

Pérez-Guisado, J. (2009). Importancia del momento en que se realiza la ingestión de los nutrientes. Revista Internacional de Medicina y Ciencias de la Actividad Física y el Deporte vol. 9 (33) pp. 14-24 [Http://cdeporte.rediris.es/revista/revista33/artingesta91.htm](http://cdeporte.rediris.es/revista/revista33/artingesta91.htm)

Revisión

IMPORTANCIA DEL MOMENTO EN QUE SE REALIZA LA INGESTIÓN DE LOS NUTRIENTES

THE IMPORTANCE OF THE MOMENT ON THE NUTRIENTS INTAKE

Pérez-Guisado, J.

Departamento de Medicina, Facultad de Medicina, Universidad de Córdoba. PhD, Master en Medicina Deportiva. Correo: pv1peguj@uco.es

CÓDIGOS UNESCO: 2411.07, 3205.02, 3206.01 y 3206.02

Recibido 13 de marzo de 2008

Aceptado 13 de enero de 2009

RESUMEN

En el progreso del deportista, saber cual es el momento oportuno a la hora de ingerir los nutrientes, y la proporción de dichos nutrientes, puede marcar una mejor asimilación y utilización de los mismos.

Además de la importancia del desayuno, almuerzo y cena, los tres momentos claves en la suplementación nutricional del deportista son: aproximadamente una hora antes de la sesión deportiva, durante la misma y justo después de la misma. En dichos momentos la proporción de nutrientes varía de unos autores a otros, aunque parece ser que durante la sesión deportiva lo más adecuado es el empleo de una solución de glucosa o sacarosa al 7% con electrolitos. Mientras que antes y después de dicha sesión, la estrategia más efectiva para aumentar la ganancia de masa muscular y de fuerza se sustenta en mayor medida en la ingesta de proteínas o mezclas de proteínas con carbohidratos y no en la ingesta de carbohidratos solos. Son necesarias más investigaciones que establezcan la proporción ideal de dichos nutrientes.

P

ALABRAS CLAVE: carbohidratos, suplementación, proteínas, rendimiento deportivo.

ABSTRACT

For the sportsman improvement, to know the best moment to intake the nutrients and the proportion of these nutrients can lead to a better assimilation and the use of such nutrients.

In addition to the importance of the breakfast, lunch and dinner, the three key moments for the sportman in the nutrients intakes are: approximately one hour before the workout, during the workout and immediately after the workout. At these moments, there are no international consensus about the best proportion of nutrients, although it seems to be a 7% glucose or saccharose solution with electrolytes during the workout session the most suitable measurement. Whereas before and after the training, the most effective measurement to increase the muscle mass and strength is favored by the proteins or protein mixtures with carbohydrates intakes and not by single carbohydrate intakes. Nevertheless, more investigations are necessary to determine the best combination of these nutrients depending on the intake moment.

KEYWORDS: athletic performance, carbohydrates, proteins, supplementation.

1. INTRODUCCIÓN

El mundo del deporte cada vez es más competitivo y mueve más dinero, motivo por el cual los deportistas y sus preparadores deberían estar actualizados y bien informados sobre las medidas a adoptar, con el fin de sacar el máximo rendimiento deportivo a través de procedimientos legales y que a su vez sean saludables. En este campo, la nutrición y suplementación están teniendo cada día un mayor protagonismo, ya que pequeñas variaciones en los hábitos nutricionales de los deportistas o el empleo de determinados suplementos, podrían aportar al deportista ese extra que necesitaba para salir del estancamiento en el que estaba inmerso. El objetivo del presente trabajo de revisión es intentar determinar cómo influye el momento en que se realiza la ingestión de nutrientes, para que mediante un control adecuado, el deportista no vea mermada su capacidad de progreso y el desarrollo de su potencial.

2. MATERIAL Y MÉTODOS

La revisión bibliográfica se ha fundamentado en la búsqueda electrónica a través de las bases de datos "MEDLINE", "DOAJ", "IMBIOMED" y "ELSEVIER". El buscador "GOOGLE", ha sido utilizado con la intención de hallar conexiones de interés, que pudieran ser demostradas con posterioridad a través de publicaciones recogidas en las bases de datos citadas o de revistas indexadas en cualquier otra base de datos. Se han utilizado como criterios de búsqueda:

1. Lenguaje: inglés y/o español.
 2. Que sean artículos con resumen disponible.
 3. En relación a las fechas de publicación: no se han puesto límites, aceptándose cualquier fecha, con la intención de disponer de la mayor información posible.
 4. Áreas en las que buscar las palabras claves introducidas: título y resumen.
- Además de la búsqueda electrónica, también se ha conseguido documentación en formato papel y acceso a textos que necesitaban suscripción a través de la base de

datos de la biblioteca de la Universidad de Florida (USA) y de la Universidad de Córdoba (España).

3. IMPORTANCIA DEL MOMENTO EN LA INGESTIÓN DE LOS NUTRIENTES

A la hora de maximizar el rendimiento deportivo, no sólo es importante la nutrición tras la sesión de entrenamiento, sino que también nutrirse antes e incluso durante la misma es de vital importancia. La depleción de los niveles de glucógeno muscular¹ y los menores niveles de glucosa en sangre^{1,2} son factores que influyen negativamente en el rendimiento deportivo. Sin embargo, la ingestión de hidratos de carbono aliviaría este problema, ya que favorecería el aumento de los niveles de glucosa en sangre, la utilización muscular de esta fuente energética exógena en los músculos que se están trabajando³ y la recuperación del glucógeno muscular⁴.

La ingestión de hidratos de carbono tanto antes como durante el ejercicio físico, puede retrasar la aparición de la fatiga⁴⁻⁶ y mejorar el rendimiento deportivo durante ejercicios de larga duración, como el ciclismo^{2, 5} y la carrera^{6, 7}. Se ha demostrado que la primera comida que se hace después del ejercicio, debería de estar constituida por una mezcla de carbohidratos y proteínas, y no sólo por carbohidratos, ya que la mezcla de ambos nutrientes ejerce un efecto sinérgico a la hora de favorecer la síntesis del glucógeno muscular^{8, 9}. Junto a lo anterior, también sería conveniente tener en cuenta los efectos beneficiosos de la ingesta de proteínas y aminoácidos, que además de mejorar el sueño, uno de los ingredientes fundamentales en la recuperación y progreso del deportista, contrarrestaría los efectos catabólicos que produce el ejercicio a través de la inducción en la liberación de cortisol¹⁰⁻¹².

El tipo de ejercicio determina la ingesta diaria de calorías y nutrientes si se compara con la ingesta diaria en periodos de inactividad. Así, cuando se realiza de forma combinada ejercicio aeróbico con ejercicio anaeróbico, se va a experimentar una reducción diaria en la ingesta de calorías totales, carbohidratos, proteínas y grasas. Mientras que si sólo se realiza ejercicio aeróbico únicamente hay una reducción en la ingesta total de grasa y si sólo se realiza ejercicio anaeróbico no hay ningún cambio adicional en la ingesta diaria¹³.

También es importante mencionar, que además del momento en que se realiza la ingestión de nutrientes, la hora del día en que tiene lugar la sesión deportiva es otro parámetro que aunque no van a ser objeto de estudio en esta revisión, también se debería de tener muy presente, ya que influye en el rendimiento del deportista¹⁴.

En los siguientes apartados se considerará la importancia de tener un buen control del momento en la ingestión de nutrientes, que contribuya positivamente al rendimiento deportivo.

3.1. ANTES DEL EJERCICIO

Fisiológicamente, el tiempo medio que necesitan los hidratos de carbono para ser digeridos y finalmente almacenados como glucógeno es de aproximadamente unas 4 horas. Esto justificaría, que la última comida principal previa al ejercicio se deba de hacer de 4 a 6 horas antes del mismo, para así conseguir una buena digestión con el

fin de que ésta no resulte muy pesada. Además de dicha comida principal, el atleta podrá tomarse antes del ejercicio tentempiés de rápida digestión y en pequeñas cantidades, como pudieran ser mezclas de aproximadamente 50g de hidratos de carbono y 5-10g de proteína, concretamente de 30 a 60 minutos antes del ejercicio, ya que esto supondría un aporte energético extra de mucha utilidad en la fase final del entrenamiento de intensidad^{15, 16} y proporcionaría aminoácidos que ayudarían a evitar el catabolismo proteico muscular¹⁵⁻¹⁷ que se produce durante el mismo. Incluso hay autores que afirman que la ingestión de una pequeña cantidad de aminoácidos esenciales con un poco de carbohidratos justo antes de la sesión de entrenamiento, puede ser más efectiva a la hora de estimular la síntesis proteica y mejorar el balance nitrogenado que la ingestión de nutrientes inmediatamente después del entrenamiento¹⁸.

La recomendación de consumir carbohidratos una hora antes del ejercicio no está exenta de polémicas, pues mientras que hay estudios que demuestran que no se producen ni efectos beneficiosos ni perniciosos¹⁹⁻²³, otros estudios consideran que esta práctica puede conducir a una hipoglucemia y prematura fatiga²⁴. Estas diferencias pueden deberse al índice glucémico de los carbohidratos ingeridos^{25,26} y a la susceptibilidad individual que cada uno tenga a la insulina, de tal forma que lo que puede ir bien para unos no irá tan bien para otros. Lo que sí está claro, es que tomar carbohidratos con alto índice glucémico antes del entrenamiento, se asociará a una mayor respuesta insulínica con la consiguiente hipoglucemia²⁶, motivo por el cual se recomienda ingerir hidratos de carbono de bajo índice glucémico, ya que favorecerán una glucemia más estable en el transcurso del ejercicio²⁷.

Otro concepto a tener en cuenta en las ingestas previas a la sesión deportiva es la carga de hidratos de carbono, con el objeto de mejorar el rendimiento deportivo gracias a una mayor disponibilidad y utilización del glucógeno muscular, muy probablemente del proveniente de los músculos que se están ejercitando²⁸. Mediante la supercompensación del glucógeno o sobrecarga de hidratos de carbono se pretende conseguir aumentar las reservas de glucógeno por encima de los valores fisiológicos, de tal forma que el atleta tenga un extra energético. Esta ganancia puede llevar de 24 a 48h, según las pérdidas producidas y va acompañada de agua que hace que aumente el volumen y vistosidad muscular, motivo por el cual se usa con frecuencia por los competidores de culturismo. Existen 3 técnicas de similar eficacia, la de Astrand, Sherman/Costill y Fairchild/Fournier, siendo la última la más rápida y fácil de realizar²⁹.

En cuanto a los aminoácidos, éstos también son de utilidad para incrementar la tasa de síntesis de proteínas, siendo más efectivos cuando se consumen inmediatamente antes del entrenamiento que cuando se consumen después de éste³⁰.

3.2. DURANTE EL EJERCICIO

Cuando el entrenamiento dura más de una hora, la ingestión de bebidas con glucosa al 4-8% y electrolitos, permiten evitar la deshidratación, mantener unos buenos niveles de glucosa en sangre y evitar el efecto inmunosupresor que tiene el ejercicio de intensidad¹⁵⁻¹⁷. Tomar una solución de hidratos de carbono y electrolitos durante el ejercicio prolongado ayuda a mantener el volumen sanguíneo³¹, ayuda a la termorregulación³²⁻³⁴ y proporciona una buena fuente exógena de energía³⁵⁻³⁶. Todo esto es normal que tenga como consecuencia final un aumento de rendimiento asociado³⁷.

Así Jackson y col. comprobaron que la utilización de hidratos de carbono, durante una hora de sesión de entrenamiento consistente en intervalos de alta intensidad en ciclismo, suponía una mejora en el rendimiento y un retraso en la aparición de la fatiga³⁸. De la misma forma, otros estudios aportan las mismas evidencias asociadas al consumo de hidratos de carbono y el mayor rendimiento deportivo durante la práctica deportiva en el ciclismo³⁹⁻⁴⁰, entrenamiento de intervalos de alta intensidad en carrera⁴¹, entrenamiento de pesas⁴², jockey⁴³, fútbol⁴⁴⁻⁴⁵ y tenis⁴⁶. Esta ganancia que se puede experimentar en el rendimiento deportivo en ejercicios de tipo intermitente, parece ser debida a que durante dicho ejercicio se consume buena parte de los hidratos de carbono ingeridos, proporcionándose de esta forma un extra energético que supone del 16 al 20% del total de energía utilizada durante la práctica deportiva³, de tal forma que los beneficios aparecerán sobre todo en las últimas fases de la sesión deportiva, debido fundamentalmente a que, hasta ese momento, se ha evitado parcialmente el agotamiento de las reservas de glucógeno muscular⁴⁷.

La ingestión de carbohidratos al 4-8% en la solución de bebida podría ser también de utilidad a la hora de mejorar el rendimiento deportivo en sesiones deportivas de duración inferior a una hora^{41,48-53} cuando las reservas de glucógeno están más bajas, como pudiera ser tras el ayuno del sueño nocturno o en deportistas que se entrenan varias veces al día.

En cuanto al consumo óptimo de carbohidratos durante la sesión de entrenamiento, para un atleta de peso medio de unos 70 kg, entre 40 y 70g por hora⁵⁴ lo que equivaldría en torno a 0.7 g por kilogramo de peso y hora, debiéndose de consumir ese total en pequeñas tomas realizadas con una frecuencia de cada 15-20 minutos, en vez de consumirlo todo a la vez⁵⁵. Lo más recomendable es que la fuente o fuentes de hidratos de carbono aporten fundamentalmente glucosa y no otros monosacáridos como pudieran ser la galactosa o la fructosa, ya que además de las personas que son intolerantes a la lactosa, la fructosa sola puede producir diarrea además de no ser tan efectiva como la glucosa. No obstante, la sacarosa o azúcar de mesa puede ser igual de efectiva que la glucosa⁵⁶, motivo por el cual al igual que ésta podría ser de elección.

3.3. DESPUÉS DEL EJERCICIO

Investigaciones recientes confirman que el momento óptimo de ingestión de nutrientes en relación a la sesión de entrenamiento, es justo después del entrenamiento ya que es la medida asociada a un mayor incremento en la síntesis de masa muscular y el desarrollo de la fuerza, cuando se compara con un retraso en la ingestión de nutrientes de tan sólo 2-3 horas⁵⁷⁻⁵⁸.

Incluso ingiriendo 100 g de hidratos de carbono en solución una hora después de la sesión de entrenamiento, el balance nitrogenado continúa siendo negativo a pesar de que se produce una mejora significativa en dicho balance si se compara con no tomar nada⁵⁹. Sin embargo, las mejoras que se producen para evitar el catabolismo muscular, son mucho más rápidas al ingerir aminoácidos⁶⁰⁻⁶¹.

Se ha comprobado que la ingestión de hidratos de carbono (1 g/Kg de peso) después de entrenar con pesas puede favorecer el descenso de la degradación proteica miofibrilar y la excreción de nitrógeno ureico⁶², es decir, evitaría el catabolismo proteico.

Tras la realización del ejercicio físico, cuando se compara la ingestión de únicamente hidratos de carbono, con la de hidratos de carbono más proteínas, la segunda opción es más efectiva pues acelera en mayor medida la recuperación muscular tras la sesión de entrenamiento⁶³, hecho en el que debe influir el entorno hormonal más favorable que lleva asociado⁶⁴. Además, la ingestión de hidratos de carbono con proteínas tras el ejercicio físico acelera la resíntesis de glucógeno muscular⁶⁵ tanto en ejercicios de tipo aeróbico⁶⁶⁻⁶⁷ como anaeróbico^{62,68}. A lo anterior merece la pena añadir que las ganancias netas de masa muscular y fuerza conseguidas, sean mayores con la ingestión de proteínas que con las de hidratos de carbono⁶⁹, siendo la mejor combinación de proteínas la que lleva proteína de suero y caseína (en una proporción aproximada de 4 a 1 respectivamente), superando incluso a la combinación de proteínas de suero-aminoácidos ramificados-glutamina⁷⁰. En relación a la proteína de suero, aunque ésta puede proveer un incremento inmediato mayor que la caseína en la tasa de síntesis de proteínas, la combinación de ambas tiene la ventaja de generar elevaciones inmediatas y prolongadas en dicha tasa de síntesis proteica³⁰. Si pretendemos maximizar la recuperación del glucógeno muscular perdido, se debería de continuar con una ingesta de hidratos de carbono a un ritmo aproximado de 1.2g/kg y hora⁶⁵.

Parece ser que en cuanto al tipo de aminoácido, los esenciales son mucho más efectivos que los no esenciales⁷¹ y que el consumo de aminoácidos esenciales tras el entrenamiento, es tan efectivo a la hora de estimular la síntesis proteica, como la combinación de aminoácidos esenciales con carbohidratos⁶¹. No obstante, se ha demostrado que la ingestión simultánea de aminoácidos esenciales y carbohidratos en solución, ya sea una o tres horas después de la sesión de entrenamiento, es capaz de provocar un incremento en la síntesis proteica de hasta el 400% cuando se compara con los valores normales de reposo⁷². Esto sería un hecho a tener muy en cuenta, pues aunque se piensa que la ingestión oral de aminoácidos no es tan efectiva a la hora de estimular la síntesis proteica cuando se compara con la infusión intravenosa de los mismos, hay estudios que demuestran que ambas formas estimulan la síntesis proteica de manera similar⁷³⁻⁷⁴.

Teniendo en cuenta lo anteriormente expuesto, no resulta extraño que una buena medida para maximizar la recuperación de la sesión deportiva, sea tomar antes de que pasen 30 min tras la finalización de la misma una dosis de hidratos de carbono y proteína de aproximadamente 1g/kg y 0.5g/kg respectivamente. Además de lo anterior, sería beneficioso hacer una comida rica en hidratos de carbono dentro de las dos primeras horas tras la finalización de la sesión deportiva¹⁵. Estas estrategias nutricionales han demostrado ser eficaces a la hora de acelerar la resíntesis de glucógeno y alcanzar un mejor perfil anabólico que favorezca la recuperación^{66-67,75}.

4. CONSIDERACIONES FINALES Y SUGERENCIAS

Las recomendaciones que se hacen sobre la ingesta de nutrientes en deportistas, no suelen considerar a los deportistas más jóvenes, como niños y adolescentes. Esto es un problema, pues la edad es un factor importante, ya que se ha comprobado que la glucogenolisis y la glucolisis anaeróbica en niños y adolescentes están limitadas si se comparan con adultos, y que para compensar esta limitación, hay una mayor activación de las rutas metabólicas oxidativas. Por este motivo deberíamos de

ser cautos a la hora de extrapolar las recomendaciones que han sido probadas en adultos pero no en niños⁷⁶.

Podríamos afirmar que el momento ideal de la suplementación es justo antes y después del entrenamiento⁷⁷, siendo el empleo de proteínas⁶⁹ o mezclas de proteínas con carbohidratos⁷⁸ más efectivo que el de únicamente carbohidratos, tanto en las ganancias de masa muscular como de fuerza. Incluso empleando el mismo número de calorías, las proteínas son más efectivas que los hidratos de carbono⁶⁹⁻⁷⁰ tanto cuando se utilizan antes como después del entrenamiento⁷⁹. Todavía no sabemos cuál es la proporción perfecta de cada constituyente a emplear asociado a cada momento: hay estudios que demuestran los beneficios cuando se utiliza un batido de aproximadamente 0.43 g de carbohidratos, 0.40g de proteínas y 0.07g de creatina por kg de peso corporal justo antes y después del entrenamiento⁷⁷, un total de 50g de hidratos de carbono y 5-10g de proteína, concretamente de 30 a 60 minutos antes del ejercicio¹⁵⁻¹⁶, aproximadamente 1.6 g/kg de carbohidratos y 0.58 g/kg de proteína inmediatamente después del entrenamiento⁶⁶, etc.

5. CONCLUSIONES

Existe consenso científico en considerar los 3 momentos claves de la suplementación alimenticia del deportista aquellos que comprenden: una hora antes de la sesión deportiva, durante la sesión deportiva y justo después de la misma, siendo el más importante de todos ellos el último, probablemente por estar relacionado con el proceso de recuperación. No obstante, la síntesis de proteínas inducida por la ingesta de aminoácidos es más efectiva cuando éstos se consumen inmediatamente antes de comenzar con la actividad física.

No existe consenso científico sobre la mejor proporción de principios inmediatos en estos momentos de la ingesta, pero la mayoría de los estudios apuntan a la mayor importancia de las proteínas antes y después de la sesión deportiva y de las soluciones de electrolitos-carbohidratos durante la sesión deportiva.

6. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Coggan R, Coyle EF. Reversal of fatigue during prolonged exercise by carbohydrate infusion or ingestion. *J Appl Physiol* 1987; 63: 2388-2395.
2. Coyle EF, Coggan AR, Hemmert MK, et al. Muscle glycogen utilization during prolonged strenuous exercise when fed carbohydrate. *J Appl Physiol* 1986; 61: 165-172.
3. Peronnet F, Adopo E, Massicotte D. Exogenous substrate oxidation during exercise: studies using isotopic labeling. *Int J Sports Med* 1992; 13: S123-125.
4. Hargreaves M, Costill DL, Coggan A, et al. Effect of carbohydrate feedings on muscle glycogen utilization and exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1984; 16: 219-222.
5. Coyle EF, Hagberg JM, Hurley BF, et al. Carbohydrate feeding during prolonged strenuous exercise can delay fatigue. *J Appl Physiol* 1983; 55: 230-235.
6. Yaspelkis BI, Patterson J, Anderla P, et al. Carbohydrate supplementation spares muscle glycogen during variable intensity exercise. *J Appl Physiol* 1993; 75: 1477-1485.

7. Williams C, Nute MG, Broadbank L, et al. Influence of fluid intake on endurance running performance. *Eur J Appl Physiol* 1990; 60: 112-119.
8. Ivy JL, Goforth HW, Jr., Damon BM, et al. Early postexercise muscle glycogen recovery is enhanced with a carbohydrate-protein supplement. *J Appl Physiol* 2002; 93: 1337-1344.
9. Ivy JL, Res PT, Sprague RC, et al. Effect of a carbohydrate-protein supplement on endurance performance during exercise of varying intensity. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2003; 13: 382-395.
10. Markus CR, Olivier B, Panhuysen GE, et al. The bovine protein alpha-lactalbumin increases the plasma ratio of tryptophan to the other large neutral amino acids, and in vulnerable subjects raises brain serotonin activity, reduces cortisol concentration, and improves mood under stress. *Am J Clin Nutr* 2000; 71: 1536-1544.
11. Markus CR, Jonkman LM, Lammers JH, et al. Evening intake of alpha-lactalbumin increases plasma tryptophan availability and improves morning alertness and brain measures of attention. *Am J Clin Nutr* 2005; 81: 1026-1033.
12. Salehian B, Kejriwal K. Glucocorticoid-induced muscle atrophy: mechanisms and therapeutic strategies. *Endocr Pract* 1999; 5: 277-281.
13. Shaw B, Shaw I and Brown G. (2008). Self-reported dietary intake following endurance, resistance and concurrent endurance and resistance training. *J Sports Sci Med* 2008; 7:255-59.
14. Gómez del Valle M, Rosety Rodríguez M, Ordoñez Muñoz FJ, Ribelles García A. Efecto de la hora del día sobre parámetros bioquímicos y desempeño físico. *Rev int med cienc act fís deporte* 2002; 2:99-108.
15. Carli G, Bonifazi M, Lodi L, Lupo C, Martelli G, Viti A. Changes in the exercise-induced hormone response to branched chain amino acid administration. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992; 64: 272-277.
16. Cade JR, Reese RH, Privette RM, Hommen NM, Rogers JL, Fregly MJ. Dietary intervention and training in swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1991; 63: 210-215.
17. Kreider RB. Dietary supplements and the promotion of muscle growth with resistance exercise. *Sports Med* 1999; 27: 97-110.
18. Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL, et al. Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001, 281:E197-E206.
19. Coyle EF. Substrate utilization during exercise in active people. *Am J Clin Nutr* 1995; 61: 968S-979S.
20. Neuffer PD, Costill DL, Flynn MG, Kirwan JP, Mitchell JB, Houmard J. Improvements in exercise performance: Effects of carbohydrate feedings and diet. *J Appl Physiol* 1987; 62: 983-988.
21. Alberici JC, Farrell PA, Kriss-Etherton PM, Shively CA. Effects of pre-exercise candy bar ingestion on glycemic response, substrate utilization, and performance. *Int J Sport Nutr* 1993; 3: 323-333.
22. Devlin JT, Calles-Escandon J, Horton ES. Effects of preexercise snack feedings on endurance cycle exercise. *J Appl Physiol* 1986; 60: 980-985.
23. Horowitz JF, Coyle EF. Metabolic responses to pre-exercise meals containing various carbohydrates and fat. *Am J Clin Nutr* 1993; 58: 235-241.
24. Foster C, Costill DL, Fonk WJ. Effects of preexercise feedings on endurance performance. *Med Sci Sports* 1979; 11: 1-5.

25. Van Hall G, Raaymakers JSH, Saris WHM, Wagenmakers AJM. Ingestion of branched-chain amino acids and tryptophan during sustained exercise in man: failure to affect performance. *J Physiol* 1995; 486: 789-794.
26. Wee S-L, Williams C, Gray S, Horabin J. Influence of high and low glycemic index meals on endurance running capacity. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31: 393-399.
27. Fernández JM, López Miranda J, Pérez Jiménez F. Índice glucémico y ejercicio físico. *Rev Andal Med Deporte* 2008; 01:116-24.
28. Rauch H, Clair Gibson A, Lambert E, and Noakes T. A signalling role for muscle glycogen in the regulation of pace during prolonged exercise. *Br J Sports Med* 2005; 39:34-38.
29. Joaquín Pérez-Guisado. Rendimiento deportivo: glucógeno muscular y consumo proteico Apuntes. *Medicina de l'Esport* 2008; 43:142-51.
30. Hoffman JR. Protein Intake: Effect of Timing. *Strength Condit J* 2007; 29:26-34.
31. Montain SJ, Coyle EF. Fluid ingestion during exercise increases skin blood flow independent of increases in blood volume. *J Appl Physiol* 1992; 73: 903-910.
32. Ladell WSS. The effects of water and salt intake upon the performance of men working in hot and humid environments. *J Physiol* 1955; 127: 11-46.
33. Montain SJ, Coyle EF. The influence of the rate of fluid ingestion during exercise on skin blood flow and hyperthermia. *J Appl Physiol* 1992; 73: 1340-1350.
34. Pitts GC, Johnson RE, Consolazio FC. Work in the heat as affected by intake of water, salt and glucose. *Am J Physiol* 1944;142: 253-259.
35. Saris WHM, Goodpaster BH, Jeukendrup AE, et al. Exogenous carbohydrate oxidation from different carbohydrate sources during exercise. *J Appl Physiol* 1993; 75: 2168-2172.
36. Wagenmakers AJM, Brouns F, Saris WHM, et al. Oxidation rates of orally ingested carbohydrate during prolonged exercise in man. *J Appl Physiol* 1993; 75: 2774-2780.
37. Walsh RM, Noakes TD, Hawley JA, et al. Impaired high-intensity cycling performance time at low levels of dehydration. *Int J Sports Med* 1994; 15: 392-398.
38. Jackson DA, Davis JM, Broadwell MS, et al. Effects of carbohydrate feeding on fatigue during intermittent high-intensity exercise in males and females. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27: S223.
39. Ball TC, Headley SA, Vanderburgh PM, et al. Periodic carbohydrate replacement during 50 min of high-intensity cycling improves subsequent sprint performance. *Int J Sport Nutr* 1995; 5: 151-158.
40. Wagenmakers AJM, Jeukendrup AE, Brouns F, et al. Carbohydrate feeding improves 1 h time trial cycling performance. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: S37.
41. Nicholas CW, Williams C, Lakomy HKA, et al. Influence of ingesting a carbohydrate-electrolyte solution on endurance capacity during intermittent high-intensity shuttle running. *J Sports Sci* 1995; 13: 283-290.
42. Lambert CP, Flynn MG, Boone JB Jr, et al. Effects of carbohydrate feeding on multiple-bout resistance exercise. *J Appl Sport Sci Res* 1991; 5: 192-197.
43. Akermark C, Jacobs I, Rasmusson M, et al. Diet and muscle glycogen concentration in relation to physical performance in Swedish elite ice hockey players. *Int J Sport Nutr* 1996; 6: 272-284.
44. Guerra I, Chaves R, Barros T. The Influence of Fluid Ingestion on Performance of Soccer Players During a Match. *J Sports Sci Med* 2004: 198-202.
45. Sergej M. Ostojic and Sanja Mazic. Effects of a carbohydrate-electrolyte drink on specific soccer tests and performance. *J Sports Sci Med* 2002;1:47-53.
46. Vergauwen L, Brouns F, Hespel P. Carbohydrate supplementation improves stroke performance in tennis. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:1289-1295.

47. Alarcón López F, Ureña Ortín N. Optimización de las ingestas realizadas durante el periodo competitivo en deportes de invasión. *Rev int med cienc act fís deporte* 2006; 6: 200-11.
48. Below PR, Mora-Rodriguez R, Gonzalez-Alonso J, Coyle EF. Fluid and carbohydrate ingestion independently improve performance during 1 h of intense exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1995; 27:200-210.
49. Sugiura K, Kobayashi K. Effect of carbohydrate ingestion on sprint performance following continuous and intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1998; 30:1624-1630.
50. Ball TC, Headley SA, Vanderburgh PM, Smith JC. Periodic carbohydrate replacement during 50-min of high-intensity cycling improves subsequent sprint performance. *Int Sport Nutr* 1995; 5:151-158.
51. Jeukendrup AE, Jentjens R. Oxidation of carbohydrate feedings during prolonged exercise. Current thoughts, guidelines and directions for future research. *Sports Med* 2000; 29: 407- 424.
52. Jeukendrup AE, Brouns F, Wagenmakers AJM, Sarris WHM. Carbohydrate-electrolyte feedings improve 1 h time trial cycling performance. *Int J Sports Med* 1997; 18:125-129.
53. Davis JM, Jackson DA, Broadwell MS, Queary JL, Lambert CL. Carbohydrate drinks delay fatigue during intermittent, high intensity cycling in active men and women. *Int J Sports Med* 1997; 7: 261-273.
54. Valeriani A. The need for carbohydrate intake during endurance exercise. *Sports Med* 1991; 12: 349-358.
55. Mcconnell GK, Kloot K, Hargreaves M. Effect of timing of carbohydrate ingestion on endurance exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28: 1300-1304.
56. Blom PC, Hostmark AT, Vaage O, Kardel KR, Maehlum S. Effect of different post-exercise sugar diets on the rate of muscle glycogen synthesis. *Med Sci Sports Exerc* 1987; 19: 491-496.
57. Esmarck B, Andersen JL, Olsen S, et al. Timing of postexercise protein intake is important for muscle hypertrophy with resistance training in elderly humans. *J Physiol* 2001; 535: 301-311.
58. Levenhagen DK, Gresham JD, Carlson MG, et al. Postexercise nutrient intake timing in humans is critical to recovery of leg glucose and protein homeostasis. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001; 280: E982-E993.
59. Borsheim E, Cree MG, Tipton KD, et al. Effect of carbohydrate intake on net muscle protein synthesis during recovery from resistance exercise. *J Appl Physiol* 2004, 96: 674-678.
60. Borsheim E, Tipton KD, Wolf SE, et al. Essential amino acids and muscle protein recovery from resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2002; 283: 648-657.
61. Rasmussen BB, Tipton KD, Miller SL, et al. An oral essential amino acid-carbohydrate supplement enhances muscle protein anabolism after resistance exercise. *J Appl Physiol* 2000; 88: 386-392.
62. Roy BD, Tarnopolsky MA, MacDougall JD, et al. Effect of glucose supplementation timing on protein metabolism after resistance training. *J Appl Physiol* 1997; 82: 1882-1888.
63. Cade JR, Reese RH, Privette RM, et al. Dietary intervention and training in swimmers. *Eur J Appl Physiol Occup Physiol* 1992; 63: 210-215.
64. Chandler RM, Byrne HK, Patterson JG, et al. Dietary supplements affect the anabolic hormones after weight-training exercise. *J Appl Physiol* 1994; 76: 839-845.

65. Ivy J. Regulation of muscle glycogen repletion, muscle protein synthesis and repair following exercise. *J Sports Sci Med* 2004; 3:131-38.
66. Zawadzki KM, Yaspelkis BB, Ivy JL. Carbohydrate-protein complex increases the rate of muscle glycogen storage after exercise. *J Appl Physiol* 1992; 72: 1854-1859.
67. Tarnopolsky MA, Bosman M, Macdonald JR, et al. Postexercise protein-carbohydrate and carbohydrate supplements increase muscle glycogen in men and women. *J Appl Physiol* 1997; 83: 1877-1883.
68. Roy BD, Tarnopolsky MA. Influence of differing macronutrient intakes on muscle glycogen resynthesis after resistance exercise *J Appl Physiol* 1998; 84: 890-896.
69. Andersen LL, Tufekovic G, Zebis MK, et al.: The effect of resistance training and combined with timed ingestion of protein muscle fiber size and muscle strength. *Metabolism* 2005; 54:151-156.
70. Kerksick CM, Rasmussen CJ, Lancaster SL, et al. The effects of protein and amino acid supplementation on performance and training adaptations during ten weeks of resistance training. *J Strength Cond Res* 2006; 20: 643-653.
71. Tipton KD, Gurkin BE, Matin S, et al. Nonessential amino acids are not necessary to stimulate net muscle protein synthesis in healthy volunteers. *J Nutr Biochem* 1999; 10: 89-95.
72. Tipton KD, Rasmussen BB, Miller SL, et al. Timing of amino acid-carbohydrate ingestion alters anabolic response of muscle to resistance exercise. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 2001; 281: E197-E206.
73. Biolo G, Tipton KD, Klein S, et al. An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol* 1997; 273: E122-129.
74. Tipton KD, Ferrando AA, Phillips SM, et al. Postexercise net protein synthesis in human muscle from orally administered amino acids. *Am J Physiol Endocrinol Metab* 1999, 276: E628-E634.
75. Kraemer WJ, Volek JS, Bush JA, Putukian M, Sebastianelli WJ. Hormonal responses to consecutive days of heavy-resistance exercise with or without nutritional supplementation. *J Appl Physiol* 1998; 85:1544-1555.
76. Montfort V, Steiger S, Craig AW. Carbohydrate intake considerations for young athletes. *J Sports Sci Med* 2007; 6:343-52.
77. Cribb PJ, Hayes A. Effects of Supplement Timing and Resistance Exercise on Skeletal Muscle Hypertrophy *Med Sci Sports Exerc.* 2006; 38:1918-1925.
78. Borsheim E, Aarsland A, Wolfe RR. Effect of an amino acid, protein, and carbohydrate mixture on net muscle protein balance after resistance exercise. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism* 2004; 14: 255-271.
79. Willoughby DS, Stout JR, Wilborn CD. Effects of resistance training and protein plus amino acid supplementation on muscle anabolism, mass, and strength. *Amino Acids* 2007; 32:466-77.