización del calendario de comidas, adaptándolo al entrenamiento y/o competición. En este sentido, el deportista será capaz de optimizar su entrenamiento, consiguiendo el máximo rendimiento y asegurando una correcta recuperación post ejercicio.
- Evaluación y corrección de excesos y deficiencias de nutrientes así como errores relacionados con la nutrición.
- Educación nutricional continuada que facilite la comprensión y su cumplimiento.

Controversia

No hay duda que una dieta adecuada contribuirá a soportar mejor un entrenamiento intenso y continuado, mientras que limitará el riesgo de enfermedad o lesión. Es esencial proporcionar adecuadamente la energía y nutrientes necesarios para estar saludable y rendir bien. Sin embargo, no existe una fórmula predictiva que cuantifique la energía que un deportista necesita, además de que no hay un consenso si el entrenamiento regular requiere una mayor cantidad de nutrientes. En la misma línea, el uso de uno u otro método en la evaluación dietética proporciona diferentes datos de la evaluación dietética. Las demandas de energía (y nutrientes) fluctuarán a lo largo de una temporada deportiva y entre distintas sesiones de entrenamiento. Monitorizar el peso corporal puede ser una medida ambigua, ya que no es un indicador real del balance energético de los atletas. Mientras un incremento de masa grasa afecta negativamente al rendimiento deportivo e incrementa las demandas energéticas, un incremento de la masa musculoesquelética es visto como un indicador positivo del rendimiento deportivo, ya que contribuye a la producción de potencia durante el ejercicio, así como para aumentar el tamaño y la fuerza tanto en esfuerzos dinámicos como estáticos. Por tanto, medir los pliegues cutáneos durante una temporada puede darnos mucha información acerca de la composición corporal del deportista. El desarrollo de ecuaciones predictivas para la población general puede generar resultados confusos en la composición corporal y en la energía necesaria por

los deportistas. También hay una controversia acerca de la hidratación aceptable sin que se comprometa el rendimiento. Los aspectos relacionados con la salud a veces son olvidados en el deporte de elite.

Limitaciones

Cada deportista es diferente y como tal cada uno tiene diferentes requerimientos de energía y nutrientes dependiendo de múltiples factores como el tamaño corporal, la disciplina deportiva, la carga de entrenamientos, el número de entrenamientos al día, etc. Esto hace que la valoración nutricional sea difícil, por la gran cantidad de variables que hay que tener en cuenta. Además, cada deportista tiene su propia genética y características psicológicas, bioquímicas y biomecánicas que pueden determinar sus necesidades nutritivas². Por tanto, la comparación con las recomendaciones de ingestas dietéticas para la población general será un error. Cada deportista, hombre o mujer, necesitará identificar sus objetivos nutricionales de energía, carbohidratos, proteínas, grasas, vitaminas, minerales y agua con el objetivo de asegurar la salud y tener un óptimo rendimiento deportivo. Ellos pueden monitorizar su composición corporal y marcadores bioquímicos a través de la temporada para tener su propio registro³.

Estado actual y perspectivas

Evaluación bioquímica

Una evaluación bioquímica del estado nutricional en atletas es esencial². Los marcadores bioquímicos son obtenidos a partir de los análisis clínicos, bien de muestras sanguíneas o de orina. Estos parámetros pueden darnos una idea general del estado nutricional, el perfil lipídico, la función hepática o renal, si la dieta es bastante alta en proteínas o grasas, así como de posibles deficiencias nutricionales. Existe un continuo interés acerca de las vitaminas y los elementos traza nutricionales y metabólicos, como una información adicional del rendimiento deportivo⁴. Concretamente, las vitaminas y los minerales son necesarios para un gran número de procesos metabólicos en el cuerpo, incluyendo numerosas reacciones relacionadas con el ejercicio y la actividad física, como en el metabolismo energético, el de carbohidratos, grasas y proteínas, en el transporte y entrega de oxígeno y en la reparación tisular. Por tanto, es importante examinar si el ejercicio afecta o no a la función de estos elementos⁴.

Vitamina C y vitamina E

Las vitaminas C y E son unos de los componentes bioquímicos más estudiados debido a la fuerte relación que tienen con la actividad física y el rendimiento. Teniendo

en cuenta esto, nos enfocaremos en estas dos vitaminas.

Ha sido ampliamente documentado que las vitaminas C y E muestran numerosos efectos beneficiosos debido entre otros a sus propiedades antioxidantes. Consecuentemente, las vitaminas C y E tienen expectativas de prevenir enfermedades relacionadas con el exceso de radicales libres. En el campo de la medicina del deporte, muchos estudios realizados con las vitaminas C y E han sido conducido originalmente desde el punto de vista de sus efectos en el rendimiento físico. Aunque algunos estudios previos indicaron que la suplementación con vitamina C o E podría mejorar el rendimiento físico, las diferencias en el diseño de los estudios, el tipo de deporte o análisis estadístico pueden explicar las discrepancias que aparecen cuando se comparan los resultados de estos estudios. Sin embargo, algunos estudios recientes podrían mejorar nuestra comprensión del efecto de estas vitaminas en relación a la actividad física.

La vitamina C en los seres humanos actúa como un donante de electrones (agente antioxidante) en ocho enzimas de las cuales tres están involucrados en la hidroxilación del colágeno y dos están implicados en la biosíntesis de carnitina. También se ha demostrado que la vitamina C protege de los lípidos y lipoproteínas de baja densidad en el plasma sanguíneo. También interactúa con otros nutrientes, ayudando en la absorción de hierro y cobre, mantenimiento del glutatión en la forma reducida y en la estabilización de folato. Las recomendaciones dietéticas se fijan en 75 mg/día en mujeres y 90 mg/día en hombres⁵.

Paschalis et al han demostrado recientemente que las concentraciones bajas de vitamina C se asocian con un pobre rendimiento físico y un aumento de los marcadores de estrés oxidativo⁶. Esta situación puede revertirse utilizando la suplementación de vitamina C, obteniendo así un mejor rendimiento físico y una reducción del estrés oxidativo. Para ello, estos autores seleccionaron 10 individuos con la vitamina C baja y otros 10 con los valores de vitamina C más altos de un total de 100 varones. Utilizando un diseño cruzado controlado con placebo, los 20 participantes seleccionados realizaron ejercicio aeróbico hasta la extenuación antes y después de la suplementación de vitamina C durante 30 días. Los resultados fueron obtenidos mediante el uso de carbonilos F2-isoprostanos y proteínas como marcadores de estrés oxidativo.

En cambio, niveles muy altos de ingesta de vitamina C, superiores a 1.000 mg/día parecen ser perjudiciales para aumentar la resistencia física como se mostraron Paulsen y colaboradores⁷. Estos investigadores analizaron 54 mujeres y hombres jóvenes y sanos durante 11 semanas. Los participantes fueron divididos en dos grupos, el primero con una ingesta de 1.000 mg/día de vitamina C junto a 235 mg/día de vitamina E por día (igual que la cantidad encontrada en diferentes suplementos), y el segundo grupo recibió un placebo. Todos los participantes fueron requeridos para llevar a cabo un programa de resistencia que constaba de tres a cuatro sesiones de

entrenamiento cada semana, principalmente correr. También se sometieron a pruebas de aptitud física, biopsias del músculo y muestras de sangre tomadas al comenzar y al final del estudio. Los resultados del estudio revelaron que los marcadores para la producción de nuevas mitocondrias musculares aumentaron sólo en los participantes que recibieron placebo. Debido a que las vitaminas C y E son antioxidantes, altas dosis de ellas parecen inhibir en cierta medida la acción de los radicales libres y bloquear el proceso positivo del proceso de estrés oxidativo del entrenamiento, por ejemplo, en el desarrollo de la resistencia muscular.

Oligoelementos: hierro, zinc, cromo y selenio

Los elementos traza u oligoelementos, como el hierro, zinc, selenio y cromo son ingeridos en pequeñas cantidades y son fundamentales para regular el metabolismo del cuerpo, incluyendo la utilización energética y el rendimiento del trabajo.

El hierro es el mineral más estudiado en los deportistas debido a su implicación en varios mecanismos fisiológicos relacionados con el rendimiento físico y la resistencia. Una deficiencia en sus depósitos puede llevar a una anemia por deficiencia de hierro, estado en el cual el rendimiento atlético puede ser comprometido⁸. Los mecanismos que causan anemia por deficiencia de hierro en los deportistas incluyen hemólisis, deficiencia de origen alimenticio debido a una baja ingesta de hierro no-hemo, como en las dietas vegetarianas o por posibles interferencias de alimentos, así como por el aumento de un estrés oxidativo⁸. Para evitar una deficiencia de hierro, una recomendación es controlar el estado de hierro regularmente. Las pruebas confirman que los atletas deben incluir alimentos ricos en hierro en su dieta como la carne magra y cereales de desayuno enriquecidos con hierro, entre otros⁹. Los vegetales ricos en hierro, tales como cereales integrales, espinacas y legumbres deben combinarse con fuentes de hierro animales o fuentes de vitamina C (por ejemplo un vaso de zumo de naranja consumida junto a los cereales de desayuno) que mejora la absorción de hierro. No obstante, el hecho de una ingesta adecuada de hierro, no asegura que pueda aparecer algún tipo de carencia en los depósitos de hierro en algún momento de la temporada, especialmente en mujeres⁸.

El zinc es necesario por su papel catalítico o estructural en más de 200 enzimas de mamíferos. Las enzimas que contienen zinc participan en muchas vías de replicación celular y en el metabolismo de macronutrientes. Además, algunas enzimas que contienen zinc, como la anhidrasa carbónica y lactato deshidrogenasa, participan en el metabolismo intermediario durante el ejercicio. Otros enzimas que contienen cinc, como el superóxido dismutasa, presenta un papel protector como antioxidante endógeno contra el daño de los radicales libres. El selenio, otro oligoelemento importante, es esencial para diferentes vías metabólicas importantes,

incluyendo el estrés oxidativo, como componente de la enzima glutatión peroxidasa. Finalmente, los mamíferos necesitan cromo para mantener equilibrado el metabolismo de la glucosa y así el cromo puede facilitar la acción de la insulina y por lo tanto tiene propiedades insulinogénicas indirectas. Las propiedades bioquímicas de los oligoelementos se han sido descritas ampliamente por numerosos autores, incluyendo Lukasky¹⁰.

No existen datos definitivos sobre las concentraciones adecuadas de oligoelementos para personas que realizan una actividad física regular. Un posible enfoque para estudiar estos elementos bajo un cierto estrés físico es evaluar sus fluctuaciones durante ejercicios. Un estudio reciente¹¹ realizado para investigar el efecto de la frecuencia de nado en las concentraciones séricas de algunos elementos traza, como el cromo, zinc y selenio. Tres grupos de nadadores masculinos de diferente nivel se incluyeron en el estudio, los nadadores élite (n 14), nadadores aficionados (n 11) e individuos sedentarios (n 10). Los nadadores elite y aficionados siguieron un programa de entrenamiento de tres semanas. Al final del período de estudio, todos los voluntarios tuvieron que realizar una prueba de natación controlada, y se recolectaron muestras de sangre al principio, inmediatamente después y 1 h después de la actividad. Los autores observaron que los cambios en los niveles de magnesio, calcio, cobre, cinc y selenio exhibieron un patrón común en todos los grupos de estudio, con altas concentraciones séricas inmediatamente post-test. Asimismo, observaron una disminución de los niveles de cobre, zinc y selenio 1 h después de la prueba en los nadadores de élite. De todos modos, más estudios deben llevarse a cabo sobre la relación entre los oligoelementos y el rendimiento físico con el fin de comprender mejor los mecanismos y las consecuencias de esta posible asociación.

Evaluación antropométrica

La antropometría deportiva tiene gran utilidad como medio para la evaluación de las características morfológicas puntuales, así como para su control a lo largo de una temporada deportiva. La técnica antropometría nos permite medir el peso corporal, altura, longitudes, diámetros, perímetros y pliegues cutáneos. La información es procesada mediante la aplicación de diferentes ecuaciones, obteniendo información del somatotipo, composición corporal, y la proporcionalidad de las diferentes partes del cuerpo¹².

Las medidas antropométricas suelen realizarse siguiendo el protocolo de "The International Society of Advancement of Kinanthropometry" (ISAK)¹². Este protocolo recomienda que las medidas deben ser obtenidas en el lado derecho, contrario a las recomendaciones de la OMS que recomienda en el lado izquierdo. El material antropométrico usado es: (a) tallímetro, con una precisión de 1 mm y un rango (130-210 cm); (b) báscula con una precisión de 0,1 kg y un rango (2-130 kg); (c) cinta métrica metálica, estrecha e inextensible con una preci-

Tabla I
Ecuaciones utilizadas en el cálculo de la masa grasa y masa músculo-esquelética

MASA GRASA

Ecuación de Faulkner:

Derivada de la ecuación de Yuhasz después de estudiar un equipo de nadadores.

% Masa grasa (hombres) = 0,153* (TS + SBS + SPS + AS) + 5,783

% Masa grasa (mujeres) = 0,213* (TS + SBS + SPS + AS) + 7,9

Masa grasa (kg) = (% masa grasa * masa corporal (kg)) / 100

Ecuación de Carter:

Derivada de la ecuación de Yuhasz, y aplicada a un equipo de atletas Olímpicos (Estudios publicados en el Proyecto Antropométrico de los Juegos Olímpicos de Montreal).

% Masa grasa (hombres) = 0,1051* (TS + SBS + SPS + AS + MTS + CS) + 2,58

% Masa grasa (mujeres) = 0,1548* (TS + SBS + SPS + AS + MTS + CS) + 3,58

Masa grasa (kg) = (% masa grasa * masa corporal (kg)) / 100

Ecuación de Jackson & Pollock:

Muestra: 403 hombres 18-61 años.

Los resultados permiten obtener la densidad y en consecuencia el porcentaje graso corporal calculado según la ecuación de Siri:

(% Masa grasa = (495/BD) - 450).

BD hombres = 1,17615 - 0,02394 * log $\sum 7S$ - 0,00022 * (A) - 0,0075 * (AP) + 0,02120 * (FP)

BD mujeres = 1,112 - 0,00043499 * ($\sum 7S$) + 0,0000055* ($\sum 7S$)² - 0,00028826 * (A)

Ecuación de Withers:

Los resultados permiten obtener la densidad y en consecuencia el porcentaje graso corporal calculado según la ecuación de Siri:

(% Masa grasa = (495/BD) - 450).

BD hombres = 1,078865 - 0,000419* (AS + MTS + CS + CHS) + 0,000948 * (NP) - 0,000266 * (A) - 0,000564 * (S-MP)

BD mujeres = 1,14075 - 0,04959 * (AS + MTS + CS + CHS) + 0,00044*(A) - 0,000612 (WP)+ 0,000284 (H) - 0,000505 (HP) + 0,000331 (CHP)

MASA MUSCULOESQUELÉTICA

Ecuación de Lee:

Muestra: 324 (244 no obesos y 80 obesos). Válida para hombres y para mujeres.

MME (kg) = H*(0,00744 * AGC² + 0,00088 * MTC² + 0,00441*CGC²) + (2,4 * Sexo) - 0,048 * Edad + Raza + 7,8.

% MME: MME (kg) * 100/peso corporal (kg)

AGC= Circunferencia del brazo relajado - (3,1416 * (pliegue tricipital/10)).

MTC= Circunferencia media del muslo - (3,1416 * (MTS/10)).

CGC= Circunferencia de la pierna - (3,1416 * (CS/10)).

TS: Pliegue tricipital; SBS: Pliegue subescapular; SPS: Pliegue supraspinal; AS: Pliegue abdominal; MTS: Pliegue anterior del muslo; CS: Pliegue de la pierna mm; BD: Densidad corporal; IS: Pliegue ileocrestal; CHS: Pliegue pectoral; MAS: Pliegue axilar; AP: Perímetro abdominal; FP: Perímetro del antebrazo; NP: Perímetro del cuello; S-M P: Perímetro supramaleolar; WP: Perímetro de la cintura; HP: Perímetro de la cadera; CHP: Perímetro pectoral mesoesternal; H: Talla (cm); A: Edad (años); $\sum 7S$: Sumatorio de 7 pliegues cutáneos (TS + SBS + IS + AS + MTS + CHS + MAS); AGC: Perímetro del brazo relajado corregido; MTC: Perímetro medio del muslo corregido; CGC: Perímetro de la pierna corregido; Sexo: Mujer = 0; Hombre = 1; Edad (años); Raza: Asiática = -2; Afro-Americana = 1.1; Caucásica e hispana = 0; Perímetro en cm; y pliegues cutáneos en mm.

Tabla II
Ecuaciones para predecir componentes del somatotipo

<i>Componente</i>	<i>Ecuación</i>
Endomorfo *	-0,7182 + 0,1451*X - 0,00068*X ² + 0,0000014*X ³
Mesomorfo**	(0,858*HB + 0,601*FB + 0,188*AGR + 0,161*CGC) - (Talla*0,131) + 4,5
Ectomorfo***	- Si HRW ≥ 40,75 → = (0,732*HRW) - 28,58. - Si HRW entre 38,25-40,75 = (0,463*HRW) - 17,63. - Si HRW ≤ 38,25 → = 0,1.

*X= suma de los pliegues del tríceps, subscapular y supraspinal (mm) x (170.18/Talla (cm)).

**HB= Diámetro del húmero (cm); FB= Diámetro del fémur (cm); AGC: Perímetro del brazo relajado corregido; CGC: Perímetro de la pierna corregido; Talla en cm.

***Requiere el cálculo de la talla (cm) dividido entre la raíz cúbica de la masa corporal (kg) (HWR).

sión de 1 mm; (d) un calibre de diámetros pequeños, con una precisión de 1 mm; (e) Calibre de diámetros grandes, con una precisión de 1 mm; (f) plicómetro, con una precisión de 0,2 mm (precisión 2 mm); (g) material suplementario (lápiz para marcar la piel, plantilla para la recogida de datos y software para procesar los datos).

Una vez obtenidos todos los datos, la masa grasa y la masa muscular de los deportistas es estimada mediante diferentes ecuaciones¹² (tabla I). En el mismo sentido, los diferentes componentes del somatotipo son calculados, los cuales son definidos como el estudio de la morfología de los individuos¹² (tabla II).

Tabla III

Ecuaciones para predecir la tasa metabólica en reposo (RMR) de uso frecuente en deportistas

Instituto de Medicina, 2000:Hombres= $662 - 9.53 + PA \times [15.91 \times \text{masa corporal}(\text{kg}) + 539.6 \times \text{talla}(\text{m})]$ Mujeres= $354 - 6.91 + PA \times [9.36 \times \text{body mass}(\text{kg}) + 726 \times \text{height}(\text{m})]$

PA (Actividad física):

1.0-1.39: Actividades sedentarias y diarias como caminar, tareas domésticas, etc.

1.4-1.56: Baja actividad, tareas diarias y 30-60 minutos/día de actividad moderada como caminar 5-7km/hora.

1.6-1.89: Activo y actividades diarias, más de 60 minutos/día de actividad moderada.

1.9-2.5: Muy activo, actividades diarias, con 60 minutos/día de actividad moderada; más de 60 minutos/día de actividad vigorosa o 120 minutos/día de actividad moderada.

Cunningham, 1980:RMR = $500 + 22 \times \text{masa magra}(\text{kg})$

Mayor predicción de RMR en deportistas de ambos sexos que practican entrenamiento de resistencia, basado en masa magra (libre de grasa).

De Lorenzo, 1999:RMR hombres = $-857 + 9.0 \times \text{masa corporal}(\text{kg}) + 11.7 \times (-\text{talla}(\text{cm}))$.

51 hombres deportistas que realizan entrenamiento intensivo de water polo, judo y karate.

Los diferentes valores de masa grasa, masa musculoesquelética y el somatotipo pueden ser comparados con valores de referencia para cada categoría deportiva o con valores de anteriores evaluaciones del mismo deportista para guiar la decisión nutricional o el entrenamiento¹².

Evaluación de la energía requerida

Para dar un apropiado consenso nutricional, las necesidades energéticas del deportista deben ser conocidas. Aparte de medios autoregistrados y objetivos^{13,14}, existen tablas que establecen las necesidades energéticas teóricas de diferentes deportes mediante diferentes procedimientos¹⁵, como ecuaciones predictivas o tablas basadas en equivalentes metabólicos (MET).

Ecuaciones de predicción de las necesidades energéticas (tabla III): La estimación de la energía requerida se basa en el uso de ecuaciones predictivas que calculan el metabolismo de reposo y la energía de la actividad física diaria¹⁶. La más usada entre los deportistas es:

Equivalente metabólico o MET: El método más usado y recomendado es el registro de 24 horas de MET¹⁷. Un MET es definido como el número de calorías consumidas por minuto en una actividad, relacionada con el metabolismo basal de reposo ($1 \text{ MET} = 1 \text{ kcal/kg/h} = 3,5 \text{ ml/kg/min de } O_2$). Los datos obtenidos de los MET son válidos para adultos de 40 a 64 años. Sin embargo, en ancianos suele ser menor, mientras que en jóvenes es mayor¹⁸.

La limitación del cálculo de la energía requerida por la realización de actividad física por este método es la gran variabilidad individual en relación al nivel de condición física, habilidades, coordinación, eficiencia, condiciones ambientales, intensidad o naturaleza del esfuerzo¹⁷.

Evaluación dietética y nutricional

La evaluación dietética es una importante herramienta para conocer el estado nutricional de los deportistas, especialmente en relación al rendimiento deportivo y a la

salud¹⁹. Nosotros tenemos que asumir que un estado de ingesta balanceado es una parte integral en cualquier programa deportivo¹⁹. Por tanto, la información acerca del consumo de alimentos y nutrientes para establecer la relación entre la dieta u el estado de salud y el rendimiento deportivo de los deportistas es necesario²⁰.

Un estudio reveló que el 80% de las encuestas de evaluación relaciona el conocimiento y la ingesta de alimentos, por lo que estas deben ser supervisadas por un dietista-nutricionista¹⁹. Para realizar una buena evaluación dietética, no sin dificultad, depende de:

- La memoria del deportista.
- La dificultad que el deportista tiene de estimar el tamaño de las raciones.
- La posible sobre o infravaloración de la ingesta de alimentos.
- La posible inducción que el dietista-nutricionista puede hacer sobre el deportista al que entrevista.
- La conversión de alimentos a energía y nutrientes y el uso de las tablas de composición de alimentos.
- Sin embargo, existen estrategias que reducen el error implícito en la evaluación nutricional, incluyendo:
 - Usar una combinación de métodos cuantitativos y cualitativos (historia dietética, recuerdo de 24 horas, cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos).
 - Reforzar métodos y técnicas con la historia dietética, preguntando acerca de aspectos generales que ayuden al atleta a rellenar con más detalle todos los alimentos consumidos en un día para reducir el error (recuerdo de 24 horas de múltiples pasos).
 - Usar fotos o modelos de alimentos que puedan ayudar al deportista a estimar la ración de alimentos.

Después de obtener los recuerdos, los datos deben ser transferidos a una base de datos para calcular la energía,

macro y micronutrientes con los que comparar con las referencias respecto a la energía, carbohidratos, proteínas, lípidos, micronutrientes y agua ingerida

Debido a la heterogeneidad de los métodos utilizados para evaluar la ingesta de alimentos en los atletas y la población en general, es difícil llevar a cabo un meta-análisis que indique la efectividad de estos métodos de evaluación nutricional²¹. Por tanto, la combinación de diferentes metodologías²² es lo que nos dará una mayor precisión cuando evaluamos la ingesta de alimentos, especialmente cuando se utilizan determinadas herramientas de estimaciones dietéticas online que hoy en día permiten validar la ingesta de nutrientes²³.

Evaluación del agua corporal y la ingesta de líquidos

Un adecuado estado de hidratación tanto en deportistas jóvenes como en mayores, es esencial para mantener un adecuado rendimiento durante las actividades deportivas²⁴. La deshidratación puede causar efectos nocivos para la salud de los deportistas, por lo tanto es de gran importancia que el deportista tenga conocimiento de la ingesta de líquidos que realiza.

Hidratación y deshidratación en el ejercicio

El estado de normal de hidratación, a menudo llamado euhidratación, es importante para la salud y el bienestar. Incluso pequeñas pérdidas de agua corporales pueden tener un efecto negativo sobre la fuerza muscular, la resistencia y el consumo máximo de oxígeno. El estado de hidratación normal es el estado en el que el individuo sano mantiene el equilibrio hídrico, el cual depende de la diferencia entre las entradas y las pérdidas de agua²⁵.

En condiciones normales, la entrada de agua en el organismo procede de la ingesta de líquidos (alrededor de 2.300 mL/día), así como de la producción de agua a través de las reacciones del metabolismo celular (200 mL/día). En cuanto a las fuentes de salida de agua, la principal salida se produce en forma de orina (1.500 mL/día), seguido de la transpiración cutánea (350 mL/día), ventilación pulmonar (350 mL/día), sudor (150 mL/día) y las heces (159 mL/día)²⁵. Durante el ejercicio, debido a que las pérdidas por sudor aumentan, la ingesta de líquidos también debe aumentarse².

Un ligero estado de deshidratación, lo que corresponde a una pérdida de agua de tan solo un 1%-2% del peso corporal, afectaría negativamente tanto al rendimiento físico como mental. La deshidratación puede tener un efecto negativo en el sistema cardiovascular y termorregulador, además de comprometer a los sistemas metabólico, endocrino y excretor, resultando por lo tanto en una disminución del rendimiento y de la función cognitiva.

Durante el ejercicio, la tasa metabólica de producción de calor y la temperatura corporal aumentarán si la pérdida de calor no se eleva como debería. Como consecuencia del

equilibrio homeostático térmico e hídrico el rendimiento deportivo puede verse reducido con el calor además de suponer riesgos para la salud. Es por esto, que los deportistas deben tener en cuenta beber lo suficiente con el fin de reducir la disminución del rendimiento. Cuando el ejercicio intenso se combina con altas temperaturas o la pérdida de calor está limitada, la temperatura central puede aumentar en torno a 2-3°C y esto podría dar lugar a enfermedades relacionadas con el calor y el esfuerzo²⁶.

Las pérdidas por sudor están compuestas por agua (99%), electrolitos (principalmente sodio y cloro), nitrógeno y nutrientes. Durante el ejercicio, además se pueden perder también pequeñas cantidades de magnesio, calcio, hierro, cobre y zinc. La concentración media de sal en sudor es de 2,6 g (45 mEq) por cada 1-1,45 L de sudor producido durante el ejercicio. Por lo que un exceso de sudor durante el ejercicio puede reducir los niveles de sodio y cloro en un 5-7%, y de potasio un 1%, por lo tanto, deben ser repuestos con el fin de evitar un déficit.

La tasa de sudoración depende de varios factores como las condiciones medioambientales (temperatura y humedad); la genética, y el acondicionamiento deportivo del deportista. Además, hay una gran variación interpersonal en la sudoración, incluso cuando se realiza el mismo ejercicio o ejercicio similar en las mismas condiciones o cuando los deportistas se someten al mismo estrés por calor²⁶. La tasa de sudoración puede calcularse de la siguiente manera:

1. Peso perdido: peso total corporal antes del ejercicio (kg) - peso total corporal después del ejercicio (kg).
2. Sudoración: Peso perdido + cantidad total de líquido ingerido durante el entrenamiento + orina total producida durante el ejercicio (mL).
3. Tasa de sudoración: (sudoración/duración del ejercicio).

La reposición de líquidos a través del suministro de agua, bebidas específicas y líquidos basadas en solutos, principalmente carbohidratos y electrolitos, ayudan a mantener la hidratación además de la salud y el rendimiento en el deportista. El agua normalmente es el líquido más elegido entre la mayor parte de los deportistas que realizan ejercicio de manera regular, ya que su efecto ayuda a contrarrestar muchos de los efectos negativos de la deshidratación. Sin embargo, en los últimos 50 años, las investigaciones han confirmado los beneficios de las bebidas deportivas específicas.

Una bebida deportiva adecuada debe cumplir las siguientes funciones: tener buena palatabilidad, reponer los líquidos y electrolitos, mejorar la absorción, proporcionar sustratos energéticos, y la capacidad de mantener el volumen sanguíneo.

Composición y características de las bebidas deportivas²:

- Concentración de hidratos de carbono (5-8%). La ingesta de carbohidratos en una concentración

adecuada ha demostrado ser beneficiosa para mantener la intensidad durante ejercicios de alta intensidad de una hora o más de duración, lo que permite mantener el nivel de glucosa adecuado en la sangre y retrasar el punto de fatiga.

- Temperatura de la bebida: 10° a 15° C.
- Osmolaridad (180–400 mEq / L).
- Contenido de electrolitos (especialmente Na +) (20 a 30 mEq/L).
- Sabor: debe tener un sabor agradable para fomentar la hidratación voluntaria y la rehidratación.

Es importante conseguir un equilibrio adecuado entre la ingesta y la pérdida de líquidos en los deportistas o lo que es lo mismo, un estado óptimo de hidratación antes, durante y después del ejercicio.

Es bien sabido que los atletas no deberían comenzar la competición en un estado de déficit de líquidos²⁶ ya que este déficit puede aumentar el estrés fisiológico y reducir el rendimiento. Además, no solo es necesario mantener la hidratación después de comenzar la actividad, sino también antes de comenzarla. Hay varios protocolos que permiten alcanzar o lograr en la medida de lo posible un estado de euhidratación antes, durante y después de la actividad.

Métodos de evaluación de hidratación

No existe un acuerdo universal sobre cuál es el método óptimo para medir el estado de hidratación para aplicarlo universalmente. En los últimos años muchos autores han descrito en detalle varias opciones para medir el estado de hidratación²⁶.

El estado de hidratación puede ser determinado a través de una variedad de métodos, pero muchos de ellos tienen limitaciones potenciales. Sin embargo, hay algunos autores que sugieren que el "gold standard" es la combinación de varios de ellos²⁶.

Cambios en el peso corporal

Los cambios en el peso corporal, además de cualquier medida de cambio en el agua corporal, se suelen utilizar en los estudios de investigación para cuantificar los cambios en el estado de hidratación²⁷. En el deporte, en la mayoría de los casos, el uso de la medida del peso corporal en combinación con alguna medida de concentración de orina en la primera micción de la mañana permite gran sensibilidad para detectar desajustes diarios de hidratación normal. Los métodos son simples, de bajo costo y discriminan de manera precisa el estado de euhidratación del estado de deshidratación, por lo tanto se pueden utilizar como un único método para la evaluación.

Las mediciones deben ser realizadas con los sujetos desnudos o con ropa ligera y seca, siendo esta idéntica antes y después de ambas medidas. El test del peso corporal debe ser registrado antes y después del ejercicio. Es

conveniente que los sujetos orinen y defequen antes de ser evaluados²⁸.

Análisis de Impedancia Bioeléctrica (BIA)

El contenido de agua total corporal puede ser estimado mediante el método BIA. A lo largo de los últimos años, este método no invasivo ha atraído gran atención; sin embargo, debido a la falta de precisión y a la gran variedad de factores que pueden influir en los resultados, como la temperatura de la piel o la postura entre otros, hacen que este no sea un buen método para medir el estado de hidratación¹⁸.

Sangre

Los cambios en el volumen sanguíneo y su composición reflejan cambios en el estado de hidratación (tabla IV). El volumen sanguíneo y la osmolalidad plasmática son las principales variables que se regulan homeostáticamente, pero ambas pueden variar ya que son muy sensibles al ejercicio, la ingesta de alimentos o líquidos o los cambios en la postura, entre otros factores. Los análisis de sangre para conocer el estado de hidratación deberán incluir la concentración de hemoglobina y hematocrito, la concentración de sodio y la osmolalidad. Por otro lado, parece ser que cuando se producen cambios agudos en el agua total corporal, los cambios en la osmolalidad plasmática, que estimulan la regulación endocrina de la reabsorción de agua y electrolitos en el riñón puede ser tardía²⁹.

Orina

Las muestras de orina para la evaluación del estado de hidratación se deben recoger en la primera micción de la mañana o bien puede ser recogida inmediatamente antes del entrenamiento o competición²⁸. El tiempo de recogida puede verse afectado por varios factores y esto debe tenerse en cuenta en la interpretación de los resultados. Los análisis de orina para la evaluación del estado de hidratación pueden incluir:

Osmolalidad: La medición de la osmolalidad requiere el uso de un instrumento caro y capacidad técnica. La forma de medición más común es el punto de depresión de congelación, pero también se utilizan los equipos que utilizan el análisis de la presión de vapor. Los valores de osmolalidad de la orina > 900 mOsmol/Kg reflejan un déficit de agua corporal de aproximadamente el 2% de la masa corporal²⁵. El Colegio Americano de Medicina del Deporte²⁵ considera un buen índice de hidratación cuando la osmolalidad urinaria es ≤ 700 mOsmol/Kg o una gravedad específica en orina < 1.020 g/mL.

Gravedad específica de la orina (GEO): La GEO es un indicador del estado de hidratación preciso y rápido. Los rangos normales están entre 1,013 a 1,029. Una GEO de

Tabla IV
Indicadores séricos y rangos de referencia de euhidratación

Indicador sérico	Rangos de referencia
Hemoglobina:	
• Hombres	14,0-17,0 g/dL
• Mujeres	11,5-16,0 g/dL
Hematocrito:	
• Hombres	42-54%
• Mujeres	38-46%
Sodio sérico	132-142 mmol/L
Osmolalidad sérica	280-300 mOsmol/kg

≥ 1,030 sugiere deshidratación y de 1,001-1,012 puede indicar un exceso de hidratación. La GEO indica mejor el consumo reciente de líquidos que el estado general de hidratación crónico³⁰.

Color: el color de la orina se determina por la cantidad de uro-cromo resultante de la degradación de la hemoglobina en la muestra. Las investigaciones han demostrado relaciones lineales entre color de la orina y la gravedad específica, y entre el color de la orina y la conductividad. Por lo tanto, el color de la orina es una forma aceptable para estimar el estado de hidratación en los marcos deportivo o de investigación cuando no es necesaria una alta precisión o cuando se necesite el análisis mediante la auto-evaluación. Armstrong y cols. (1998) investigaron la relación lineal entre el color de la orina y el la gravedad específica y la conductividad, y desarrolló una escala de ocho colores. Los colores más claros indican una hidratación adecuada, mientras que los colores más oscuros indican la necesidad de consumo de líquidos. Sin embargo, la alimentación, los suplementos y los medicamentos pueden afectar el peso corporal y el color de la orina, por lo que estos factores deben ser tenidos en cuenta a la hora de utilizar este método. Este método es universalmente aceptado para ser utilizado en el campo deportivo o de otro tipo para estimar el estado de hidratación cuando no se necesita una alta precisión³¹.

Saliva

La osmolalidad de la saliva aumenta en casos de deshidratación aguda (pérdida del 4% de la masa corporal) inducida por el ejercicio en calor, pero hay una gran variabilidad en la respuesta de cada individuo. La osmolalidad de la saliva también puede verse afectada por un breve enjuague bucal con agua lo que hace que sea un marcador poco fiable del estado de hidratación.

Cuestionarios

Los cuestionarios son una herramienta cualitativa que puede proporcionar información importante acerca de la cantidad y tipo de líquidos que se ingieren, además se pueden administrar con rapidez para obtener información del

deportista. El cuestionario de frecuencia de consumo de alimentos es una herramienta que se utiliza comúnmente para evaluar la ingesta de alimentos y bebidas; sin embargo, el agua no está contenida como una bebida en muchos de ellos.

Aunque hay gran variedad de medidas para estimar el estado de hidratación, todos tienen limitaciones. En la actualidad, no existe consenso sobre qué método debe utilizarse por encima de otro en el entorno deportivo, aunque la osmolalidad del plasma y el agua total corporal son actualmente las mejores medidas de evaluación del estado de hidratación en el campo científico de las necesidades hídricas²⁶. Generalmente, el uso de la medida de cambio en el peso corporal combinado con algún parámetro de concentración en orina como la gravedad específica o la osmolalidad en una muestra recogida durante la primera orina de la mañana permite una buena sensibilidad para detectar cambios significativos en el equilibrio hídrico (peso corporal > 2%) en el entrenamiento o competición de deportistas³².

Conclusión

Debido al alto gasto calórico de una actividad física intensa, que afecta a aspectos fisiológicos, metabólicos y nutricionales y de composición corporal, los deportistas se diferencian de la población en general. La evaluación del estado nutricional en los deportistas debe considerar aspectos específicos como el tipo de deporte, especialidad o posición de juego, el programa de entrenamiento y calendario de competición, la categoría y los objetivos específicos. Debido a su complejidad, hay un consenso en que la combinación de diferentes métodos asegura una recogida de datos efectivos que será útil para continuar en la intervención dietética y nutricional. Combinando una evaluación bioquímica, cineantropometría, dietética-nutricional y de hidratación en los deportistas es esencial para la obtención de datos fiables.

Referencias

1. Driskell JA, Wolinsky I. *Nutritional Assessment of Athletes*. Boca Raton, Fla: CRC Press, 2011.
2. Gonzalez Gross M. Implicaciones nutricionales en el ejercicio. In: Chicharro JL, Fernández-Vaquero A eds. *Fisiología Del Ejercicio*. Madrid: Editorial Panamericana, 2006; 240-78.
3. Burke L, Maughan R, Shirreffs S. The 2007 IAAF consensus conference on nutrition for athletics. 2007; .
4. Wolinsky I, Driskell JA. *Sports Nutrition: Vitamins and Trace Elements*. CRC Press, 2005.
5. Monsen ER. Dietary reference intakes for the antioxidant nutrients: Vitamin C, vitamin E, selenium, and carotenoids. *J Am Diet Assoc* 2000; 100: 637-40.
6. Paschalis V, Theodorou AA, Kyparos A et al. Low vitamin C values are linked with decreased physical performance and increased oxidative stress: Reversal by vitamin C supplementation. *Eur J Nutr* 2014.
7. Paulsen G, Hamarsland H, Cumming KT et al. Vitamin C and E supplementation alters protein signalling after a strength training session, but not muscle growth during 10 weeks of training. *J Physiol* 2014; 592: 5391-408.
8. Mielgo-Ayuso J, Urdampilleta A, Martínez-Sanz JM et al. Dietary iron intake and deficiency in elite women volleyball players. *Nutr Hosp* 2012; 27: 1592-7.

9. Ahmadi A, Enayatzadeh N, Akbarzadeh M et al. Iron status in female athletes participating in team ball-sports. *Pak J Biol Sci* 2010; 13: 93-6.
10. Lukaski HC. Vitamin and mineral status: Effects on physical performance. *Nutrition* 2004; 20: 632-44.
11. Döker S, Hazar M, Uslu M et al. Influence of training frequency on serum concentrations of some essential trace elements and electrolytes in male swimmers. *Biol Trace Elem Res* 2014; 158: 15-21.
12. Norton K, Olds T. *Anthropometrica: A Textbook of Body Measurement for Sports and Health Courses*. Sidney: University of New South Wales, 2004.
13. Aparicio-Ugarriza R, Mielgo-Ayuso J, Benito PJ et al. Physical activity assessment in the general population; instrumental methods and new technologies. *Nutr Hosp* 2015; 31 (suppl. 3): 219-26.
14. Ara I, Aparicio-Ugarriza R, Morales-Barco D et al. Physical activity assessment in the general population; validated self-report methods. *Nutr Hosp* 2015; 31 (suppl. 3): 211-8.
15. Burke L. *Nutrición en el deporte: un enfoque práctico*. Madrid: Médica panamericana, 2009.
16. Manore M, Thompson J. *Sport Nutrition for Health and Performance*. Champaign, IL: Human Kinetics, 2000.
17. Ainsworth BE, Haskell WL, Whitt MC et al. Compendium of physical activities: An update of activity codes and MET intensities. *Med Sci Sports Exerc* 2000; 32: S498-504.
18. Institute of Medicine. *Food and Nutrition Board. Dietary Reference Intakes for Energy, Carbohydrate, Fiber, Fat, Fatty Acids, Cholesterol, Protein, and Amino Acids*. Washington DC: National Academies Press, 2005.
19. Wierniuk A, Wlodarek D. Assessment of physical activity, energy expenditure and energy intakes of young men practicing aerobic sports. *Rocz Panstw Zakl Hig* 2014; 65: 353-7.
20. Martínez JA, Portillo Baquedano MdP, Navas Carretero S. *Fundamentos de nutrición y dietética: bases metodológicas y aplicaciones*. Madrid etc.: Médica Panamericana, 2011.
21. Spronk I, Kullen C, Burdon C et al. Relationship between nutrition knowledge and dietary intake. *Br J Nutr* 2014; 111: 1713-26.
22. Rumbold P, St Clair Gibson A, Stevenson E et al. Agreement between two methods of dietary data collection in female adolescent netball players. *Appetite* 2011; 57: 443-7.
23. Forster H, Fallaize R, Gallagher C et al. Online dietary intake estimation: The Food4Me food frequency questionnaire. *J Med Internet Res* 2014; 16: e150.
24. Gonzalez-Gross M, Gutierrez A, Mesa JL et al. Nutrition in the sport practice: Adaptation of the food guide pyramid to the characteristics of athletes diet. *Arch Latinoam Nutr* 2001; 51: 321-31.
25. Institute of Medicine. *Water*. In: Anonymous Dietary Reference Intakes for Water, Sodium, Chloride, Potassium and Sulfate. Washington, D.C: National Academy Press, 2005; 73-185.
26. American College of Sports Medicine, Sawka MN, Burke LM et al. American college of sports medicine position stand. exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 2007; 39: 377-90.
27. Shirreffs S. Hydration in sport and exercise: Water, sports drinks and other drinks. *Nutr Bull* 2009; 34: 374-9.
28. Maughan R, Shirreffs S. Development of hydration strategies to optimize performance for athletes in high intensity sports and in sports with repeated intense efforts. *Scand J Med Sci Sports* 2010; 20: 59-69.
29. Popowski LA, Oppliger RA, Patrick Lambert G et al. Blood and urinary measures of hydration status during progressive acute dehydration. *Med Sci Sports Exerc* 2001; 33: 747-53.
30. Cheuvront SN, Sawka MN. Sports science exchange 97 Volume 18 (2005) number 2 hydration assessment of athletes. *Sports Science*. 2005; 18: 97.
31. Armstrong LE, Soto JA, Hacker FT, Jr et al. Urinary indices during dehydration, exercise, and rehydration. *Int J Sport Nutr* 1998; 8: 345-55.
32. Riebl SK, Davy BM. The hydration equation: Update on water balance and cognitive performance. *ACSM's Health & Fitness Journal* 2013; 17: 21-8.