

Estado de hidratación y capacidad de trabajo físico

Rafael
Caldas
Zarate* 17

*¿Cuáles son los principios fisiológicos que determinan el equilibrio hídrico del organismo?
¿Mediante qué procesos se restablece, una vez perdido, tal equilibrio? ¿Cuáles son las características y la eficacia de las bebidas rehidrotantes, según la duración, intensidad y magnitud del esfuerzo físico en diversas condiciones ambientales?
Para resolver estas preguntas, este texto.*

Cuando una persona realiza actividad física, su organismo genera una gran cantidad de calor como producto de los procesos metabólicos encaminados a proveer de energía a sus músculos en actividad. Un alto porcentaje de esta energía está representada en la forma de energía disipativa o calor^(8,19), cuya producción creciente se torna en un peligro para la integridad del propio organismo, lo cual hace necesario disiparla. El mecanismo disipativo del calor más importante durante la actividad física es la sudoración⁽²²⁾. Esta involucra necesariamente la pérdida de agua corporal, en especial del líquido extracelular, y en consecuencia provoca una

disminución del líquido intracelular, que se desplaza hacia el espacio extracelular para compensar el déficit generado. La excesiva sudoración constituye una grave amenaza al estado normal del organismo a menos que se reponga el fluido perdido y se controlen las causas que provocan la excesiva generación de calor, tanto internas como medioambientales⁽²⁷⁾. La magnitud de las pérdidas de fluidos tiene relación directa con la disminución de la capacidad física de trabajo⁽⁴⁷⁾, que altera la realización de la actividad física y lleva al organismo a estados anormales que se tornan peligrosos y aun mortales⁽⁴⁹⁾.

En nuestro medio se ha hecho muy popular el consumo de una serie de bebidas que intentan reponer los líquidos perdidos durante la actividad física. Sin embargo, hay una gran desconocimiento de los principios fisiológicos que determinan el equilibrio hídrico y de los procesos que en el organismo ocurren para intentar restablecerlo. Tampoco hay un adecuado conocimiento sobre las características de estas preparaciones y sobre la eficacia de su empleo de acuerdo a la duración, intensidad y magnitud del esfuerzo físico realizado bajo diferentes condiciones ambientales.

* Biólogo. MSC Ciencias Básicas Biomédicas. Profesor Investigador Facultad de Química Farmacéutica, Universidad de Antioquia.

Capacidad de trabajo y resistencia física

El estado físico general de un individuo está determinado por la máxima capacidad de trabajo (Physical Work Capacity o PWC) ⁽⁴⁷⁾, cuya valoración se hace generalmente mediante la realización de ejercicio controlado utilizando aparatos denominados ergómetros. Entre ellos son muy populares el cicloergómetro y la banda rodante. La literatura especializada es abundante y de fácil acceso para orientar su empleo y la interpretación de los resultados allí obtenidos. El trabajo mecánico máximo que el individuo alcanza al llegar a su máximo esfuerzo permite cuantificar la PWC máxima (PWCmax) ya sea en vatios kg^{-1} para el caso del cicloergómetro, o la velocidad máxima en m/s^{-1} para la banda rodante. También es posible determinar el equivalente energético de la PWCmax cuando se dispone de equipo que permita medir, de manera directa, el consumo de oxígeno (VO_2) y establecer el correspondiente $\text{VO}_{2\text{max}}$. Este ha sido el criterio internacional más utilizado, desde el punto de vista metabólico, para calificar la PWCmax. La resistencia física equivale al termino *endurance*, utilizado por la literatura inglesa y desde este contexto puede ser definido como el tiempo máximo que un individuo puede realizar actividad física a un nivel de carga submaximal, es decir, a un porcentaje predefinido de la PWCmax. Por ejemplo, se considera que un atleta corre la media maratón (21 km) a una intensidad equivalente al 90% de su $\text{VO}_{2\text{max}}$ y la maratón (42 km) al 80-85% del VO_2 ^(9,20)

El agua corporal

Se ha considerado que el agua constituye en promedio el 60% del peso corporal total (PCT) de un hombre adulto joven. En una mujer adulta joven esta cifra desciende a un promedio del 50%. En el primer caso, un 40% del PCT está constituido por el agua contenida en las células, conocida como líquido intracelular (LIC). El 20% restante del agua corporal se encuentra fuera de ella formando el compartimento del líquido extracelular (LEC). Este último se distribuye a su vez en un 15% del PCT como líquido intersticial y el 5% restante constituye el líquido plasmático^(26,37,38), cuya cantidad está representada como el volumen plasmático (VP)^(8,26,49)

La cantidad de agua corporal, tanto de LEC como de LIC, se reduce a medida que pasan los años, de manera que una anciano o anciana tienen menos agua en su organismo que cuando eran adolescentes^(26,31) No se conocen las causas de este fenómeno, que es común a todos los mamíferos⁽⁵⁰⁾

El equilibrio hídrico

A diferencia de lo que hacen con los lípidos y los carbohidratos, los seres humanos no almacenan agua de una manera permanente. Diariamente, el contenido de agua corporal se mantiene en un equilibrio dinámico. Por un lado, el organismo pierde agua, de forma continua, a través de las heces fecales, la orina,

la respiración, la sudoración y la perspiración. Las pérdidas son compensadas, de una manera intermitente, por medio del ingreso hídrico representado por el agua que se bebe o que está incorporada a los alimentos y por el agua producida en los procesos metabólicos de oxidación.⁽²⁶³⁷⁾ El organismo, al advertir un déficit hídrico, pone en funcionamiento un complicado sistema que promueve la sensación de sed, mientras que en un exceso de agua, la maquinaria renal y hormonal relacionada actúa para eliminar la cantidad sobrante.

La osmolaridad

Los líquidos mencionados son realmente soluciones biológicas. Tanto el LEC como el LIC contienen elementos y compuestos, en su

gran mayoría en disolución, y en forma de electrolitos. La cuantificación de la cantidad total de estos componentes, en cada uno de los compartimentos líquidos, se ha basado en la propiedad de estas sustancias de generar flujos de agua a través de las membranas celulares y de establecer fuerzas de tipo osmótico, lo cual ha permitido desarrollar el concepto de osmolaridad. Este se define como la cantidad de sustancias osmóticamente activas presentes en una solución⁽²⁶⁾ La osmolaridad de una solución puede ser determinada de varias maneras. Una de ellas es utilizando un instrumento conocido como osmómetro el cual se fundamenta en una propiedad física de las soluciones líquidas, cuyo punto de fusión varía de acuerdo con su concentración de solutos. Al



medir la osmolaridad tanto del LEC como del LIC se presentan valores semejantes (cerca de 290 mOsmL^{-1}).^(6,26,5)

A pesar de que ambos compartimentos hídricos presentan valores semejantes en su osmolaridad, las concentraciones individuales de sus electrolitos son diferentes. El sodio (Na^+) es el catión más abundante en el LEC (aproximadamente 140 mEq L^{-1}) mientras que en el LIC es mucho más escaso (aproximadamente 10 mEq L^{-1}). De otro lado, el potasio (K^+) es más abundante en el LIC (aproximadamente 160 mEq L^{-1}) y menos frecuente en el LEC (4 mEq L^{-1}) Este desbalance es fundamental para la actividad de generación eléctrica en las células.^(38,49) De los dos cationes descritos, el Na^+ constituye el principal determinante de la osmolaridad del LEC.^(26,50,54)

El papel del sudor en la termorregulación

El sudor es una solución acuosa proveniente inicialmente del LEC y secretada por glándulas especializadas distribuidas por la superficie cutánea. Estas glándulas se han clasificado en apocrinas y ecrinas. Las primeras producen un sudor acuoso con bastantes moléculas de lípidos y su secreción obedece más a estímulo nervioso y su distribución está limitada a algunas zonas corporales, mientras que las segundas están más profusamente distribuidas en la superficie del cuerpo y su respuesta secretora es estimulada ante todo por los cambios térmicos. Ellas

producen un fluido acuoso, claro y sin olor.⁽²³³⁸⁾

Se ha observado en deportistas que el entrenamiento físico provoca modificaciones tanto morfológicas (glándulas más grandes) como funcionales (mayor sensibilidad colinérgica y mayor tasa de sudoración) de las glándulas sudoríparas e inclusive se presentan diferencias entre sexos. Las mujeres tiene glándulas más activas mientras que los hombres presentan una mayor tasa de sudoración por glándula⁽⁴⁾

La evaporación del sudor en la superficie de la piel permite disipar el calor producido durante el ejercicio, el cual ha sido transferido por conducción desde los tejidos más profundos, al igual que por las corrientes de convección aprovechando el flujo circulatorio, y finalmente irradiado a través de la piel⁽³⁸⁾. El agua posee una alta capacidad de almacenar calor y al evaporarse lo "arrastra" hacia el medio ambiente externo⁽²²⁾. Simultáneamente, la superficie sobre la cual se produjo el fenómeno evaporativo baja su temperatura y esto permite, por conducción y convección, disminuir tanto la temperatura de los tejidos metabólicamente activos como la de sus vecinos, facilitando así el mantenimiento de un equilibrio térmico.⁽²³⁾

Este sistema es más exigido a medida que el calor ambiental es mayor o que disminuyen las posibilidades que favorecen la evaporación del sudor, como por ejemplo cuando una humedad relativa es más alta en la atmósfera circundante, o cuando hay una mayor radiación calórica o un

mayor tiempo de exposición a ésta.^(23,49) O cuando no hay una adecuada reposición de los fluidos perdidos^(4,36,40,42)

La composición electrolítica del sudor difiere tanto de la del LEC como del LIC e, inclusive, depende de la glándula que lo secreta. De manera general, el sudor es una solución hiposmótica (es decir, presenta unos valores de osmolaridad menores a los del LIC y LEC), con un rango que oscila de 80 a 185 mOsm L⁻¹ y unas concentraciones de Na⁺ y K⁺ que oscilan entre 40-60 mEq L⁻¹ y 4-5 mEq L⁻¹, respectivamente⁽⁹⁾.



Sudoración y capacidad de trabajo

Como hemos visto, la sudoración profusa y excesiva durante la realización de actividad

física constituye una pérdida importante de agua del organismo y obviamente altera el normal equilibrio hídrico. El estado de equilibrio hídrico se denomina en la literatura inglesa estado de *euhidratación*; el proceso de pérdida del agua se conoce como *deshidratación*, y el estado final de déficit hídrico alcanzado se denomina *hipohidratación*.^(49,50)

En la Figura 1, se esquematizan las relaciones existentes en el intercambio de líquidos en los compartimentos hídricos desde la ingesta hasta su salida. Como se había mencionado, el sudor proviene del LEC, uno de cuyos componentes importantes lo constituye el VP. Algunos estudios han señalado que la pérdida de LEC y la reducción consecuente del VP influyen directamente sobre la dinámica cardiovascular^(5,6,16,17,28,29,42,44) incrementando, inicialmente, las demandas sobre el gasto cardíaco y el transporte sanguíneo. Otros estudios han destacado como consecuencia secundaria la deshidratación de las células, entre ellas las musculares, que se ven obligadas a ceder sus fluidos (LIC) al LEC para intentar compensar el déficit en el espacio vascular.^(3M1) Estas alteraciones del equilibrio hídrico inciden negativamente, y de una manera directa, sobre la PWC y la resistencia muscular.^(6,8,13,14,46,48) sin embargo, en individuos aclimatados al trabajo bajo condiciones de calor, en individuos con un nivel de actividad física regular y en corredores de largas distancias^(3,6,8,35,39,48,51) se observan una serie adaptaciones que promueven, al menos, que alteraciones de

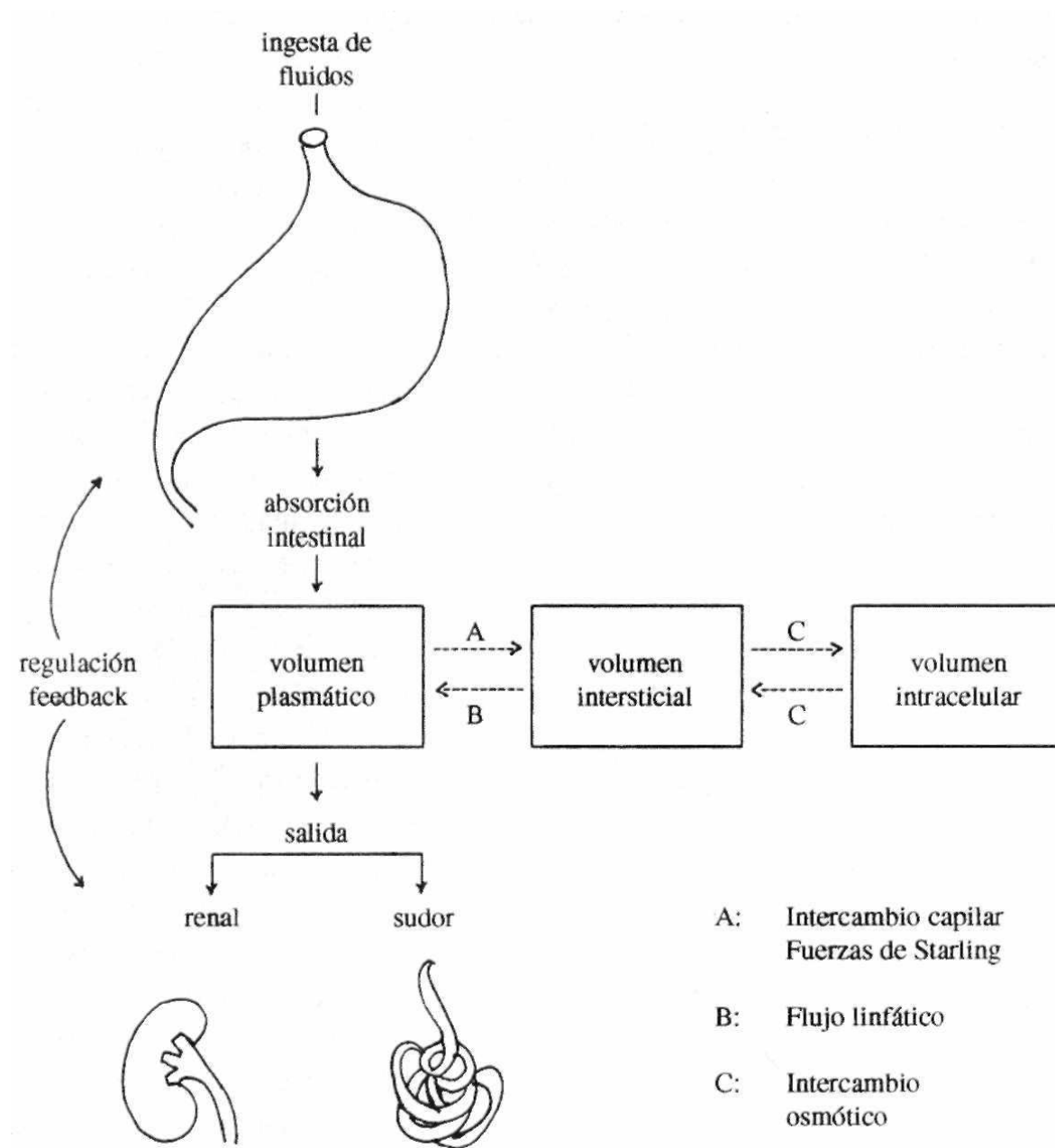


Figura 1 Esquema de los mecanismos que participan en el intercambio de agua entre los compartimientos hídricos en el organismo (adaptado de la referencia 44).

la PWC no se manifiesten tan pronto como en individuos no aclimatados, y puedan ellos mantener su actividad mayor tiempo bajo condiciones de estrés calórico. Pero tanto los individuos aclimatados como los que no lo son requieren una pronta y adecuada reposición hídrica.

Se ha descrito una serie de síntomas provocados por el estado de hipohidratación en relación con la magnitud de pérdida del peso corporal total (PCT).⁽⁵⁰⁾ Una de las primeras formas de clasificar el grado de deshidratación de acuerdo con la pérdida del PCT se realizó en 1947 luego de observar el comportamiento de soldados en sus prácticas de combate en el desierto⁽⁵⁰⁾ En éstos, una pérdida del 1-2% en el PCT provocaba la sensación de sed. Una pérdida de 2-4% se manifestaba en anorexia, impaciencia y dolor de cabeza. Con el 4-6% de déficit se observó disnea, vértigo, cianosis y espasticidad. Pérdidas superiores requerían atención clínica inmediata. Los déficits hídricos del 15-25% son mortales. De una forma empírica, ya que no se ha investigado de una manera profunda, esta es la clasificación más utilizada en el deporte.

A nivel clínico ⁽²⁶⁾, los estados de hipohidratación se clasifican de una forma algo diferente. Una pérdida de 1-5% del PCT se denomina deshidratación leve o de grado I. El grado II o deshidratación moderada corresponde a una pérdida del 5-10%, mientras que una pérdida del 10-15% es clasificada como severa o de

grado III. En todos los casos es necesaria la atención médica pronta y eficaz.

La reposición hídrica

Numerosos estudios se han llevado a cabo para establecer la forma de realizar una adecuada reposición hídrica durante el ejercicio

(2,6,7,8,9,10,18,20,21,24,28,33,36,48,52,53) luego del ejercicio^(1,6,12,21,27,32,43), y aun, antes de él^(7,8,9,45).

Los resultados son diversos y en algunos casos controvertidos. Sin embargo, los estudios tendientes a evaluar la incidencia del estado de hidratación sobre la PWC y el rendimiento coinciden en establecer que factores como la cantidad de agua ingerida durante el ejercicio o antes de éste, la composición de la bebida, la magnitud de la pérdida hídrica, el compartimento que soporta esta pérdida, el tipo de ejercicio, su intensidad y su duración junto con las características térmicas del medio ambiente, los afectan directamente.

La cantidad de agua ingerida durante el ejercicio permite hacer una reposición hídrica que minimice los efectos adversos sobre la capacidad de trabajo. Sin embargo, el volumen de agua perdido es muy superior al volumen de líquido que el organismo es capaz de aceptar para la reposición. Ello hace que el hombre sea considerado un animal con inadecuada rehidratación, que presenta un estado de "deshidratación voluntaria"⁽⁵⁰⁾ El retorno al estado de euhidratación se alcanza sólo algunas

horas o días después del esfuerzo físico.^(12 43) Algunos estudios señalan que el máximo tolerable por el organismo equivale aproximadamente al 60% de la pérdida.^(6,48) Este volumen debe suministrarse de una manera pausada en dosis de 100 a 150 ml cada 15-20min y deben ser ingeridas a voluntad por el individuo.^(6,40) Algunos deportistas, al ingerir líquidos durante el ejercicio, experimentan insatisfacción, dolor estomacal y náuseas. Otros toleran fácilmente la reposición bajo estas condiciones.

En un reciente trabajo de investigación⁽⁶⁾, llevado a cabo por el Grupo de investigación en fisiología del ejercicio de la Universidad de Antioquia, y donde se sometieron nueve corredores de fondo, seis de ellos adscritos al Club de triatlón de la misma universidad, a una carrera continua sobre banda rodante motorizada, de 90min de duración y con una intensidad del 80% de PWCmax individual, realizada inicialmente sin ingesta de líquidos (DH), y posteriormente con reposición hídrica (RH), se observó una disminución promedio del peso corporal de $2,85 \pm 0,5$ kg ($4,43 \pm 0,6\%$) en la carrera DH y de $1,68 \pm 0,6$ kg ($2,45 \pm 0,7\%$) en la carrera RH. En esta última, los deportistas ingirieron un rango de 865 a 2100 mL de agua que reponía aproximadamente el 51% de la pérdida registrada en DH. Como se pudo observar, la rehidratación favoreció la PWC con menor esfuerzo a nivel del aparato cardiovascular representado en una frecuencia



cardiaca (FC) más baja (véase Figura 2), al menos hasta los primeros 60min de carrera. Luego de este periodo, para las variables mencionadas entre los dos procedimientos, se presentaron diferencias significativas. Sin embargo, el volumen de agua ingerido obviamente no alcanzaba a reemplazar totalmente las pérdidas durante la primera carrera por las razones anteriormente expuestas.

La composición de la bebida es tal vez el punto de mayor controversia en la investigación actual. Sin embargo, hay que considerar que todo líquido que llega al estómago debe pasar al duodeno a través de la válvula pilórica. Este proceso, conocido como vaciamiento gástrico, está regulado por diversos mecanismos mediados por una serie de péptidos gastro-intestinales, cuya acción depende de las

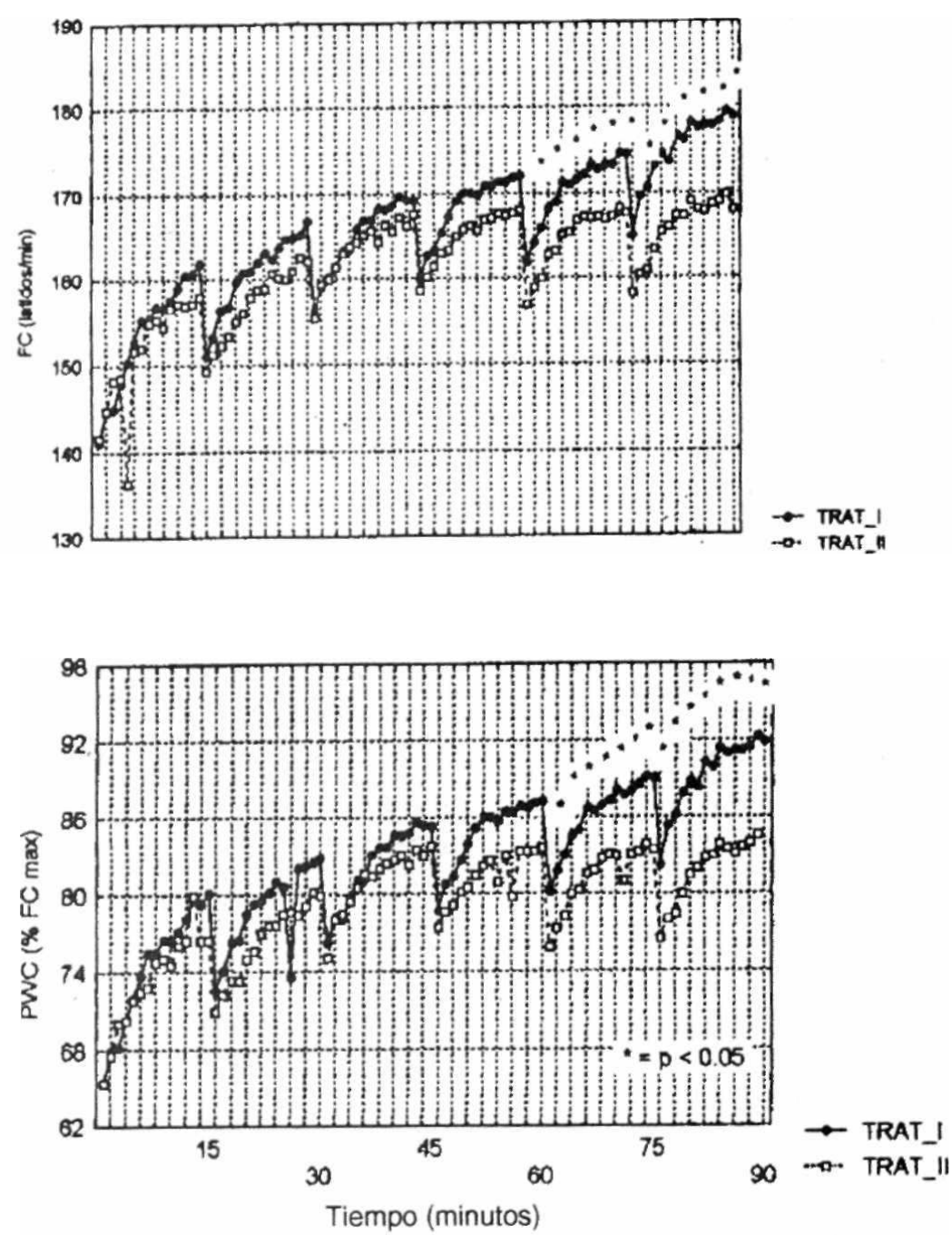


Figura 2 Variaciones de los valores promedio de la frecuencia cardiaca y del porcentaje de la PWC en nueve corredores de larga distancia sometidos a carrera de 90 min de duración, con una intensidad del 80% de la PWC max bajo condiciones de deshidratadón, DH(TRAT-I) y rehidratación con agua, RH(TRAT-II) (referencia 6).

características de los fluidos que ingresan al estómago. El vaciamiento gástrico se reduce cuando los fluidos presentan alta acidez, un alto contenido de lípidos y proteínas, un alto contenido de carbohidratos, una elevada osmolaridad^(7,17,39,42) o cuando la intensidad del ejercicio supera el 70% del $\dot{V}O_2\text{max}$.^(46,48) Se ha recomendado que la concentración de azúcares y de electrolitos no supere una concentración mayor de 25g por litro de solución, e idealmente debe ser hipotónica (osmolaridad no superior a 200 mOsmL⁻¹)^(8,21,35) Sin embargo, el grado de vaciamiento gástrico y la respuesta gástrica es diversa y varía mucho entre individuos.⁽¹⁹⁾

En procura de aportar una mayor carga calórica para reponer los sustratos energéticos utilizados durante los esfuerzos de larga duración, se han venido empleando diversos tipos de carbohidratos en forma de polímeros de pequeña cadena al organismo, los cuales a su vez no elevan la osmolaridad de las soluciones hidratantes.^(27,31,38,42,52) Sin embargo su utilización e influencia sobre el rendimiento deportivo es aún motivo de investigación.

Se ha planteado el interrogante acerca de la temperatura óptima para la ingesta hídrica. Los estudios han arrojado resultados controversiales y poco claros. Las molestias gástricas observadas tras haber ingerido un líquido frío parecen ser debidas más bien al volumen de éste que a su temperatura.⁽⁸⁾ La bebida fría

favorece por un lado la termorregulación al convertirse en un medio de intercambio calórico por conducción o convección, al fluir a lo largo del tracto esofágico y gástrico caliente⁽²³⁾ pero de otro lado, puede provocar espasmos diafragmáticos y otra serie de molestias; pero, como se dijo anteriormente, también la cantidad del líquido ingerido podría causarlos^(41,44)

El proceso de absorción intestinal es también fundamental en la rehidratación⁽¹⁹⁾. La absorción de la glucosa, de los aminoácidos y del agua en el intestino tiene lugar gracias a los mecanismos de cotransporte facilitados por el Na^+ ^(10,24,25,26,50) Este electrolito es fundamental no sólo para la estabilidad eléctrica de las membranas celulares sino también para una adecuada reposición hídrica y para el mantenimiento del volumen del compartimento extracelular⁽¹⁹⁾, lo cual hace que sea parte constituyente de los fluidos utilizados en la rehidratación deportiva.

^(7,24,27,32,33,35,36,49,50,53)

A continuación se transcriben algunos apartes de una interesante revisión de C. Gisofi y S. Duchman⁽¹⁹⁾, donde se hacen observaciones sobre las características de la reposición hídrica de acuerdo con la duración y la intensidad del ejercicio, realizados bajo condiciones ambientales adecuadas.

1. En actividades físicas realizadas con duración menor a una hora y con intensidades del 80 al 130% del $\dot{V}O_2\text{max}$, el objetivo primario es

suministrar agua para atenuar los altos incrementos de la temperatura corporal en los ejercicios de alta intensidad. Se propone suministrar de 30 a 50g de carbohidratos antes de la actividad (muchas veces la dieta es suficiente) con un aporte hídrico de 300 a 500 ml, y solamente proporcionar agua durante la realización del ejercicio en un volumen de 500 a 1000 ml para reponer parcialmente el fluido perdido en la sudoración y atenuar el aumento en la temperatura corporal.



2. En actividades físicas con duración de 1 a 3 horas, realizadas a intensidades del 60 al 90% del VC_{2max} , como es el caso de las carreras de larga distancia, el fútbol y otros deportes de

conjunto, se suministra tanto agua como carbohidratos. En la fase previa la hidratación se realiza con soluciones (300-500 ml) que contengan 10-20 mEq/l-1 de Na^+ y 6-8% de carbohidratos. Durante la actividad se deben suministrar de 500 a 1600ml por hora para suplir las necesidades de electrolitos y agua. Debe considerarse que la rata de sudoración es altamente variable, especialmente en los deportes de conjunto, ya que cambia la intensidad del esfuerzo y existen muchas diferencias individuales en la respuesta al calor. El Na^+ suministrado favorece la absorción intestinal, mejora la palatabilidad de la bebida, ayuda a mantener el volumen del compartimento extracelular y previene la hiponatremia.

3. En las actividades físicas con duración mayor a 3 horas y que se realizan con intensidades entre el 30 y 70 % del VO_{2max} , las necesidades de reponer carbohidratos y electrolitos son mayores. En estas circunstancias, la rata de sudoración es algo más baja que en el caso anterior, debido a que la intensidad de ejecución es menor. Sin embargo, aumentan las posibilidades de hiponatremia, esto es, la disminución de la concentración plasmática de Na^+ , lo cual afecta gravemente la dinámica neuromuscular y el balance hidroelectrolítico en el organismo. Se ha señalado que en algunas ocasiones, cuando la reposición hídrica es elevada y se realiza exclusivamente con agua, se puede presentar la "intoxicación hídrica", en la cual el nivel de Na^+ desciende peligrosamente.^(19,24,27)

De acuerdo con lo anterior, es innecesario utilizar bebidas y preparaciones hidratantes, algunas de ellas costosas para la magra economía de muchos de nuestros deportistas, al menos en las actividades de mediana duración y realizadas bajo condiciones ambientales favorables. Una dieta normal permite restituir algunos de los elementos que se han perdido durante el ejercicio, pero ante todo, la prevención de los problemas derivados de la deshidratación es el factor primordial para una eficaz práctica deportiva. En un estudio reciente realizado con jugadores juveniles de fútbol, se estableció que las conductas de prehidratación llevadas a cabo al menos una semana antes de la competencia favorecían en gran medida el rendimiento físico.⁽⁴⁵⁾ Algo similar ha sido observado en otros estudios.^(29,35,39) Otros investigadores abogan por una vigilancia permanente del estado de hidratación de los deportistas utilizando indicadores como la disminución del peso corporal^{14,50)} y más recientemente, evaluando el color y la densidad de la orina del deportista mediante el empleo de una carta de colores y sencillas pruebas de laboratorio al alcance de un entrenador.⁽¹⁾

Durante la recuperación es necesario proporcionar nutrientes para promover la resíntesis del glucógeno y reponer fluidos y electrolitos perdidos en la sudoración.⁽¹⁹⁾ Muchos jugos naturales cumplen con este cometido pero es necesario tomarlos diluidos para evitar trastornos en el vaciamiento gástrico. Debe evitarse igualmente la ingesta de bebidas gaseosas dado su alto contenido de gas, el cual con los cambios de temperatura, al pasar de un envase frío a un estómago caliente, se dilata y puede provocar severas molestias estomacales.

Conclusión

Como se ha presentado, la hidratación es fundamental para minimizar los efectos adversos de la deshidratación sobre la capacidad de trabajo. De acuerdo con la duración e intensidad del esfuerzo físico y con relación a las condiciones ambientales, la formulación para la rehidratación debe cambiar y obedecer a características determinadas por las respuestas funcionales de cada individuo al estrés ambiental.



Bebida	Osmolaridad mOsm l-1	pH
Fanta	800	2,7
Pepsicola	706	2,5
Sprite	566	2,9
Seven-Up	484	3,2
Ginger Ale	477	2,7
Tang*	366	3,0
Gatorade	336	2,8
Plasma Humano (Normal)	290	7,3
Soda	27	8,5
Te*	8	6,7
Agua desmineralizada	6	5,5
Agua corriente	5	8,3

* preparado según las normas del

Tabla 1 Valores de osmolaridad y pH de algunas bebidas utilizadas en la rehidratación señaladas en la referencia 17. Los ejemplos son tomados de acuerdo con los productos comerciales más utilizados en Colombia, pero los valores se registran a partir de bebidas producidas y evaluadas en Estados Unidos.

Referencias

1. Armstrong L.E., Maresh CM., Castellani J.W., Bergeron M.F., Kenefick R.W., LaGasse K.E., Riebe D.: Urinary Indices of Hydration Status. *Int J Sports Nutr.* 4:265-279, 1994.
2. BailT.C., HeaoleyS.A., Vanda-burgriP.M., Smith J.C.: Periodic Carbohydrate Replacement During 50min of High-Intensity Cycling Improves Subsequent Sprint Performance. *Int J Sports Nutr* 5:151-158, 1995.
3. Baum E., Brück K., Schwennicke H.P.: Adaptative Modifications in the Thermoregulatory System of Long- Distance Runners. *J Appi Physiol.* 40:404-410. 1976.
4. Buono M.J., Sjolholm N.T.: Effect of Physical Training on Peripheral Sweat Production. *J Appi Physiol* 65:811-14, 1988.

5. Bevegard B.S., Shepherd J.T.: Regulation of the Circulation During Exercise in Man. *Phys Rev* 47:178-213, 1967.
6. Caldas Z.R., Jaramillo H.N., Ortiz U.A.: Influencia del estado de hidratación sobre la capacidad de trabajo físico (PWC) en atletas corredores de fondo. *Acta Med Colombiana* (en prensa).
7. Candas J., Libert J.P., Brabdenberger G., Sagot J.C., Amoros C, Kahn J.M.: Hydration During Exercise. *Eur J Appl Physiol* 55:113-122, 1986.
8. Costill D.L., Miller J.M.: Nutrition for Endurance Sport: Carbohydrate and Fluid Balance. *Int J Sports Med* 1:2-14; 1980.
9. Costill D.L.: *Inside running: Basics of Sports Physiology*. Benchmark Press Inc. Indianapolis, 1986.p:73-78.
10. Coyle E.F., Montain S.J.: Carbohydrate and Fluid Ingestion During Exercise: Are There TradeOffs? *Med Sci Sports Exerc* 24:671-678, 1992.
11. Coyle E.F., Hagberg J.M., Hurley B.F., Martin W.H., Ehsani A.A., Holloszy J.O.: Carbohydrate Feeding During Prolonged Strenuous Exercise Can Delay Fatigue. *J Appl Physiol*. 55:230-235, 1983.
12. Fellmann N., Bedu M., Giry J., Pharmakis-Amadiou M., Bezou M.J., Barler J.P., Coudert J.: Hormonal, Fluid, and Electrolyte Changes During a 72h Recovery from a 24h Endurance Run. *Int J Sports Med* 10:406-12, 1989.
13. Febbraio M.A., Snow R.J., Stathis C.G., Hargreaves M., Carey M.F.: Effect of Heat Stress on Muscle Energy Metabolism During Exercise. *J Appl Physiol* 77:2857-2831, 19984.
14. Fogellholm M.: Effects of Body Weight Reduction on Sports Performance. *Sports Med* 18:249-267, 1994.
15. Fortney S.M., Vroman N.B., Beckett W.S., Permutt S., LaFrance N.D.:Effect of Exercise Hemoconcentration and Hyperosmolality on Exercise Responses. *J Appl Physiol* 65:519-524, 1988.
16. Gaebelc J., Senay L.C: Influence of Exercise Type, Hydration, and Heat on Plasma Volume Shifts in Men. *J Appl Physiol* 49:119-123, 1980.
17. Greenleaf J.E., Brock P.J., Ken L.H., Morse J.T.: Drinking and Water Balance During Exercise and Heat Acclimation. *J Appl Physiol* 54:414-419, 1983.
18. *Food and Nutrition Board. Proceedings of a Workshop Committee on Military Nutrition Research*. Marriott B Rosemont C.(Eds). National Academy Press. Washington, 1991 .p: XV-1 -XV-30.
19. Gsoff! C.V., Duchman S.M.: Guidelines for Optimal Replacement Beverages for Different Athletic Events. *Med Sci Sports Exerc* 24:679-687, 1992.

20. Hagan R.D., Stratham T., Stratham L., Gettman L.R.: Oxygen Uptake and Energy Expenditure During Horizontal Treadmill Running. *J Appl Physiol* 49:571-575, 1980.
21. Hargreaves M, Cosill D.L., Coggan A., Fink W.J., Nishibata L.: Effect of Carbohydrate Feedings on Muscle Glycogen Utilization and Exercise Performance. *Med Sci Sports Exerc* 16:219-222, 1984.
22. Hargreaves M., Costill D.L., Katz A., Fink W.J.: Effect of Fructose Ingestion on Muscle Glycogen Usage During Exercise. *Med Sci Sports Exerc* 17:360-363. 1985.
23. Haymes E.M., Wells G.L.: *Environmental Human Performance*. Human Kinetics Publishers, Champaign, 1983. p: 13-42.
24. Herbert W.G.: Water and Electrolytes, en: *Ergogenic Aids in Sport*. Williams A.(Ed). Human Kinetics Publishers, Champaign, 1983.p: 56-98.
25. Hergreaves M., Costill D.L., Burke L., Mc Connell G., Febbraio M.: Influence of Sodium on Glucose Bioavailability During Exercise. *Med Sci Sports Exerc* 26:365-368, 1994.
26. Jaramillo H.N.: *Líquidos y Electrolitos*. 2* ed. Universidad de Antioquia, Medellín, 1992, p:80-92.
27. Jonhson H.L., Nelson R.A., Consolazio C.F.: Effects of Electrolyte and Nutrient Solutions on Performance and Metabolic Balance. *Med Sci Sports Exerc* 20:26-33, 1988.
28. Köhler H.: *Fluid Metabolism and Exercise*. *Kidney International* 32(suppl 21):s93-s96,1987.
29. Lambert CP., Costill D.L., Mc Connell G.K., Benedict M.A., Lambert G.P., Robergs R.A., Fink W.J.: Fluid Replacement after Dehydration: Influence of Beverage Carbonation and Carbohydrate Content. *Int J Sports Med* 4:285-292, 1992.
30. Luetkemeier M.J., Thomas E.L: Hypervolemia and Cycle Time Trial Performance. *Med Sci Sports Exerc* 26:503-509, 1994.
31. Mack G.W., Weseman CA., Langhans G.W., Scherzer H., Gillen CM., Nadel E.B.: Body Fluid Balance in Dehydrated Healthy Older Men: Thirst and Renal Osmoregulation. *J Appl Physiol* 76:1615-1623, 1994.
32. Mc Laren D.P.M., Reilly T., Campbell J.T., Frayn K.N.: Hormonal and Metabolic Responses to Glucose and Maltodextrin Ingestion with or without the Addition of Guar Gum. *Int J Sports Med*. 15:466-471, 1994.
33. Maughan R.J.: Fluid and Electrolyte Loss and Replacement in Exercise, en: *Food, Nutrition and Sports Performance*. Williams C, Devlin J.T.(Eds). E&F.N Spon. London, 1992, p:147-178.
34. Melin B., Curé B., Jimenez Ch., Savourey G., Bittel J.: Deshydratation, Rehydratation et Exercice Musculaire en Ambiance Chaude. *Cah NutrDiet* 25:383-388, 1990.

35. Meyer F., Bar-Or O., Mc Dougall D., Heigenhauser G.J.F.: Drink Composition and the Electrolyte Balance of Children Exercising in the Heat. *Med Sci Sports Exerc* 27:882-887, 1995.
36. Millard-Stafford M.: Fluid Replacement During Exercise in the Heat. *Sports Med* 13:223-233, 1992.
37. Millard-Stafford M., Sparling P.B., Roskoff L.B., Hinson B.T., Dicarlo L.J.: Carbohydrate-Electrolyte Replacement During a Simulated Triathlon in the Heat *Med Sci Sports Exerc* 22:621-628, 1990.
38. Mountcastle V.B.: *Fisiologia medica*. Vol II. CV Mosby Co. Saint Louis, 1977, p:1003-1005.
39. Ivy J.L., Miller W., Dover V., Goodyear L.G., Sherman W.M, Farrell S., Williams H.: Endurance improved by Ingestion of a Glucose Polymer Supplement. *Med Sci Sports Exerc* 15:466-471, 1983.
40. Nadel E.R., Fortney S.M., Wenger C.B.: Effect of Hydration State on Circulatory and Thermal Regulations. *J Appl Physiol* 49:715-721, 1980.
41. Noakes T.D., Rehrer N.J., Maughan R.J.: The Importance of Volume in Regulating Gastric Emptying. *Med Sci Sports Exerc* 23:307-313, 1991.
42. Pariflo J.F.: *Liquidos y electrolitos en la practica clinica*. Tribuna Médica 80:1-14, 1989.
43. Peters H.P.F., Van Schelven W.F., Verstappen P.A., De Boer R.W., Bol E., Erich W.B.M., Van der Togt CR., De Vries W.R.: Exercise Performance as a Function of Semi-Solid and Liquid Carbohydrate Feedings During Prolonged Exercise. *Int J Sports Med* 16:105-113, 1995.
44. Powers S.K., Lawler J., Dodd S., Tulley R., Landry G., Wheeler K.: Fluid Replacement Drinks During High Intensity Exercise: Effects of Minimizing Exercise-Induced Disturbances in Homeostasis. *Eur J Appl Physiol* 60:54-60, 1990.
45. Rico-Sanz J., Frontera W.R., Rivera M. A, Rivera-Brosón A, Mole P.A., Meredith C.N.: Effects of Hyperhydration on Total Body Water, Temperature Regulation and Performance of Elite Young Soccer Players in a Warm Climate. *Int J Sports Med* 17:85-91, 1996.
46. Saltin B.: Aerobic and Anaerobic Work Capacity After Dehydration. *J Appl Physiol* 19:1114-1118, 1964.
47. Spun G.B.: Nutritional Status and Physical Work Capacity. *Yearb Phys Anthropol* 26:1-35, 1983.
48. Röcker J., Kirsch K.A., Heyduck B., Altenkirch H.U.: Influence of Prolonged Physical Exercise on Plasma Volume, Plasma Proteins, Electrolytes and Fluid-Regulating Hormones. *Int J Sports Med* 10:270-274, 1989.
49. Sawka M.: Physiological Consequences of Hypohydration: Exercise Performance and

-
- Thermoregulation. *MedSciSportsExerc* 24:657-670, 1992.
50. Sawka MN.: Body Fluid Responses and Hypohydration during Exercise-Heat Stress, en: *Human Performance Physiology and Environmental Medicine at Terrestrial Extremes*. Pandolf K.B., Sawka M.N., Gonzalez R.D. (Eds). Cooper Publishing Group, Carmel, 1986 p:227-266.
51. Schedl H.P., Maughan R.D.J., Gisolfi C: Intestinal Absorption During Rest and Exercise: Implications for Formulating an Oral Rehydration Solution (ORS). *Med SciSports Exerc* 26:267-280. 1994.
52. Senay L-C: Temperature Regulation and Hypohydration: A Singular View. *JAppl Physiol* 47:1-7, 1979.
53. Swensen T., Craier G., Bassett D.R., Howley E.T.: Adding Polyactate to a Glucose Polymer Solution Does Not Improve Endurance. *Int J Sports Med* 15:430-434, 1994.
54. Wilk B., Bar-Or O.: Effects of Drink Flavor and NaCl on Voluntary Drinking and Hydration in Boys Exercising in the Heat. *J Appl Physiol* 80:1112-1129, 1996.
55. Wood S.C., Doyle M.P., Appenzeller O.: Effects of Endurance Training and Long Distance Running on Blood Viscosity. *Med Sci Sports Exerc* 23:1265-1269, 1991.