

INVESTIGACIÓN DE UNA BEBIDA PARA DESPUÉS DE LA PRÁCTICA DEPORTIVA

RESEARCHING A POST-EXERCISE DRINK

RESUMEN

Objetivos: Diseñar y probar una bebida para deportistas para tomar inmediatamente después del entrenamiento y competición. Para el diseño se ha recurrido a las últimas novedades de consenso en la elaboración de bebidas de reposición, especialmente la publicación del Comité Científico de Alimentación de la Unión Europea referente a los alimentos a tomar en función de la práctica deportiva¹², aunque con la importante novedad en comparación con otras fórmulas existentes en el mercado, de emplear zumos de frutas ricas en antioxidantes (flavonoles). Para experimentar la bebida se han realizado unas pruebas de esfuerzo en ciclistas mediante un sistema de doble ciego.

Material y Métodos: Se escogió a 20 ciclistas de nivel nacional (VO_{2max} de 68,6 ml/kg/min de media), a los cuales se sometió a un test específico para determinar el VO_{2max} . A continuación se diseñó un test rectangular de una hora al 75% del VO_{2max} , tras el cual se le suministró al deportista un litro de bebida durante una hora, realizándose posteriormente un nuevo test rectangular también al 75% del VO_{2max} hasta el agotamiento. En todos ellos se determinó la lactacidemia, glucemia e iones. A la semana siguiente, se les sometió a los deportistas a otra experiencia idéntica pero con otra bebida control. El sistema estadístico empleado fue de doble ciego aplicando un análisis de varianza correspondiente a un diseño factorial con intercambios (crossover).

Resultados: La bebida experimental produjo una hiperglucemia muy marcada ($p<0,0003$), aumentó la natremia ($p<0,0475$) y disminuyó la lactacidemia del test posterior a su ingesta ($p<0,0003$). Los test organolépticos demostraron una clara aceptación de la bebida. El índice de percepción del esfuerzo fue menor en los deportistas que tomaron la bebida diseñada.

Conclusiones: Los resultados nos indican que la bebida diseñada restaura los electrolitos perdidos por la sudoración, aumenta la glucemia de forma muy significativa y mejora la percepción del esfuerzo en un segundo test permitiendo al deportista mantener la carga (75% del VO_{2max}) durante más tiempo.

Palabras clave: Glucógeno, bebida, deshidratación, lactato, recuperación.

SUMMARY

Objectives: The design and testing of a post-competition sports drink. The latest innovations in consensus on the development of repletion drinks have been taken into account, especially those of the European Food Scientific Committee, regarding sports foods. This drink includes an important novelty in relation with other commercial sports drinks; it contains red fruit juices, which have very high anti-oxidant content due to reduced flavonoles, in its recipe. Several double blind effort tests have been performed on cyclists in this study.

Material and methods: 20 cyclists from national competition were selected (average VO_{2max} 68.6 ml/Kg/min). First, a specific test to determine VO_{2max} was performed. Following this, a 75% VO_{2max} one-hour triangular test was designed. Cyclists had to drink 1 litre of the sports drink during the following hour, and then they had to participate in another 75% VO_{2max} triangular test until exhaustion. Lacticacidemia, glycaemia and ions were evaluated in all sportsmen. Cyclists had to perform a similar test the following week, but drinking another control drink. The statistical study used was double blind variance analysis corresponding to a crossover factorial design.

Results: The experimental sports drink resulted in very clear hyperglycaemia ($p<0.0003$), hypernatremia ($p<0.0475$) and a decrease in lacticacidemia after the second triangular test (after sports drink intake). With regard to sensorial evaluation, the sports drink was very well accepted by the cyclists. The effort perception index was lower in the sportsmen who drank the experimental drink.

Conclusions: Our results showed that the sports drink recovers sweat electrolyte losses, significantly increases glycaemia and improves effort perception in the second test, helping sportsmen to maintain a high level (75% VO_{2max}) for a longer period.

Key words: Glycogen, sports drink, dehydration, lactate, repletion.

María Teresa Martínez Rocamora**

José Antonio Villegas García*

Eduardo Pérez García*

Pedro Abellán Ballesta***

María Luisa Vidal Guevara***

Juana Alemán Tudela**

Rejane Daoud**

* Departamento de Fisiología y Nutrición. Universidad Católica de Murcia (España)

** Centro de Investigación Deportiva. Comunidad Autónoma de la Región de Murcia
*** Hero España S.A.

CORRESPONDENCIA:

María Teresa Martínez Rocamora. C/ Infanta Cristina, 8 - 5º H. 30007 Murcia. España (Spain). Tfno.: 34 968 200 183. irugordi@um.es

Aceptado:
10.07.01

Premio de Investigación en Medicina del Deporte de la Universidad de Oviedo. Año 2000.

1.- INTRODUCCIÓN

La concentración de glucógeno en hígado y músculos utilizados durante el esfuerzo, es un fuerte condicionante de la capacidad de mantener un esfuerzo prolongado en deportes aerobios^{1 y 2}.

La forma de reconstituir el glucógeno empleado en el entrenamiento o competición consiste en restituirlo con la máxima rapidez, ya que la reconstitución del glucógeno deplecionado tras una actividad deportiva o ayuno sigue una función exponencial, de modo que es máximo en las cinco primeras horas y luego va disminuyendo paulatinamente³.

Piehl en 1974⁴, tras valorar el contenido inicial de glucógeno muscular, realizó un estudio para determinar el ritmo de resíntesis del glucógeno una vez que se agotaban sus reservas tras ejercicio en un cicloergómetro. Observó que si permitía comer a los sujetos una dieta mixta normal, el ritmo de resíntesis era muy lento y éstos tardaban cerca de 48 horas en alcanzar los niveles de glucógeno muscular previos al esfuerzo. Recordemos que en un varón de 70 Kg, con una proporción normal de un 12% de grasa (8,4 Kg), el glucógeno está almacenado en cantidades muy limitadas, del orden de los 520 gr (lo que corresponde a un contenido energético de 2080 Kcal.), pudiendo llegar con un entrenamiento adecuado a los 660 gr, de los que 530 gr estarían en músculo y 130 gr en hígado⁵.

Hoy se sabe que el ritmo de resíntesis es directamente proporcional a la cantidad de carbohidratos (CH) en la dieta durante las primeras 24 horas y, particularmente en las 2 primeras. De esta forma, dietas de 200 gr/día de CH (cantidad necesaria para una actividad diaria habitual) apenas incrementan las reservas de glucógeno; en cambio se obtendrá un elevado grado de repleción mediante dietas con 600 gr/día de CH, habituales cuando se han de realizar duros entrenamientos diarios, lo que obliga a ingerir hasta 6.000-7.000 cal/día⁶.

Esto es especialmente importante en las primeras horas postesfuerzo, en las que la velocidad de resíntesis de glucógeno es mayor, absorbiéndose la glucosa con gran facilidad y transformándose en glucógeno rápidamente⁷. Este incremento de la permeabilidad a la glucosa tras el ejercicio es consecuencia de la activación de los transportadores de glucosa GLUT4⁸.

Si tras finalizar el esfuerzo se tardan más de 2 horas en comer, sólo se replecionan los depósitos en un 50%. Por ello es de extraordinaria importancia para el deportista que haya un gran aporte de CH de fácil absorción en el postesfuerzo inmediato; con ello se acelera el proceso de regeneración del organismo y se crean unas buenas condiciones para el efecto de supercompensación, que aumentará el rendimiento.

En 1989 Coggan y Coyle⁹ observaron en ciclistas que habían finalizado un esfuerzo físico exhaustivo que, durante el periodo de recuperación inmediato, sólo podían mantener un nuevo esfuerzo durante breves minutos a una intensidad próxima al 75% del $VO_{2\text{máx}}$, sin aporte hidrocarbonado.

La acumulación de glucógeno en el músculo parece, por otro lado, ser más rápida con los monosacáridos, disacáridos y polisacáridos más fácilmente digeribles, que con moléculas más grandes de almidón o con los más lentamente digeribles y absorbibles polisacáridos¹⁰ encontrados en las judías, pasta, maíz, etc. En consecuencia, se puede recomendar que se ingieran bebidas azucaradas y dulces, "potitos" de frutas y/o barritas energéticas, en el período inmediato post-ejercicio. En este sentido, la necesidad de una reposición hídrica urgente hace recomendable que sean bebidas lo que se utilice como medio de reconstitución del glucógeno deplecionado.

Respecto de la cantidad óptima de CH a ingerir, se recomiendan^{11,12} 1,5 gr/Kg al terminar el esfuerzo, y 1,5 gr/Kg a las 2 horas. Costill y cols¹³ alimentaron a sujetos con 525 gr de CH durante 24 horas (correspondiente a un 70% del consumo calórico) y observaron que la síntesis de glucógeno era similar cuando se administraban en 2 grandes comidas almidonadas (que serían muy voluminosas) o cuando se hacía en 7 comidas más pequeñas.

Tras realizar un esfuerzo físico exhaustivo es frecuente que el deportista no esté hambriento por lo que, frecuentemente, prefiere ingerir líquidos a comida sólida¹⁴.

Cuando el apetito vuelve y hay deseo de ingerir alimentos sólidos, se recomienda que estos aporten un 70-80% del consumo calórico mediante CH de alto índice glucémico, ingiriendo unos 600 gr/día, y evitando grasas y proteínas especialmente durante

las 6 horas postesfuerzo exhaustivo, ya que éstas, a menudo, suprimen la sensación de hambre y limitan el consumo hidrocarbonado¹⁵.

Determinar el tipo de carbohidrato de la bebida de modo que el índice glucémico sea el más alto posible es un parámetro muy importante^{16, 17 y 18}. Parece que la sacarosa (azúcar de mesa), los polímeros de glucosa (maltodextrina) o la combinación de diferentes CH se absorben, incluso, mejor que la glucosa^{19, 20 y 21}. La ventaja que aporta la maltodextrina es su reducida osmolaridad, lo que permite una mayor absorción de agua. Este apartado ha sido plenamente confirmado en estudios con animales²² y seres humanos²³.

DISEÑO DE UNA BEBIDA PARA DESPUÉS DEL ESFUERZO

Mediante fórmulas líquidas, el ciclista podrá ingerir de forma agradable y sabrosa, una gran cantidad de CH, es decir, energía, satisfaciendo al mismo tiempo una apetencia natural y las necesidades fisiológicas. Hoy día, las bebidas energéticas parecen garantizar una situación metabólica favorable para el rendimiento (un ciclista puede consumir el 30% de su energía diaria a base de líquidos ricos en CH con el propósito de mantener el balance energético), creando de esta forma unas condiciones óptimas para una rápida regeneración tras el entrenamiento y la competición. Sin embargo, la concentración de CH está más bien pensada para aportar una bebida de rápido vaciamiento gástrico (percompetitiva), que para la gran carga de CH que se precisa en la bebida postcompetitiva.

Sabemos que la glucosa es el único tipo de carbohidrato que el músculo puede metabolizar y almacenar como glucógeno muscular y/o hepático. Las féculas son polímeros de moléculas de glucosa que se encuentran en los vegetales y cereales; la fructosa es un monosacárido contenido en las frutas que se ha de convertir en glucosa a nivel hepático. La ingestión de glucosa o alimentos con un elevado índice glucémico induce una síntesis de glucógeno (5-7 mmol/kg/h) superior a la fructosa (3 mmol/kg/h) que tiene su lugar de predilección en el hígado. Por ello los CH se pueden clasificar, según modifiquen el índice glucémico y, por tanto, la secreción de insulina.

Si bien, no es sólo el índice glucémico el que debe primar de forma exclusiva en la elaboración de la bebida, ya que se deben contemplar otros factores como el valor alimenticio del alimento, el sabor agradable, la rapidez de vaciado gástrico²⁴ o la facilidad de la preparación²⁵.

Parece claro, por tanto, que la bebida debe tener un carbohidrato, a ser posible una combinación de maltodextrina, con monosacáridos (glucosa y fructosa), en una concentración entre el 6 y el 10%^{26,12}. Primer factor, pues, que condiciona nuestra bebida.

Por otro lado, sabemos que puede ser conveniente añadirle sodio ya que su presencia en las bebidas maximiza la retención de los líquidos ingeridos y reemplaza las pérdidas durante el esfuerzo. Además, la necesidad de la presencia de sodio para el transporte de glucosa es un hecho demostrado²⁷. La cuestión es cuanto sodio es necesario que lleven la bebida, y no sólo eso, sino en que tipo de sal, es decir, a que ión debe ir unido el sodio.

En este sentido, sabemos que la estequiometría de la unión de Na⁺ a la molécula de glucosa es una proporción 2:1; sin embargo, dado que la mayoría de agua y electrolitos de la bebida se absorberá a través del espacio intercelular del duodeno y primera porción del yeyuno²⁸, esta proporción podría carecer de importancia, y de hecho, la cantidad de sodio no necesitaría ser tan elevada. Aún así, las cantidades que contienen las bebidas comerciales (10-25 mmol/l) están muy por debajo del consenso actual que está en (50-90 mmol/l)^{29,30,31,32,33}.

Respecto al tipo de ión al que debe unirse el sodio, parece claro que es el cloro como primera elección (el cloro es el anión que más facilita una máxima absorción de fluidos), y el citrato como segunda, al menos eso parece demostrarse en estudios realizados en seres humanos³⁴.

Ya tenemos el segundo componente de nuestra bebida, el sodio, en forma de cloruro y citrato, y en una cantidad de unos 45 mOsmol/l¹².

Por otro lado, se postula en diversos estudios la conveniencia de añadir una cierta cantidad de proteína a la bebida postcompetitiva, ya que la síntesis

proteica, ya realizada por el ejercicio, y el aumento de flujo sanguíneo a los músculos, se ve favorecida por el balance netamente anabólico inmediatamente después del esfuerzo³⁵. Además, este consumo de proteínas mejora la acción de la insulina que a su vez completa la acción del ejercicio incrementando la acción de la proteína transportadora GLUT4³⁶. En este sentido hay autores que han realizado investigaciones con algunos aminoácidos en particular, así, Yaspelkis BB³⁷ en 1999 comprueba que la adición de arginina a una bebida rica en CH inmediatamente después del ejercicio, puede aumentar la disponibilidad de la glucosa para almacenar glucógeno al reducir su utilización como sustrato energético.

Asimismo, Bowtell JL³⁸ en 1999 suministra glutamina junto con los CH en la bebida postcompetitiva encontrando que la adición de glutamina a un polímero de glucosa favorecía el almacenaje de glucógeno hepático.

En este sentido debemos considerar los estudios realizados con suplementos de aminoácidos ramificados que sugieren un posible efecto favorecedor de la restitución proteica del músculo ligeramente dañado tras el esfuerzo^{39 y 40}.

Combinar aminoácidos y monosacáridos ejerce un efecto aditivo, además, sobre la absorción de agua y sal⁴¹, al menos en estudios realizados en ratas.

La adición de aminoácidos aislados parece ser mas arriesgada que la de complejos de ellos en forma de proteína a la hora de posibles alteraciones del tránsito intestinal, ya que han sido observadas reacciones adversas a la arginina y glutamina solas⁴².

Así pues, tenemos el tercer componente de nuestra bebida modelo. Una pequeña porción de proteína, que nosotros hemos añadido como suero de leche rico en proteína (Ultra Whey Standard)¹².

Finalmente, el deportista está muy expuesto a la formación de radicales libres y, por tanto al daño celular. En este sentido, entre los sistemas especialmente vulnerables está la membrana celular, la respiración aerobia (fosforilación oxidativa) y la síntesis de proteínas, todos ellos de capital importancia para el deportista. Aumentar la ingesta de antioxidantes naturales puede ser de extrema importancia, aunque

aún no hay datos incontrovertibles sobre este punto. No obstante, a la hora de conseguir un monosacárido de una fruta, hemos elegido aquéllas que son ricas en antioxidantes.

Este es el cuarto componente que completaría la bebida a experimentar. Una mezcla de zumos de frutas ricas en antioxidantes naturales (uva, frambuesa y grosella)¹².

Con todas estas premisas hemos establecido una bebida compuesta de concentrado de uva, frambuesa y grosella, con maltodextrina, suero de leche, citrato sódico y cloruro sódico.

Con esta fórmula hemos conseguido una bebida de osmolaridad reducida (303 mOsm/l), moderado contenido calórico (375 Kcal/l), adecuada concentración de sodio (45 mOsm/l) y proteínas (2,5 g/kg), y rica en antioxidantes.

PRUEBA DE LA BEBIDA EN DEPORTISTAS

2. MATERIAL Y MÉTODOS

2.1) SUJETOS DE ESTUDIO.

Se han sometido a la investigación 20 ciclistas federados de nivel competitivo. Sus edades están comprendidas entre 15 y 18 años. Todos ellos realizan una actividad física programada y gozan de perfecta salud, para determinar este hecho, se les realizó un estudio médico incluyendo anamnesis, auscultación cardio-respiratoria, ECG, analítica de sangre y orina y demás estudios complementarios.

2.2) MATERIAL

- Analizador de gases respiratorios respiración a respiración (Oxycon Champion).
- Medida de volumen mediante un sistema bidireccional Triple-V^o con una precisión del 2% y reproductibilidad con un error inferior al 1,5%.
- Medida de FO₂ según el principio paramagnético de la molécula de oxígeno con una precisión mejor del 0,04% y tiempo de respuesta inferior a 40 msg.

– Medida de FCO₂ basado en el principio de absorción infrarroja con precisión mejor del 0,01% y tiempo de respuesta inferior a 40 msg.

– Analizador de iones y lactato. ABL 615 Radiometer.

La desviación estándar tras comparar diferentes muestras usando el mismo instrumental y similar muestra S₀ una vez realizado el test con el sistema de referencia es, para cada parámetro, el que sigue:

– cNa⁺, para el valor 140 mmol/l S₀ = 0,4 (referencia: fotometría de llama)

– cK⁺, para el valor 4 mmol/l S₀ = 0,04 (referencia: fotometría de llama)

– cGlu, para el valor 10 mmol/l S₀ = 0,2 (referencia: espectofotometría; método hexoquinasa/glucosa-6-P dhasa)

– cLac, para el valor 4,3 mmol/l S₀ = 0,1 (referencia: espectofotometría)

– Monitor de frecuencia cardíaca y material de equipo médico (ECG, desfibrilador..)

– Cicloergómetro de freno por corrientes de inducción ER 900 de Jaegger

2.3) MÉTODO

Para determinar los niveles de esfuerzo, así como la capacidad aerobia de los deportistas sometidos a la investigación, hemos realizado un test triangular maximal en cicloergómetro con determinación directa del consumo de oxígeno. De esta forma hemos establecido el primer nivel de esfuerzo en el 75% del VO_{2max} recogido en la literatura⁴³ como la intensidad de actividad a la que se puede realizar un esfuerzo submaximal hasta el agotamiento de las reservas de glucógeno. Sherman y Costill⁴⁴ observaron que el glucógeno muscular en corredores de larga distancia entrenados es de 130 mmol/kg/l y desciende a 40-60 mmol/kg/l tras 2 horas de ejercicio continuo al 60-80% del VO_{2max}.

Los estudios realizados sobre la depleción de glucógeno (Costill y cols⁴⁵), demuestran que más de la mitad de las reservas de glucógeno quedan agota-

das en individuos sometidos a un esfuerzo intensivo de 1 hora de duración.

Por tanto, hemos establecido un primer test al 75% del VO_{2max}, en este sentido, se realizó un test rectangular durante una hora. Finalizado el test se le proporcionó al ciclista un litro de bebida en ingestas de 200 cc durante la primera hora. Tras dos horas de descanso se realizó un segundo test, nuevamente, al 75% del VO_{2max} hasta el agotamiento, con un máximo de una hora. Aunque pudiera continuar, al pasar la hora se daba por concluido el test.

Tras una semana de intervalo se sometió a cada ciclista a otro test de la misma duración e intensidad variando el tipo de bebida a ingerir durante la hora de reposo. El segundo test se realizó a la misma intensidad que el test similar de la semana anterior (Tabla I).

Prueba A	Prueba B	Prueba C (a las dos horas de la prueba B)
Test triangular maximal con determinación del VO _{2max}	Test rectangular de una hora al 75% del VO _{2max}	Test rectangular al 75% del VO _{2max} hasta el agotamiento.
	Determinación de iones, glucemia, lactacidemia, cada 20 minutos.	Determinación de iones, glucemia, lactacidemia, cada 20 minutos.
	Al final de la prueba se le da la bebida que le corresponde	
Prueba D (a la semana siguiente de las pruebas B y C)		Prueba E (a las dos horas de la prueba D)
Test rectangular de una hora al 75% del VO _{2max}		Test rectangular al 75% del VO _{2max} hasta el agotamiento.
Determinación de iones, glucemia, lactacidemia, cada 20 minutos.		Determinación de iones, glucemia, lactacidemia, cada 20 minutos.
Al final de la prueba se le da la bebida que le corresponde		

TABLA I.-
Diseño del experimento con la bebida experimental y la bebida placebo.

La bebida empleada en cada caso se preparó mediante el sistema doble ciego, es decir, se les suministró al personal sanitario y, por tanto al deportista, una bebida indistinguible de la otra salvo la denominación, que en un caso era bebida A y en el otro bebida B.

De los 20 ciclistas que comenzaron las pruebas, finalmente se descartó a 5, debido a incidentes que alteraron la programación y validez de las evaluaciones. En total se efectuaron 75 test de esfuerzo.

Por otro lado, el desayuno previo a la prueba fue el mismo para todos los deportistas, se les suministró una hora antes de la prueba de esfuerzo y consistió en (Tabla II):

Producto	Valor energético	Proteínas	Carbohidratos	Grasas
1/2 litro de leche adaptada	1365 KJ (325 Kcal)	3 g	7,2 g	2,7 g
300ccs	440 KJ (104 Kcal)	1,6	18,4	2,6
200 g de zumo de naranja	370 KJ (86 Kcal)	0,7 g	19 g	0,1 g
30 g de mermelada	366 KJ (85 Kcal)	0,1 g	21 g	0 g
Total	2541 KJ (606 Kcal)	5,4 g	56,6 g	5,4 g

TABLA II.-
Valor energético y contenido en macronutrientes del desayuno previo a las pruebas de esfuerzo.

Este desayuno se suministró con dos premisas, por un lado que evitara el sesgo inducido por la diferente alimentación que tomaran los ciclistas antes del test, y por otro lado, que al ser hipocalórico no restaurara el glucógeno perdido durante el ayuno vespertino.

DEFINICIÓN DE VARIABLES.

1. Determinación directa del $VO_{2\text{máx}}$ mediante prueba de esfuerzo triangular maximal⁴⁶.

1. A la semana siguiente, realización de un test rectangular de una hora al 75% del $VO_{2\text{máx}}$ con medición de lactacidemia, glucemia e iones en sangre.

2. Suministro de la bebida (1 litro en dosis de 200 cc).

3. Determinación de la glucemia, iones y lactacidemia.

4. Dos horas de reposo.

5. Realización de un test rectangular, hasta el agotamiento, al 75% del $VO_{2\text{máx}}$ con medición de lactacidemia, glucemia e iones.

6. A la semana siguiente repetición de los test rectangulares con la otra bebida.

La lactacidemia se determinó (junto con iones y glucemia) mediante muestras de 125 microlitros de sangre capilar (pulpejo del dedo de la mano). Durante los tests se realizó una toma de lactato en sangre capilar cada 20 minutos. La toma de muestras sanguíneas se realizó siguiendo las directrices del National Committee for Clinical Laboratory Standards (Radiometer, 1981)⁴⁷, obteniendo la muestra sin hemolizar y limpiando con algodón seco la zona para

no mezclar la muestra de sangre con sudor. Dichas muestras se tomaron mediante punción con lanceta en el pulpejo de un dedo de la mano, tras arterializar la zona mediante calentamiento local (Siggard-Andersen, 1968, citados por Allshop⁴⁸). Finalmente, el valor de lactato se ha determinado de forma inmediata, por lo que no es necesario especificar si se trata de lactato plasmático o de sangre total, ya que ambos valores (en nuestro caso) son idénticos⁴⁹.

3) RECOGIDA Y ANÁLISIS DE LOS DATOS.

Se realizó una encuesta sobre la palatabilidad de las bebidas. En ella se hacían las siguientes preguntas:

1.- Sobre el sabor: (Bueno, Regular, Malo).

2. Sobre la cualidad de refrescante: (Mucho, Poco, Suficiente, Nada).

3.- Comparación entre bebidas: (A mejor que B, B mejor que A, Indiferentes).

Los resultados dieron un 100% de buen sabor a la bebida Sport A, frente a sólo un 37,5% de la Sport. Un 93,75% dijeron que la Sport A era mejor que la Sport.

ÍNDICE DE PERCEPCIÓN DE ESFUERZO (RPE)

Antes de comenzar el test se les leía a los ciclistas unas instrucciones estandarizadas sobre el uso del RPE⁵⁰, aclarándose las dudas que pudieran existir al respecto. Dichas instrucciones eran una traducción libre de las utilizadas en el laboratorio de Fisiología del Ejercicio del Memorial Gym (USA)⁵¹.

Durante la lectura de las instrucciones a los ciclistas, se les enseñó la escala y se les invitó a que ensayaran con ella. A lo largo del test se pidió que nos puntuaran el RPE correspondiente al esfuerzo que estaban realizando en ese momento.

RESULTADOS

La media del índice de percepción de esfuerzo para el segundo test rectangular fue de 15,5 (correspondiente a un esfuerzo "duro") en la bebida experimental, frente a 16,2 ("muy duro") en la bebida control.

El tiempo de aguante del segundo test rectangular tras la bebida experimental fue netamente superior al soportado tras la ingesta de la bebida control (46 minutos frente a 39).

El segundo test rectangular fue soportado hasta el tiempo límite de 60 minutos por tres ciclistas tras tomar la bebida control, mientras que fueron siete los ciclistas que soportaron la hora de esfuerzo tras tomar la bebida experimental.

ANÁLISIS ESTADÍSTICO

Se ha realizado un análisis de varianza correspondiente a un diseño factorial con intercambios (cross-over).

Los factores intervinientes son:

- Bebidas. Factor a dos niveles: bebidas A (experimental) y B (placebo)
- Tiempo. Factor a nueve niveles. Los tres primeros basales sin ingesta y los seis últimos con ingesta.
- En el análisis el factor bebida tiene como niveles las diferencias A-B y B-A correspondientes a las diferencias de las determinaciones en un mismo deportista, que primero ingiere A y, tras el intercambio, ingiere B (diferencia A-B) y las diferencias de un deportista que primero ingiere B y luego ingiere A (diferencias B-A).

De esta forma, si $(A-B) = (B-A) \Rightarrow (A-B) - (B-A) = 0 \Rightarrow A-B-B+A = 0 \Rightarrow 2(A-B) = 0$.

De donde $A = B$

Al ir estudiando las variaciones de cada uno de los parámetros valorados, hemos encontrado las siguientes significaciones estadísticas:

- Los iones cloro y potasio no variaron de forma estadísticamente significativa.

VARIACIONES DEL IÓN SODIO (Tabla III)

La media de la natremia aumenta en los ciclistas que toman la bebida experimental (bebida A)(fig. 1), con relación a los que toman la bebida control (bebida B)

(fig. 2) de forma estadísticamente significativa ($p < 0,0475$). También aumenta a lo largo del tiempo de ingesta de la bebida de forma estadísticamente significativa ($p < 0,00005$) con respecto a la modificación de la natremia en la bebida control.

FUENTE DE VARIACIÓN	SUMA DE CUADRADOS	D.F.	MECDA DE CUADRADOS	VALOR DE F.	P
Bebida	331,33415	1	331,33415	4,98	0,0475
Error	732,30688	11	66,57335		
Tiempo	6,73667	8	0,84208	0,80	0,6057
Tb	73,06146	8	9,13268	8,66	0,0000
Error	92,83596	88	1,05495		

TABLA III.- Variaciones del ión sodio.

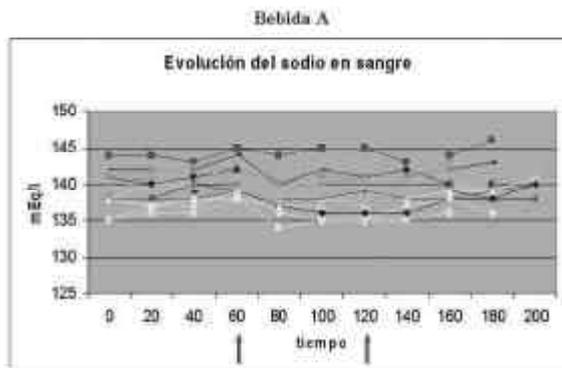


FIGURA 1.- Evolución del sodio en sangre a lo largo de la primera prueba con la bebida A (experimental) hasta el minuto 60 (flecha). Durante la ingesta de la bebida hasta el minuto 120 (flecha) y durante el resto del tiempo hasta la finalización, por agotamiento, de la segunda prueba.

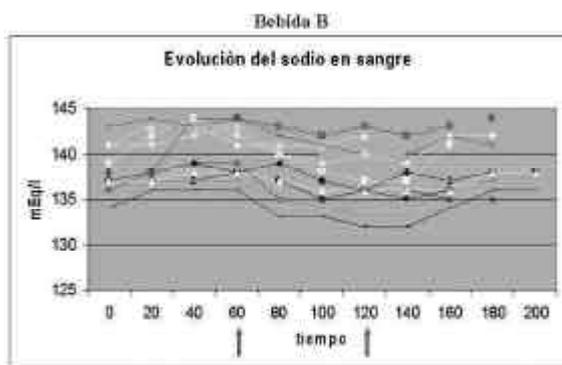


FIGURA 2.- Evolución del sodio en sangre a lo largo de la primera prueba con la bebida B (placebo) hasta el minuto 60 (flecha). Durante la ingesta de la bebida hasta el minuto 120 (flecha) y durante el resto del tiempo hasta la finalización, por agotamiento, de la segunda prueba.

* VARIACIONES DEL IÓN CLORURO

La media de la cloremia no aumenta de forma estadísticamente significativa en los que toman la bebida experimental con respecto a la bebida control, pero si aumenta de forma significativa ($p < 0,0071$) a lo largo del período de recuperación en los que toman la bebida experimental.

*** VARIACIONES DE LA GLUCEMIA (Tabla IV)**

La media de la glucemia aumenta en los ciclistas que toman la bebida experimental (fig 3) con relación a los que toman la bebida control (fig. 4) de forma estadísticamente significativa ($p < 0,0003$). También aumenta de forma estadísticamente significativa ($p < 0,00005$) a lo largo del tiempo de recuperación tras la prueba si se les da la bebida experimental.

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	D.F.	MEDIA DE CUADRADOS	VALOR DE F.	P
Bebida	19624.01302	1	19624.01302	26.70	0.0003
Error	8084.31005	11	734.99182		
Tiempo	5001.71836	8	625.21479	3.60	0.0012
Tb	62402.36793	8	7800.29890	44.87	0.0000
Error	15296.70899	88	173.82624		

TABLA IV.-
Variaciones de la glucemia.

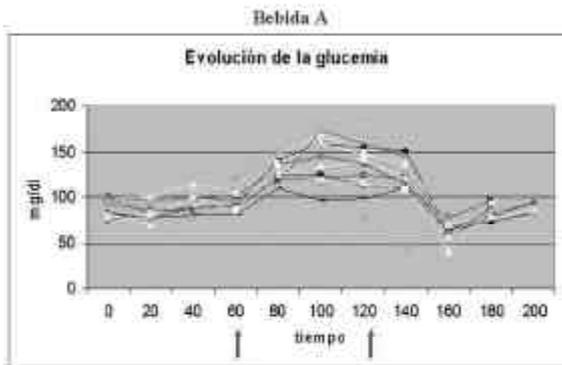


FIGURA 3.-
Evolución de la glucosa en sangre a lo largo de la primera prueba con la bebida A (experimental) hasta el minuto 60 (flecha). Durante la ingesta de la bebida hasta el minuto 120 (flecha) y durante el resto del tiempo hasta la finalización, por agotamiento, de la segunda prueba.

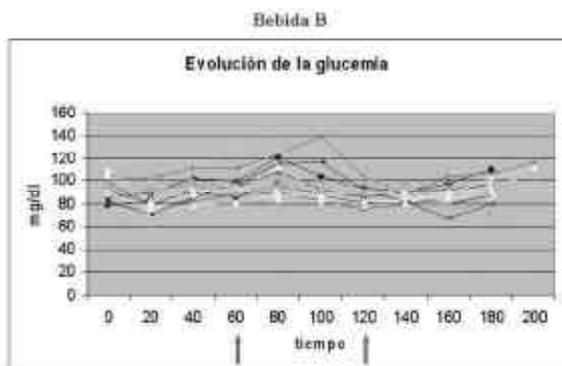


FIGURA 4.-
Evolución de la glucosa en sangre a lo largo de la primera prueba con la bebida B (placebo) hasta el minuto 60 (flecha). Durante la ingesta de la bebida hasta el minuto 120 (flecha) y durante el resto del tiempo hasta la finalización, por agotamiento, de la segunda prueba.

*** VARIACIONES DE LA LACTACIDEMIA (Tabla V)**

La media de la lactacidemia no disminuye de forma estadísticamente significativa en los que toman la bebida experimental con respecto a la empleada como control, pero sí disminuye de forma significativa ($p < 0,0003$) a lo largo del período de recuperación en los que toman la bebida experimental (fig. 5 y 6).

FUENTE DE VARIACION	SUMA DE CUADRADOS	D.F.	MEDIA DE CUADRADOS	VALOR DE F.	P
Bebida	1.56875	1	1.56875	1.04	0.3287
Error	16.51672	11	1.50152		
Tiempo	2.11635	8	0.26457	0.86	0.5514
Tb	10.29740	8	1.28718	4.19	0.0003
Error	27.00328	88	0.306686		

TABLA V.- Variaciones de la lactacidemia.

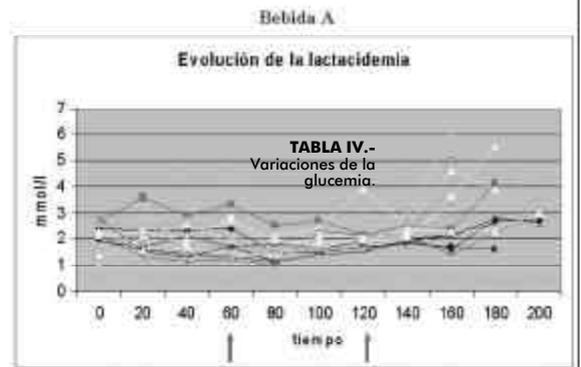


FIGURA 5.- Evolución del lactato en sangre a lo largo de la primera prueba con la bebida A (experimental) hasta el minuto 60 (flecha). Durante la ingesta de la bebida hasta el minuto 120 (flecha) y durante el resto del tiempo hasta la finalización, por agotamiento, de la segunda prueba.

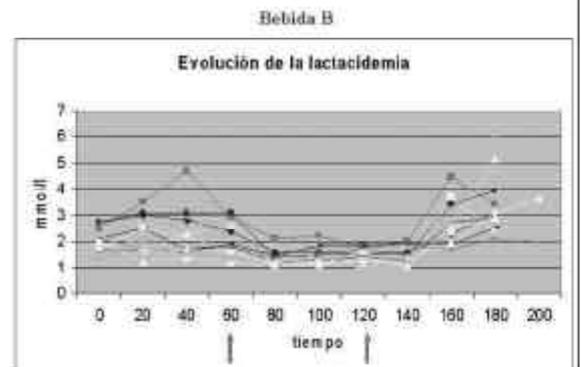


FIGURA 6.- Evolución del lactato en sangre a lo largo de la primera prueba con la bebida B (placebo) hasta el minuto 60 (flecha). Durante la ingesta de la bebida hasta el minuto 120 (flecha) y durante el resto del tiempo hasta la finalización, por agotamiento, de la segunda prueba.

DISCUSIÓN

Los estudios realizados hasta el momento no han relacionado disminuciones del sodio en sangre (hiponatremia) con grados leves de deshidratación⁵² en deportistas, aunque sí con moderados⁵³. Nosotros no encontramos modificaciones significativas de la natremia durante la realización de la primera batería de test (durante los cuales aun no se da nada de beber). Sin embargo, a partir de dar una u otra bebida, la natremia aumenta de forma significativa en los ciclistas que toman la bebida experimental, aunque dentro del rango de normalidad (fig. 1).

Tal aumento de sodio cuando se toma la bebida estudiada, pensamos que asegurará una adecuada reposición de sodio ante las pérdidas por sudoración.

Las bebidas para deportistas actualmente en el mercado, no cumplen la concentración de sodio más consensuada hasta el momento (*Scientific Committee on Food (European Commission)*)¹², que está entre los 20 y 50 mmol/l. El hecho de conseguir una bebida que cumpliera dicho criterio ha significado una modificación en los parámetros sanguíneos observados en los datos referentes a pruebas con bebidas comerciales.

Por otro lado, en eventos deportivos de larga duración como triatlón, ultramaraton, etc, la hiponatremia clínica que aparece en un significativo número de casos (27% en el triatlón de Nueva Zelanda de 1999) podría controlarse con la bebida estudiada⁵³.

En cuanto a la caliemia, no hay variación estadísticamente significativa, lo que es un objetivo fisiológico favorable, ya que está muy documentado que la hipercaliemia inducida por el esfuerzo y la deshidratación añadida a un aporte de potasio en las bebidas suministradas, puede ser peligrosa pues induce arritmias. La cifra de potasio que contiene nuestra bebida se debe a los valores normales de la fruta, y no a ningún añadido exógeno.

Por otro lado, la modificación de la glucemia es muy importante, ya que aumenta de forma estadísticamente muy significativa ($p < 0,0003$) en los que toman la bebida experimental (fig. 3). Esta variación se produce también en el tiempo ($p < 0,00005$), como consecuencia de la ingesta gradual y progresiva de la bebida.

La hiperglucemia demostrada tras la ingesta de la bebida experimental (fig. 3), en torno a los 128 mg/dl a los 15 minutos de tomar la bebida experimental y tan solo de 95 mg/dl en los que tomaron la bebida control (fig. 4), significa un apoyo inmediato a la glucogénesis, de capital importancia en la adaptación al esfuerzo en los deportistas de fondo. En este punto parece haber un consenso bastante claro referente a los beneficios de la ingesta de una bebida que produzca una elevada glucemia (y consecuente insulinemia) inmediatamente después del ejercicio^{12,24,54,55,56,57}.

En este sentido aunque, inicialmente, pensamos en el índice glucémico de la bebida como referente para establecer el grado y la rapidez en la elevación de la glucemia, la hiperglucemia tras la ingesta de la bebida fue superior a la simple ingesta de glucosa como referencia, por lo que no hemos evaluado este parámetro, ya que en nuestra investigación, dicho índice era superior al de referencia, es decir, nuestra bebida producía hiperglucemias mayores y con mayor rapidez que la ingesta de glucosa.

De este hecho, lo que sí podemos deducir es que el índice glucémico no es un indicador fino a la hora de evaluar bebidas pre y post-competitivas, aunque siga siendo perfectamente útil a la hora de valorar alimentos pre-competitivos. Pensamos que habría que establecer un patrón de comparación que sería una bebida similar a la nuestra, aunque con menor carga calórica, para utilizar como índice de referencia.

La lactacidemia, por otro lado, no varía en su media general, pero sí varía la recuperación de las cifras de lactato en sangre que son menores en los deportistas que toman la bebida experimental ($p < 0,0003$). El lactato en sangre, no se modifica de manera estadísticamente significativa durante el primer test, ni durante el período de recuperación, pero sí durante el segundo test (fig. 5 y 6).

Este hecho podría deberse a las modificaciones respiratorias del estado ácido-base. Se ha establecido que los cambios en la concentración de hidrogeniones en el espacio extracelular debidos a variaciones en la PCO_2 son más efectivos que los debidos a efectos no respiratorios, lo cual podría deberse a la mayor permeabilidad de la membrana celular al CO_2 que a otros ácidos no respiratorios. Estos cambios respira-

torios de la concentración de hidrogeniones deberían causar un mayor cambio en la $[H^+]$ intracelular, pero menor en la diferencia de concentración transmembrana, lo cual traduce un mayor efecto en la producción de lactato y su utilización, por tanto, y un menor efecto en el transporte de lactato a través de la membrana. El mejor estado ácido-base de los ciclistas que tomaron la bebida experimental ha podido mejorar el transporte y utilización del lactato disminuyendo sus cifras con respecto al test control.

En cuanto al grado de hidratación si observamos las cifras de iones y resto de valores sanguíneos, parece satisfecho el requerimiento mínimo con la dosis de 1 litro suministrada a los ciclistas, aunque debe aumentarse a 2 litros en condiciones de fuerte calor ambiental. Cabe destacar que la baja osmolaridad de la solución y, sobre todo, su moderada carga calórica permiten que la bebida sirva también para tomar durante los esfuerzos de dos a cuatro horas.

De gran importancia es también el hecho del mayor tiempo de aguante de la carga del segundo rectangular, que es significativamente mayor en los deportistas que toman la bebida experimental. A esto se une un índice de percepción de esfuerzo comparativamente muy inferior en los ciclistas que tomaron la bebida investigada.

Finalmente, la aceptación del sabor de la bebida ha sido muy favorable (un 93,75% la prefirieron al agua saborizada), lo que es un valor añadido muy importante a considerar, ya que hay múltiples estudios que aconsejan una bebida lo más aceptada posible por el deportista desde el punto de vista de la palatabilidad^{58,59}.

CONCLUSIONES

Hemos desarrollado una bebida con el nivel de CH adecuado para restituir la pérdida de glucógeno tras esfuerzos de media y larga duración. El nivel de sodio cumple los requisitos establecidos en la literatura médica especializada actual, sin alterar el sabor que ha sido considerado muy bueno por los deportistas en un 100%. La osmolaridad se ha mantenido baja (308 mOsmol/l) debido a que el carbohidrato mayoritariamente empleado ha sido la maltodextrina.

Hemos realizado un diseño experimental para comprobar la adaptación de un grupo de ciclistas a la ingesta de la bebida tras un esfuerzo de una hora al 75% del $VO_{2m\acute{a}x}$. Los resultados nos indican que la bebida restaura los electrolitos perdidos por la sudoración, aumenta la glucemia de forma muy significativa y mejora la percepción del esfuerzo en un segundo test permitiendo al deportista mantener la carga (75% del $VO_{2m\acute{a}x}$) durante más tiempo.

Nota: Este artículo se basa en el trabajo del mismo título que ha merecido el Premio Nacional de Medicina Deportiva convocatoria 2000 de la Escuela de Medicina Deportiva de la Universidad de Oviedo. La bebida diseñada ha sido comercializada con el nombre de Hero High Sport Endurance. La investigación se ha realizado gracias a la subvención de Hero España S.A. Se ha realizado en la Universidad Católica de Murcia y el Centro de Investigación Deportiva de la Comunidad Autónoma de Murcia.

Los autores agradecen al equipo ciclista J. Ramos y a su entrenador Jesús Noguera su esfuerzo y su dedicación, gracias al cual se ha podido efectuar esta investigación.

B I B L I O G R A F I A

- BROOKS GA, MERCIER M.** The balance of carbohydrate and lipid utilization during exercise: the "cross-over" concept. *J Appl Physiol.* 1994;76: 2253-2261.
- HAWLEY JA, HOPKINS WG.** Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power system. *Sports Med.* 1995; 19 (4): 240-250.
- EXTON, JL, PARK CR.** Control of gluconeogenesis in liver. General features of gluconeogenesis in the perfused livers of rats. *J Biol Chy.* 1967; 242: 2622-2636.
- PIEHL K:** Time course for refilling of glycogen stores in human muscle fibers following exercise-induced glycogen depletion. *Acta Physiol Scand.* 1974; 90: 297-302.
- COYLE EF:** Timing and method of increased carbohydrate intake to cope with heavy training, competition and recovery. *J Sports Sci* 1991; 9: 29-52.
- HAWLEY JA, HOPKINS WG.** Aerobic glycolytic and aerobic lipolytic power system. *Sports Med.* 1995; 19 (4): 240-250.
- IVY JL, KATZ AL, CUTLER CL et al:** Muscle glycogen synthesis after exercise: effect of time of carbohydrate ingestion. *J Appl Physiol* 1998; 65: 480-485.
- IVY JL and KUO C-H.** Regulation of GLUT4 protein and glycogen synthase during muscle glycogen synthesis after exercise. *Acta Phys Scand* 1998; 162: 293-304.

- 9 **COGGAN AR, COYLE EF:** Metabolism and performance following carbohydrate ingestion late in exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21: 59-65.
- 10 **BRISWATER J, HAUSWIRTH C, VERCRUYSSSEN F, et al.** Carbohydrate ingestion does not influence the change in energy cost during a 2-h run in well-trained triathletes. *Eur J Appl Physiol*. 2000; 81: 108-113.
- 11 **MURRAY R, PAUL GL, SIEFERT JG et al:** The effects of glucose, fructose, and sucrose ingestion during exercise. *Med Sci Sports Exerc* 1989; 21: 275-282.
- 12 Report of the Scientific Committee on Food on composition and specification of food intended to meet the expenditure of intense muscular effort, especially for sportmen. Scientific Committee on Food (European Commission). Jul-2000. Brussels.
- 13 **COSTILL DL, SHERMAN WM, FINK WJ et al:** The role of dietary carbohydrates in muscle glycogen resynthesis after strenuous running. *Am J Clin Nutr* 1981; 34: 831-836.
- 14 **KEIZER H, KUIPERS AH, VAN KRANENBURG et al:** Influence of liquid and solid meals on muscle glycogen resynthesis, plasma fuel hormone response, and maximal physical working capacity. *Int J Sports Med*. 1986; 8: 99-104.
- 15 **WOLEVER, T.M.S., JENKINS, D.J.A., JENKINS, A.L., JOSSE, R.G.** The glycemic index: methodology and clinical implications. *Am J Clin Nut*. 1991; 54: 846-854.
- 16 **BURKE, L.M., COLLIER, G.R., HARGREAVES, M.** Muscle glycogen storage after prolonged exercise: effect of the glycemic index of carbohydrate feedings. *J Appl Physiol* 1993; 75: 1019-1023.
- 17 **WOLEVER, T.M.S., JENKINS, D.J.A.** The use of the glycemic index in predicting the blood glucose response to mixed meals. *Am J Clin Nut* 1986; 43: 167-172.
- 18 **AMERICAN HEART ASSOCIATION.** Position statement. Dietary guidelines for healthy American adults. A statement for physicians and health professionals by the Nutrition Committee, American Heart Association. *Circulation* 1986; 74: 1465-1468.
- 19 **GATTI E, TESTOLIN G, NOE D et al:** Plasma glucose and insulin responses to carbohydrate food (rice) with different thermal processing. *Ann Nutr Metabol* 1987; 31: 296-303.
- 20 **MOUROT J, THOUVENOT P, COUET C et al:** Relationship between the rate of gastric emptying and glucose and insulin responses to starchy foods in young healthy adults. *Am J Clin Nutr* 1988; 48: 1035-1040.
- 21 **JENKINS DJA, WOLOVER TMS, JENKINS AL ET AL:** The glycaemic response to carbohydrate foods. *Lancet* 1984; 2: 388-391.
- 22 **SAUNDERS DR, SILLERY JK.** Absorption of carbohydrate-electrolyte solutions in rat duodenojejunum. Implications for the composition of oral electrolyte solutions in man. *Dig Dis Sci*. 30: 154-160. 1985.
- 23 **JONES BJ, HIGGINS BE, SILK DB.** Glucose absorption from malotriose and glucose oligomers in the human jejunum. *Clin Sci*. 1987; 72: 409-414.
- 24 **BURKE LM, COLLIER GR, HARGREAVES M:** Glycemic index, a new tool in sport nutrition?. *Int J Sport Nutr*. 1998; 4: 401-405.
- 25 **BURKE LM, CLAASSEN A, HAWLEY JA, NOAKES TD.** Carbohydrate intake during prolonged cycling minimizes effect of glycemic index of preexercise meal. *J Appl Physiol*. 1998; 85(6): 2220-2226.
- 26 **GISOLFI CV, SUMMERS RW, SCHELD HP, BLEILER TL, OPPLIGUER RA.** Human intestinal water absorption: Direct vs indirect measurements. *Am J Physiol*. 1990; 258: G216-G222.
- 27 **FERREIRA RMC, WALKER-SMITH JA.** Controversies in oral rehydration therapy: A way forward. *Gast J Club*. 1989; 1: 2-14.
- 28 **GISOLFI CV.** Ejercicio, absorción intestinal y rehidratación. *Arch Med Dep*. 1994; 42: 195-200.
- 29 **DE CASTRO JM.** The relationship of spontaneous macronutrient and sodium intake with fluid ingestion and thirst in humans. *Physiol Behav*. 1991; 49: 513-519.
- 30 **SHIRREFFS SM, and RJ MAUGHAN.** Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30:1598-1602.
- 31 **BERGERON MF, et al.** Fluid-electrolyte balance associated with tennis match play in a hot environment. *Int J Sport Nutr*. 1995; 5: 180-193.
- 32 **BURKE LM.** Nutrition for post-exercise recovery. *Aust J Sci Med Sport*. 1997; 29 (1): 300-308.
- 33 **BERGEN JL, BEARDEN S, ANDERSON E, HAYMES EM.** Carbohydrate supplementation improves performance during high-intensity intermittent exercise in heat. *Med Sci Sports Exerc*. 1998; 30 (Suppl): S4.
- 34 **ROLSTON DDK, MORIARTY KJ, FARTHING MJG, KELLY MJ et al.** Acetate and citrate stimulate water and sodium absorption in the human jejunum. *Digestion*. 1986; 34: 101-104.
- 35 **BIOLO G, TIPTON KD, KLEIN S, WOLFE RR:** An abundant supply of amino acids enhances the metabolic effect of exercise on muscle protein. *Am J Physiol*. 1997; 273 (1): 122-129.
- 36 **WRIGHT D, SHERMAN W and DERUBACH AR.** Carbohydrate feedings before, during, or in combination improve cycling endurance performance. *J Appl Physiol*. 1991; 71: 1082-1088.
- 37 **YASPELKIS BB 3RD, IVY JL:** The effect of a carbohydrate—arginine supplement on postexercise carbohydrate metabolism. *Int J Sport Nutr*. 1999; 9(3): 241-250.

- 38 BOWTELL JL, GELLY K, JACKMAN ML, PATEL A, SIMEONI M, RENNIE MJ. Effect of oral glutamine on whole body carbohydrate storage during recovery from exhaustive exercise. *J Appl Physiol*. 1999; 86 (6): 1770-1777.
- 39 DAVIS JM, WELSH RS, DE VOLVE KL, ALDERSON NA. Effects of branched-chain amino acids and carbohydrate on fatigue during intermittent, high-intensity running. *Int J Sports Med*. 1999; 20(5): 309-314.
- 40 BURKE LM. Nutrition for post-exercise recovery. *Aust J Sci Med Sport*. 1997; 20 (1): 35-45.
- 41 ESPOSITO G, FAELLI A, CAPRARO V. Influence of the transport of amino acids on glucose and sodium transport across the small intestine of the albino rat incubated in vitro. *Experienti*. 1964; 20: 122-124.
- 42 CRAPLET C. Physiologie et activité sportive. Paris. Ed Vigot. 1986
- 43 COYLE EF., M.HAMILTON. Fluid replacement during exercise: effects on physiological homeostasis and performance. In CV. Gisolfi and RD. Lamb (Eds). *Int Perspect Exerc Physiol*. 1990; (3): 281-303.
- 44 COSTILL DL, SHERMAN WM, FINK WJ et al: The role of dietary carbohydrates in muscle glycogen resynthesis after strenuous running. *Am J Clin Nutr*. 1981; 34: 1831-1836.
- 45 COSTILL DL, SALTIN B: Factors limiting gastric emptying during rest and exercise. *J Appl Physiol* 1974; 37: 679-683.
- 46 FOX EL: *Fisiología del deporte*. Médica Panamericana. Buenos Aires. 1987
- 47 Radiometer transcutaneous blood gas systems: User's handbook, Copenhagen, Denmark: Radiometer, 1981.
- 48 ALLSOP P, CHEETHAM M, BROOKS S, HALL GM, WILLIAMS C: Continuous intramuscular pH measurement during the recovery from brief, maximal exercise in man. *Eur J. Appl Physiol*. 1990; 59: 465-470.
- 49 VILLEGAS JA, MARTÍNEZ, MT, CANTERAS M. Establishing the anaerobic threshold using respiratory gases, and assessing lactate and pH. *Blood Gas News*. 1994; 3: 22-24.
- 50 J. PÉREZ-LANDALUCE, B. FERNÁNDEZ, M. RODRÍGUEZ, F. GARCÍA, P. GARCÍA, A. MENÉNDEZ, N. TERRADOS. Diferencias fisiológicas y de percepción subjetiva de fatiga (RPE) en ciclistas profesionales, aficionados y juveniles. *Arch Med Dep*. 2000; 80: 395-400.
- 51 SERRATOSA L, CHICHARRO JL, LEGIDO JC y col. Percepción subjetiva de esfuerzo (RPE); Reproducibilidad y relación con el umbral láctico. Actas Congreso CCO'92, Málaga. España. 1992
- 52 DONOGHUE AM, SINCLAIR MJ, BATES GP. Heat exhaustion in a deep underground metalliferous mine. *Occup Environ Med*. 2000; 57 (3). 165-174.
- 53 SPEEDY DB, ROGERS IR, NOAKES TD, THOMPSON JM, et al. Diagnosis and prevention of hyponatremia at an ultradistance triathlon. *Clin J Sport Med*. 2000; 10 (1). 52-58.
- 54 BLOOMER RJ, SFORZO GA, KELLER BA, WIGGLESWORTH JK. Effects of Post-Exercise Meal Consumption on Circulating Hormones Following High Intensity Resistance Exercise *J Strength Cond Res* 1998; 264: 272.
- 55 KENTTA G, HASSMEN P. Overtraining and recovery. A conceptual model. *Sports Med*. 1998; 26(1): 1-16.
- 56 KINGSBURY KJ, KAY L, HJELM L. Contrasting plasma free amino acid patterns in elite athletes: association with fatigue and infection. *Br J Sport Med*. 1998; 32(1): 25-32.
- 57 LEIPER JB, MAUGHAN RJ. Absorption of water and electrolytes from hypotonic, isotonic and hypertonic solutions. *J Physiol*. 1986; 373: 90-98.
- 58 CLAPP AJ, BISHOP PA, WALKER JL. Fluid replacement preferences in heat-exposed workers. *Am Ind Hyg Assoc J*. 1999; 60 (6). 747-751.
- 59 S. FERNÁNDEZ, P.M. GARCÍA-ROVÉS, A. MENÉNDEZ PATTERSON. Carbohidratos y rendimiento en los deportes de resistencia. *Arch Med Dep*. 1996; 52: 200-205.