

FACTORES QUE INFLUYEN SOBRE EL VACIADO GÁSTRICO DE BEBIDAS DEPORTIVAS DURANTE EL EJERCICIO

FACTORS AFFECTING GASTRIC EMPTYING OF SPORT BEVERAGE DURING EXERCISE

INTRODUCCIÓN

Tras años de empeño por los médicos, el uso de bebidas de reposición durante el entrenamiento y competición está plenamente aceptado por los deportistas. Su uso está justificado ya que hay que hidratarse para mantener la termorregulación; ahora bien, tras ese objetivo inicial, en este momento se es mucho más ambicioso y se trata de intentar reponer carbohidratos, sales minerales, proteínas y hasta antioxidantes. Todo ello supone un aumento de la carga energética de la bebida y se contrapone con el límite fisiológico del vaciado gástrico.

La optimización entre la mayor ingesta de nutrientes en las bebidas junto al agua y los límites temporales que marca el citado vaciamiento, son el objeto de esta revisión realizada en base a un estudio experimental de vaciado gástrico con isótopos desarrollado por nuestro grupo con diferentes bebidas de reposición existentes en el mercado.

CONTROL NEUROLÓGICO Y HORMONAL DEL VACIAMIENTO GÁSTRICO (VG)

La velocidad de vaciamiento gástrico está regulada por señales procedentes tanto del estómago como del duodeno, sin embargo es este último el que proporciona las señales más potentes para el control del VG.

CORRESPONDENCIA:

Ana Belén Martínez González
Universidad Católica San Antonio, Campus de los Jerónimos s/n. 30107 Guadalupe (Murcia)
E-mail: abmartinez@pdi.ucam.edu

Aceptado: 9-02-2005 / **Revisión nº** 184

Factores gástricos que estimulan el VG

Efecto del volumen alimenticio gástrico sobre la velocidad de vaciamiento

El aumento del volumen alimenticio en el estómago estimula su vaciamiento; no es el incremento de la presión de los alimentos almacenados lo que hace que el estómago acelere su vaciamiento, ya que dentro de los límites normales habituales de volumen, este incremento no se traduce en una elevación significativa de la presión. La distensión de la pared gástrica despierta, sobre todo, reflejos mientéricos en la propia pared que aumentan la actividad de la bomba pilórica, acelerando así el VG.

Efecto de la Hormona Gastrina

La gastrina tiene efectos estimulantes ligeros o moderados de las funciones motoras del cuerpo gástrico. Además parece estimular la actividad de la bomba pilórica, por lo que es probable que contribuya, al menos en cierta medida, a facilitar el VG.

Potentes factores duodenales que inhiben el VG

Reflejos nerviosos enterogástricos originados en duodeno¹

Cuando los alimentos penetran en el duodeno desencadenan múltiples reflejos nerviosos que se

Ana B. Martínez González¹

Francisco J. López Román¹

Antonio J. Luque¹

Francisca Mulero²

José Contreras²

José A. Nuño de la Rosa²

José A. Villegas³

¹Cátedra de Fisiología del Ejercicio de la Universidad Católica San Antonio

²Servicio de Medicina Nuclear del Hospital Universitario Virgen de la Arrixaca.

³Cátedra de Fisiología del Ejercicio de la Universidad Católica San Antonio. CIESD (Centro de Investigación, Evaluación y Salud del deportista) de la Comunidad Autónoma de la Región de Murcia

inician en la pared duodenal y regresan al estómago, donde reducen o interrumpen el VG. Estos reflejos siguen 3 vías: directamente desde el duodeno al estómago a través del sistema nervioso mientérico de la pared gastrointestinal, a través de nervios extrínsecos que van a los ganglios simpáticos prevertebrales para regresar a través de las fibras simpáticas inhibitoras que llegan al estómago y a través de los nervios vagos que conducen los impulsos al tronco encefálico, donde inhiben las señales excitadoras normales transmitidas al estómago por los nervios vagos. Estos reflejos tienen dos efectos sobre el VG: inhiben poderosamente la bomba pilórica propulsiva y aumentan de forma ligera o moderada el tono del esfínter pilórico.

Retroalimentación hormonal a partir del duodeno

Colecistocinina (la más potente)², Secretina y Péptido Inhibidor Gástrico son mecanismos inhibidores del VG cuando el duodeno recibe cantidades excesivas de quimo, sobre todo ácido o graso³.

FACTORES QUE AFECTAN AL VACIADO GÁSTRICO

El vaciado gástrico determina el ritmo de reposición de líquidos y electrolitos, su absorción

por el intestino delgado y su llegada al torrente sanguíneo^{4,5}.

Ahora sabemos que los factores que regulan el VG son los enumerados en la Tabla 1⁶⁻⁹, aunque existen otros como la cafeína¹⁰, las variaciones diurnas (ritmo circadiano), las condiciones ambientales y la fase del ciclo menstrual que también pueden influir⁶, así como la hipoglucemia (aumenta el VG)¹¹ y el estreñimiento (retrasa el VG)¹². No obstante, los dos factores principales que influyen sobre el ritmo de VG son el volumen de bebida ingerido y el contenido calórico de la misma⁷.

Volumen de bebida ingerido

El vaciado del contenido gástrico al intestino sigue una curva exponencial y cae rápidamente cuando desciende el volumen que permanece en el estómago^{13,14}, lo que nos indica con claridad que el volumen es un factor importante de VG.

Si es deseable un gran ritmo de vaciado, se puede promover manteniendo un gran volumen (500 a 600 ml) con ingestas repetidas⁴, no obstante, parece que existe un límite (600 ml) a partir del cual se inicia un enlentecimiento de este ritmo de vaciado¹⁵ y una intolerancia gástrica¹⁶ (Figura 1).

Cuando se mantiene un volumen líquido gástrico de 600 ml, la mayoría de individuos pueden

Característica del soluto	Efecto sobre el ritmo de vaciado gástrico
Constituyentes de la bebida ingerida	
Volumen de la solución	Un aumento de volumen promueve un mayor ritmo de VG
Frecuencia de la ingesta	Una ingesta frecuente promueve una aceleración del ritmo de VG
Contenido calórico o densidad energética	Un aumento de la densidad calórica (CHO y tipo de CHO, grasas, proteínas y alcohol) enlentece el VG
Contenido de electrolitos	
Osmolalidad	Aumentos de la osmolalidad enlentece el VG
Temperatura	Controversia
pH	Desviaciones de un pH neutro enlentece el VG
VARIABLES DEPENDIENTES DEL EJERCICIO	
Intensidad del ejercicio	Un ejercicio >70-75% enlentece el VG
Tipo de ejercicio	El sprint endentece el ritmo de VG
VARIABLES SUBJETIVAS	
Estrés	El estrés mental o emocional enlentece VG
Nivel de hidratación	La deshidratación retrasa el ritmo de VG

TABLA 1.
Efectos de la composición de la solución sobre el ritmo de VG
Tabla elaborada a partir de datos de Wilmore y Costill 2004, Maughan y Leiper 1999, Murray y cols., 1999 Noakes y cols., 1991

vaciar más de 1000 ml/hora si el líquido ingerido contiene una concentración de un 4% - 8% de CHO⁵.

Densidad energética

Es bien conocido que un aumento del contenido energético de las bebidas ingeridas produce un descenso en el ritmo de VG, siendo este descenso proporcional a la carga energética¹⁷⁻²¹. Sin embargo, más complicado es establecer la concentración de CHO a la cual se enlentece significativamente el VG comparado con el agua. Hay estudios que han demostrado que bebidas con una concentración de CHO entre 5% y 7,5% ingeridas cada 15 - 20 minutos muestran un ritmo de VG similar al del agua²²⁻²⁴.

En relación a bebidas de reposición, se realizó un estudio muy interesante⁸ por los resultados obtenidos; se comparó una bebida con una concentración de un 8% de CHO (80 gr de CHO/L) y una osmolalidad de 412 mOsm/Kg, con otra con un contenido de un 6% de CHO y una osmolalidad de 403 mOsm/Kg, mostrando un enlentecimiento significativo del ritmo de VG con la primera.

Algunos autores^{25,26} afirman que la combinación de deshidratación e ingesta frecuente de fluidos minimiza las diferencias en el ritmo de VG entre bebidas con diferente contenido y tipo de CHO (porque la deshidratación enlentece el ritmo de VG) y la ingesta frecuente de líquidos mantiene el volumen gástrico (es el factor más importante en el VG)²⁷. Por lo tanto, es muy discutido el establecer una concentración de CHO a la cual el VG es inhibido significativamente comparado con el agua.

La literatura es menos clara respecto a la influencia del tipo de CHO en el VG. Algunos datos indican que las soluciones con fructosa vacían más rápidas que las soluciones de glucosa²⁸, lo que no se conoce es si este efecto puede ser modificado introduciendo fructosa con otro tipo de CHO. Respecto a la reposición de fluidos durante el ejercicio, algunos colegas⁵ rindican que la ingesta de soluciones con un 4% - 8% de

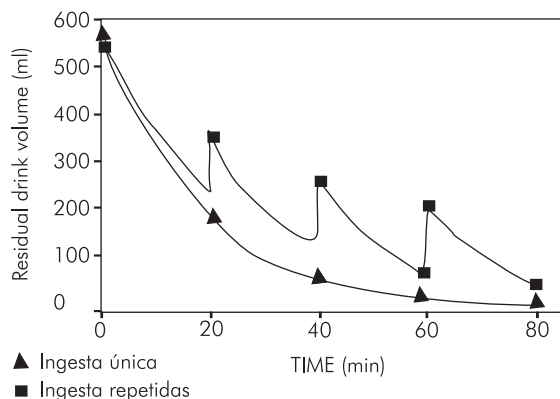


FIGURA 1. Comparación entre cantidades de bebida que permanecen en el estómago tras una dosis única (8 ml.Kg de peso) y tras una dosis (8 ml.Kg de peso) con ingestas repetidas cada 20 minutos (2 ml.Kg de peso) Rehner y cols., 1990 Con autorización de Int J Sports Med

CHO podría reponer ampliamente los CHO durante el ejercicio sin comprometer la absorción de líquidos. La mayoría de bebidas para deportistas contienen entre un 6% y 8% de CHO.

Osmolalidad

La osmolalidad de la bebida juega un mínimo papel sobre el VG; durante un trabajo de investigación⁸, 14 sujetos pedalearon al 70% del VO_{2max} durante 90 minutos, ingiriendo unos 227 ml de bebida (agua; 4% CHO → 201 mosm/L; 6% CHO → 403 mosm/L; 8% CHO → 412 mosm/L) cada 15 minutos, midiendo el VG con la técnica de aspiración gástrica de doble muestra²⁹ modificada³⁰; aunque la osmolalidad de las dos bebidas era similar, el ritmo de VG fue significativamente más lento con la bebida que contenía un 8% de CHO, enfatizando la importancia de la concentración de CHO (densidad energética), más que la osmolalidad, como uno de los principales determinantes del VG; supuesto en el que también coinciden estudios previos³¹.

Un trabajo con 12 tipos diferentes de bebidas introducidas en bolo único mediante sonda nasogástrica, variando los CHO y la osmolalidad, afirma que la osmolalidad no afecta al ritmo de VG³⁴, supuesto en el que coinciden otros estudios muy actuales³³.

Ejercicio: tipo e intensidad

El ejercicio no retrasa el ritmo de VG cuando se realiza a una intensidad inferior al 70 - 75% del

$VO_{2máx}$, pero sí que lo reduce significativamente al aumentar esta intensidad^{34,5}, retrasándose la digestión y reduciéndose la secreción gástrica⁶. En ejercicios menos intensos, mantenidos por debajo del 70 u 80% del $VO_{2máx}$, el ritmo de VG no difiere respecto a cuando el sujeto está en reposo¹⁹; y en actividades menos intensas, como caminar, se acelera el ritmo de VG³⁵.

La práctica de un ejercicio de moderada intensidad (50 - 70% del $VO_{2máx}$) de 15 minutos de duración, tras la ingesta de diferentes tipos de bebidas, mejora significativamente el VG en relación a la ingesta de estas mismas bebidas seguidas de 20 minutos de descanso, explicando estos resultados en base a la teoría mecánica y/o a otra teoría más compleja, la activación hormonal inducida por el ejercicio³⁶. Estos resultados no coinciden con los de la mayoría de los autores, que consideran que la práctica de ejercicio a una intensidad menor del 70% del $VO_{2máx}$ influye muy poco sobre el ritmo de VG^{37,16,19,14,38}.

Un ejercicio de gran intensidad disminuye el ritmo de VG de líquidos³⁹; la hipoxia también produce un descenso del ritmo de VG, especulándose que ésta es el estímulo para el enlentecimiento del VG durante un ejercicio de alta intensidad⁴⁰. Sin embargo, también es conocido que la ingesta de CHO aumenta el flujo⁴¹, siendo esta hipótesis la que podría explicar los diferentes resultados obtenidos al estudiar el efecto del ejercicio sobre la absorción intestinal; la reducción en la absorción intestinal con el ejercicio, observada en algunos estudios, podría deberse a un descenso del flujo sanguíneo y a la hipoxia; si se ingiriesen CHO, se podría mantener el flujo sanguíneo intestinal, y consecuentemente mejorar la absorción.

Otro dato a tener en cuenta durante la práctica deportiva es la modalidad de ejercicio. Mientras que un ejercicio a una carga de trabajo constante equivalente al 66% del $VO_{2máx}$ no afecta al VG, un ejercicio de pedaleo a un ritmo constante del 66% del $VO_{2máx}$ que incorpora sprints cortos, intermitentes y de alta intensidad, lo enlentece⁴².

Temperatura de la bebida

Se estudió el efecto de bebidas con diferente temperatura (4°C, 20°C, 37°C, 55°C) sobre el VG mediante la técnica gammagráfica⁴³, confirmando que cuando la temperatura de la bebida es más fría o más caliente que la temperatura corporal se inhibe el VG; estos autores no encontraron diferencias significativas en cuanto al ritmo de VG entre las bebidas con temperatura de 20°C y 37°C, pero sí observaron un retraso significativo en el ritmo de VG en las bebidas a temperaturas muy extremas (4°C y 55°C). Un estudio similar¹⁶ afirmó que el volumen vaciado desde el estómago al duodeno en los primeros 15 minutos tras la ingesta fue el doble para una solución de 5°C respecto a otra de 35°C. Contrariamente, otros trabajos⁴⁴ observaron que el ritmo de VG de una bebida isoosmótica a una temperatura de 4°C, respecto otra a 37°C, era menor, y otros no han encontrado diferencias en cuanto al ritmo de VG de bebidas a un rango de temperatura tan dispar como 4°C - 58°C⁴⁵. Aunque el American College of Sport Medicine⁵ indica que la temperatura ideal de una bebida de reposición para consumir durante el ejercicio debe situarse entre 15 y 21°C, estudios más recientes afirman que antes de los 5 minutos tras la ingesta, una bebida fría se calienta hasta ≈ 30°C a nivel gástrico, de esto se infiere que el efecto de la temperatura de una solución fría sobre el ritmo de VG es pequeño y transitorio⁴⁶, y quizá el empleo de bebidas frías sea más por su efecto termorregulador.

pH

Los reflejos enterogástricos son especialmente sensibles a la presencia de irritantes y ácidos en el quimo duodenal y, a menudo, se activan energicamente en tan sólo 30 segundos, inhibiendo el VG hasta normalizar el pH del quimo duodenal⁴⁷.

Estrés

La beta-endorfina inhibe la actividad peristáltica, enlenteciendo el VG⁴⁸. Diversos autores postulan que el estrés emocional o

mental enlentece el VG de sólidos^{49,6}. El ejercicio genera la liberación de opiáceos endógenos que pasan a la circulación y que reaccionan con receptores digestivos, actuando sobre la motilidad intestinal. El estrés, generado por frío o por estimulación laberíntica, libera mediadores humorales (beta-endorfina, péptidos opiáceos, catecolaminas)⁵⁰, lo que también sucede durante el ejercicio o en situaciones de estrés mental⁵¹.

Estado de hidratación

La deshidratación conduce a agravar las molestias gastrointestinales durante el ejercicio y retrasar el ritmo de VG de los líquidos ingeridos durante el mismo^{52,53,25}. Se han encontrado reducciones de un 20-25% en el ritmo de VG cuando los sujetos están deshidratados (con una pérdida de un 5% del peso corporal). Se estudió el efecto de la deshidratación sobre la función gastrointestinal durante un ejercicio extenuante (90 minutos al 70% del $VO_{2máx}$), midiendo diversos parámetros durante la prueba, tales como el VG de la bebida, tiempo de tránsito orocecal, permeabilidad intestinal y absorción de glucosa. El VG fue significativamente más lento en estado de deshidratación del deportista comparado con un estado de normohidratación, al igual que las náuseas y el malestar epigástrico, llegando a la conclusión que la deshidratación conduce a un enlentecimiento del ritmo de VG, asociándose éste con un incremento significativo de las náuseas inducidas por el ejercicio⁵⁴.

RESUMEN

Los factores que contribuyen más decisivamente a la fatiga durante el ejercicio físico son el agotamiento de carbohidratos (CHO) y la deshidratación. El proceso final de rehidratación depende tanto del ritmo al cual la bebida abandona el estómago (vaciado gástrico) como de la absorción intestinal; también es conocido que la ingesta de una bebida de reposición adecuada durante el mismo retrasa la fatiga y mejora el rendimiento deportivo.

Entre los múltiples factores que influyen en el vaciado gástrico encontramos características propias de la bebida ingerida (volumen, frecuencia de ingesta, densidad energética, osmolalidad, temperatura y pH de la solución), variables dependientes del ejercicio (intensidad y tipo de ejercicio), y otros factores (nivel de hidratación, estrés, cafeína, ritmo circadiano, condiciones ambientales, sexo femenino y fase del ciclo menstrual). Actualmente todos los estudios revisados defienden que las variables más determinantes del ritmo de vaciado gástrico son el volumen de bebida ingerido y la densidad energética de la misma.

Existen grandes variaciones individuales en el ritmo de vaciado gástrico y en la tolerancia a la ingesta de importantes volúmenes de bebida, pero se recomienda ingerir bebidas de reposición adecuadas a la práctica deportiva antes, durante y/o después de las sesiones de entrenamiento o el ejercicio, pudiendo así mejorar la tolerancia.

Palabras clave: Vaciado gástrico. Deporte. Bebidas de reposición. Osmolalidad. Contenido calórico.

SUMMARY

Carbohydrate depletion and dehydration are the most important factors affecting gastric emptying. The last process of rehydration depend as soon as gastric emptying rate as intestinal absorption; it is known that an adequate sport beverage ingestion during exercise delay the onset of fatigue and improve performance.

Between many factors affecting gastric emptying are characteristics of a sport drink (volume, frequency ingestion, caloric content, osmolality, temperature and pH), factors depending of exercise (intensity and type), and others factors (hydration level, stress, caffeine, circadian rhythm, environment conditions, female and menstrual cycle). Actually, all literature revised state the more important factors affecting gastric

emptying are the volume and the caloric content of ingested sport beverage.

There is large individual variation in gastric emptying rate and tolerance to larger volumes. Training to drink an adequate sport beverage

before, during and/or after training sessions or exercise is recommended and could improve enhance tolerance.

Key words: Gastric emptying. Sport. Rehydration beverage. Osmolality. Caloric content.

B I B L I O G R A F Í A

- American College of Sports Medicine.** Position stand: Exercise and fluid replacement. *Med Sci Sports Exerc* 1996; 28(1):1-6.
- Beckers EJ, Rehrer NJ, Brouns F, Ten Hoor F, Saris WHM.** Determination of total gastric volume, gastric secretion and residual meal using the double sampling technique of George. *Gut* 1988;29:1725-9.
- Bornstein JC, Costa M, Grider JR.** Enteric motor and interneuronal circuits controlling motility. *Neurogastroenterol Motil* 2004;16 Suppl 1:34-8.
- Bortz WN, Angwin P, Mefford IN, Boarder MR, Noyce N, Barchas JD.** Catecholamines, dopamine and endorphin levels during extreme exercise. *N Engl J Med* 1981;305 (8):466-7.
- Brener W, Hendrix TR, McHugh PR.** Regulation of gastric emptying of glucose. *Gastroenterology* 1983;85(1):76-82.
- Brouns F, Saris WHM, Rherer NJ.** Abdominal complaints and gastrointestinal function during long-lasting exercise. *Int J Sports Med* 1987;8(3):175-89.
- Brouns F, Senden J, Beckers EJ, Saris WHM.** Osmolarity does not affect the gastric emptying rate of oral rehydration solutions. *Journal of Parenteral and Enteral Nutrition* 1995; 19:403-6.
- Burks TF, Galligan JJ, Porreca F, Barber WD.** Regulation of gastric emptying. *Fed Proc* 1985;44(14):2897-901.
- Calbet JA, MacLean DA.** Role of caloric content on gastric emptying in humans. *J Physiol* 1997;498(Pt 2):553-9.
- Costill DL, Saltin B.** Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol* 1974;37:679-83.
- Estorch M, Carrió I, Vilardell F.** Ejercicio físico y sistema digestivo. *Rev Esp Enf Digest* 1991;80(4):257-60.
- Fordtran JS, Saltin B.** Gastric emptying and intestinal absorption during prolonged severe exercise. *J Appl Physiol* 1967;23(3):331-5.
- Fried M, Erlacher U, Schwizer W, Lochner C, Koerfer J, Beglinger C, et al.** Role of Cholecystokinin in the regulation of gastric emptying and pancreatic enzyme secretion in humans. Studies with the cholecystokinin-receptor antagonist loxiglumide. *Gastroenterology* 1991;101(2): 503-11.
- George JD.** New clinical method for measuring the rate of gastric emptying: The double sampling test meal. *Gut* 1968;9:237-42.
- Guyton AC, Hall JE.** Fisiología gastrointestinal. Tránsito y mezcla de los alimentos en el tubo digestivo. En: Guyton y Hall. Tratado de fisiología médica. 10ª ed. Madrid: McGraw-Hill Interamericana; 2002;877-88.
- Hunt JN, Smith JL, Jiang CL.** Effect of meal volume and energy density on the gastric emptying of carbohydrates. *Gastroenterology* 1985;89(6):1326-30.
- Leiper JB, Broad NP, Maughan RJ.** Effect of intermittent high-intensity exercise on gastric emptying in man. *Med Sci Sports Exerc* 2001;33(8):1270-8.
- Leiper JB, Maughan RJ.** Experimental models for the investigation of water and solute transport in man: implications for oral rehydration solutions. *Drugs* 1988; 36(Suppl 4):65-79.
- Lien HC, Chen GH, Chang CS, Kao CH, Wang SJ.** The effect of coffee on gastric emptying. *Nucl Med Commun* 1995;16(11):923-6.
- Marzio L, Formica P, Fabiani F, Lapenna D, Vecchiotti L, Cuccurullo F.** Influence of physical activity on gastric emptying of liquids in normal human subjects. *Am J Gastroenterol* 1991;86(10):1433-6.
- Maughan RJ, Leiper JB.** Limitations to Fluid Replacement During Exercise. *Can J Appl Physiol* 1999;24(2):173-87.
- Maughan RJ, Noakes TD.** Fluid Replacement and Exercise Stress. A Brief Review of Studies on Fluid Replacement and Some Guidelines for the Athlete. *Sports Med* 1991; 12(1):16-31.

23. **Maughan RJ.** Gastric emptying during exercise. *Sports Science Exchange* 1993;6(5):1-5.
24. **McArthur KE, Feldman M.** Gastric acid secretion, gastrin release, and gastric emptying in humans as affected by liquid meal temperature. *American Journal of Clinical Nutrition* 1989;49(1):51-4.
25. **McHugh PR, Moran TH.** Calories and gastric emptying: A regulatory capacity with implications for feeding. *Am J Physiol* 1979;236(5):R253-260.
26. **Minami H, McCallum RW.** The Physiology and pathophysiology of gastric emptying in humans. *Gastroenterology* 1984;86:1592-610.
27. **Mitchell JB, Costill DL, Houmard JA, Flynn MG, Fink WJ, Beltz JD.** Effects of carbohydrate ingestion on gastric emptying and exercise performance. *Med Sci Sports Exerc* 1988;20(2):110-5.
28. **Murray R, Bartoli W, Stofan J, Horn M, Eddy DA.** comparison of the gastric emptying characteristics of selected sports drinks. *Int J Sport Nutr* 1999;9(3):263-74.
29. **Murray R, Eddy DE, Bartoli WP, Paul GL.** Gastric emptying of water and isocaloric carbohydrate solutions consumed at rest. *Med Sci Sports Exerc* 1994;29(6):725-32.
30. **Murray R.** The effects of consuming carbohydrate-electrolyte beverage on gastric emptying and fluid absorption during and following exercise. *Sports Med* 1987;4(5):322-51.
31. **Neufer PD, Costill DL, Fink WJ, Kirman JP, Fielding RA, Flynn MG.** Effects of exercise and carbohydrate composition on gastric emptying. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18(6):658-62.
32. **Neufer PD, Young AJ, Sawka MN.** Gastric emptying during exercise: Effect of heat stress and hypohydration. *Eur J Appl Physiol* 1989;58:433-9.
33. **Noakes TD, Rehrer NJ, Maughan RJ.** The importance of volume in regulating gastric emptying. *Med Sci Sports Exerc* 1991;23(3):307-13.
34. **Owen MD, Kregel KC, Wall PT, Gisolfi CV.** Effects of ingesting carbohydrate beverages during exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 1986;18(5):568-75.
35. **Rehrer NJ, Beckers EJ, Brouns F, Saris WH, Ten Hoor F.** Effects of electrolytes in carbohydrate beverages on gastric emptying and secretion. *Med Sci Sports Exerc* 1993;25(1):42-51.
36. **Rehrer NJ, Beckers EJ, Brouns F, Ten Hoor F, Saris WHM.** Exercise and training effects on gastric emptying of carbohydrate beverage. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(5):540-9.
37. **Rehrer NJ, Brouns F, Beckers EJ, Saris WHM.** The influence of beverage composition and gastrointestinal function on fluid and nutrient availability during exercise. *Scand J Med Sci Sports* 1994;4:159-72.
38. **Rehrer NJ, Brouns F, Beckers EJ, Ten Hoor F, Saris WHM.** Gastric emptying with repeated drinking during running and bicycling. *Int J Sports Med* 1990;11(3): 238-243.
39. **Rehrer NJ.** Fluid and Electrolyte Balance in Ultra-Endurance Sport. *Sports Med* 2001;31(10):701-15.
40. **Roland J, Dobbelrir A, Vandevivere J, Ham HR.** Effect of mild mental stress on solid phase gastric emptying in healthy subjects. *Nucl Med Commun* 1990;11(4): 319-26.
41. **Ryan AJ, Bleiler TL, Carter JE, Gisolfi CV.** Gastric emptying during prolonged cycling exercise in the heat. *Med Sci Sports Exerc* 1989;21(1):51-8.
42. **Ryan AJ, Lambert GP, Shi X, Chang RT, Summers RW, Gisolfi CV.** Effect of hypohydration on gastric emptying and intestinal absorption during exercise. *J Appl Physiol* 1998;84(5):1581-8.
43. **Schvarcz E, Palmer M, Aman J, Berne C.** Hypoglycemia increases the gastric emptying rate in healthy subjects. *Diabetes Care* 1995;18(5):674-6.
44. **Scientific Committee On Food (European Commission).** Report of the Scientific Committee on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportsmen. Bruselas 2001.
45. **Scientific Committee On Food (European Commission).** Working documents for draft. Commission Directive on Foods intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sports people. 2004. Bruselas.
46. **Shi X, Bartoli W, Horn M, Murray R.** Gastric emptying of cold beverage in humans: effect of transportable carbohydrates. *Int J Sport Nutr Exerc Metab* 2000;10(4): 394-403.
47. **Stanghellini V, Malagelada JR, Zinsmeister AR, Go VL, Kao PC.** Stress-induced gastroduodenal motor disturbances in humans: possible humoral mechanisms. *Gastroenterology* 1983;85(1):83-91.
48. **Stephens KR, Rherer NJ.** Gastric emptying during highly intensive, intermittent exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1999; 31 Suppl.5: S324.
49. **Sun WM, Houghton LA, Read NW, Grundy DG, Johnson AG.** Effect of meal temperature on gastric emptying of liquids in man. *Gut* 1988;29(3):302-5.

- 50. Tjeerdsma HC, Smout AJ, Akkermans LM.** Voluntary suppression of defecation delays gastric emptying. *Dig Dis Sci* 1993;38(5):832-6.
- 51. Troncon LE, Iazigi N.** Effect of test meal temperature on the gastric emptying of liquids. *Braz J Med Biol Res* 1988; 21(1):57-60.
- 52. Van Nieuwenhoven MA, Vriens BE, Brummer RJ, Brouns F.** Effect of dehydration on gastrointestinal function at rest and during exercise in humans. *Eur J Appl Physiol* 2000;83(6):578-84.
- 53. Vist GE, Maughan RJ.** Gastric emptying of ingested solution in man: effect of beverage glucose concentration. *Med Sci Sports Exerc* 1994;26(10):1269-73.
- 54. Vist GE, Maughan RJ.** The effect of osmolarity and carbohydrate content on the rate of gastric emptying of liquids in man. *Journal of Physiology* 1995;486(2):523-31.
- 55. Wilmore JH, Costill DL.** Nutrición y ergogenia nutricional. En: Wilmore JH, Costill DL. *Fisiología del esfuerzo y del deporte*. 5ª ed. Barcelona: Paidotribo; 2004.p.450-489.