

2.2 Evaluación del estado de sudoración

El patrón de sudoración de cada sujeto es muy variable, de manera que algunos son más propensos que otros a la deshidratación. Poder establecerlo es complejo, ya que no hay un consenso sobre la mejor forma de determinarlo y los métodos más fiables, según la literatura, no están al alcance del deportista/evaluador. Es aquí donde una combinación de métodos sencillos nos permite tener cierto grado de certeza en cuanto a las necesidades de los atletas.

Como vimos en el inicio del módulo, la ganancia de agua proviene del consumo total de líquidos/alimentos y de la producción metabólica endógena, mientras que las pérdidas de agua ocurren por vías respiratorias, gastrointestinales, renales y el sudor.

Tal como propone el Colegio Americano del Deporte:

Cuando se evalúa el estado de hidratación de un individuo, no hay un único valor de ACT (agua corporal total) que represente a la euhidratación. Las determinaciones necesitan hacerse a partir de las fluctuaciones más allá de un rango que tenga consecuencias funcionales. Idealmente, los marcadores biológicos de la hidratación deben ser sensibles y lo suficientemente precisos para detectar fluctuaciones en el agua corporal de aproximadamente el 3% del Agua Corporal Total (o el cambio en el contenido de agua suficiente para detectar fluctuaciones de aproximadamente 2% del peso corporal para la persona promedio). Además, el marcador biológico también debe ser de uso práctico (tiempo, costo y destreza técnica) para individuos y entrenadores (<http://www.acsm.org/>)

A raíz de esta propuesta, consideramos que tanto el cambio del peso corporal en el sujeto como los indicadores de orina son aquellos más prácticos para desarrollar en terreno en pos de hacer un diagnóstico básico de la situación.

La siguiente tabla nos da una pauta acerca de la variedad de marcadores biológicos de la hidratación, su utilidad y la variedad ante cambios agudos o crónicos del estado.

Tabla 3: Marcadores biológicos del estado de hidratación.

Medición	Utilidad practica	Validez ante cambios agudos o crónicos	Punto de corte de euidratación
Agua Corporal Total	Baja	Agudos y Crónicos	< 2 %
Osmolalidad del Plasma	Media	Agudos y Crónicos	< 290 mOsmol
Gravedad especifica de la Orina	Alta	Crónicos	< 1020 Usg
Osmolalidad de la Orina	Alta	Crónicos	< 700 mOsmol
Peso Corporal	Alta	Agudos y Crónicos	< 1 %

Fuente: <http://www.acsm.org/>

A su vez, serán también aquellos que desarrollemos en el módulo para conocer su practicidad y/o utilidad en diferentes momentos.

2.2.1 Agua corporal total

El proceso de la medición del balance de agua por la recolección de datos de entradas y salidas ha sido modernizado por la estimación del agua corporal total (ACT), la cual conlleva mediciones de la dilución de las cantidades trazadas de un isótopo (generalmente óxido de deuterio, $^2\text{H}_2\text{O}$).

Se coloca un volumen y una concentración conocidos de un isótopo dentro del cuerpo, y más tarde se determina una nueva concentración del isótopo en una muestra de fluido corporal (sangre, saliva, etc.) después de que el marcador ha llegado a distribuirse similarmente a través de los fluidos corporales. Se calcula el volumen desconocido (ACT), sabiendo que una baja concentración del isótopo en la muestra significa que el volumen de fluido corporal debe ser relativamente grande y viceversa. Como otras técnicas cuantitativas, la dilución de isótopos no permite la determinación de una línea base adecuada debido a la amplia variabilidad en la composición corporal y en la variabilidad asociada en el agua corporal total normal. Sin embargo, el error total de la medición del ACT con dilución de marcadores es tan bajo como 1% (Ritz, 1998), así permite la medición de pequeños cambios en los fluidos corporales.

Dicho modelo nos suministra una de las mediciones más fiables que es posible realizar para conocer el estado de hidratación corporal, pero no es de utilidad para la mayoría de las personas debido a su practicidad.

2.2.2 Osmolalidad en el plasma

La osmolalidad del plasma está controlada alrededor de un punto fijo de euhidratación de aproximadamente 285 mOsm/kg (Panel DRI 2015). Si no se reemplazan las pérdidas de sudor por ejercicio, se reduce el volumen de agua corporal. El volumen plasmático y el agua extracelular disminuyen porque aportan el líquido para el sudor, y aumenta la osmolalidad del plasma porque el sudor es hipotónico en relación al plasma. En otras palabras, el sudor remueve relativamente más agua de los fluidos corporales que solutos como el sodio y el cloruro, y estos solutos osmóticamente activos aumentan en el plasma sanguíneo. El aumento en la presión osmótica del plasma es proporcional a la disminución en el agua corporal total. Popowski y cols (2001) demostraron bajo condiciones bien controladas, que la osmolalidad del plasma aumenta en aproximadamente 5 mOsm/kg por cada pérdida cercana al 2% del peso corporal por sudoración. También se observó que la osmolalidad del plasma regresa a valores normales durante la rehidratación, razón por la cual es una de las variables que está sujeta a los cambios de corto plazo.

Dicho modelo, si bien es menos complejo que el de ACT, también es complejo para la medición y, por ello, generalmente no tiene utilidad en el campo.

2.2.3 Indicadores de orina (color, gravedad específica y osmolaridad)

Los indicadores urinarios de deshidratación nos marcan una gravedad específica (GEO) y una osmolaridad (OOsm) de la orina elevada, junto con una coloración (OCol) oscura de esta. Tal como explicábamos anteriormente, si bien no son fiables como los métodos anteriores, en sumatoria, respecto de lo que ocurre con el peso del atleta, nos permite observar y aproximar el estadio de hidratación del sujeto en cuestión.

La orina es una solución de agua y otras sustancias, las cuales aumentan o disminuyen su concentración conforme al volumen total. Se vincula, además, con la deshidratación; por ello, la producción de orina varía para regular el balance de líquidos.

La producción de orina es aproximadamente de 1 a 2 litros por día, pero puede aumentar 10 veces más cuando se consumen grandes cantidades de líquido (Sawka, 2005). Esta gran capacidad de variar la producción de orina representa la principal vía para regular el balance neto de agua

corporal a través del amplio rango de volúmenes de consumo de líquidos y pérdidas de fluidos por otras vías. Aunque es poco práctico medir el volumen de orina diariamente, la evaluación cuantitativa (GEO, OOsM) o cualitativa (OCOL) de su concentración es mucho más sencilla. Como herramienta de investigación para diferenciar la euhidratación de la deshidratación, la concentración de la orina indicada por la GEO, la OOsM o la OCOL es una técnica de evaluación confiable con umbrales razonablemente definidos (Armstrong, 1994, Bartok, Schoeller, Sullivan, Clark y Landry, 2004, Shirreffs y Maughan, 1998).

En la siguiente tabla podemos observar valores razonables por categoría y contemplar que son indicadores fidedignos para orientarnos en cuanto a la deshidratación crónica y no a la aguda, puesto que el consumo de una gran cantidad de líquido puede modificar la valoración del estado de hidratación a partir de estos indicadores. Es por ello que se deben utilizar muestras de la primera orina del día o después de varias horas (al menos 24), en las cuales el estado de hidratación se encuentre estable.

Tabla 4: Categorías de hidratación (para un sujeto de 75 kg)

Categoría de Hidratación	GEO en ayuno (Usg)	GEO de 24 h. (Usg)	Osmolaridad en ayuno (mOsm)	Osmolaridad de 24 h. (mOsm)
Extremadamente hidratado	< 1017	< 1012	< 545	< 377
Muy bien hidratado	1017 - 1021	1012 - 1014	545 - 713	377 - 475
Bien hidratado	1022 - 1023	1015 - 1017	714 - 817	476 - 586
Normohidratado	1024 - 1026	1018 - 1020	818 - 924	587 - 766
Ligeramente Deshidratado	1027 - 1028	1021 - 1024	925 - 999	767 - 880
Muy Deshidratado	1029 - 1031	1025 - 1027	1000 - 1129	881 - 1013
Extremadamente deshidratado	> 1031	> 1027	> 1129	> 1013

Fuente: (Armstrong, Pumerantz, Fiala, Roti, Kavouras, Casa y Maresh, 2010)

Otra de las herramientas que es preciso contemplar, precisamente por su practicidad, es el *Urine Charts*, el cual consta de una escala de ocho colores de orina que va oscureciendo su coloración en la medida en que mayor sea la deshidratación que presente el sujeto. Sobre la base de esta escala, dichos especialistas encontraron que el color mostraba una elevada correlación con la gravedad específica y la osmolaridad de la orina y, por lo mismo, que podía usarse para determinar el estado de hidratación cuando no es necesaria una gran precisión (como por ejemplo, para el uso con deportistas en el campo de trabajo, cuyo uso no es válido en protocolos de investigación). De todos modos, debemos contemplar que es una herramienta subjetiva y que, a la vez, el color de la orina puede alterarse por enfermedades, consumo de vitaminas o fármacos, ciertos alimentos y algunos aditivos alimentarios.

Figura 1: Escala de Urine Chart



Fuente: (Armstrong et al., 1994)

2.2.4 Peso corporal/tasa de sudoración

Una manera sencilla de determinar el grado de deshidratación alcanzado en una actividad física consiste en pesar al deportista antes y después de realizar el ejercicio. Al comparar el peso corporal del deportista antes y después, se puede determinar el grado de deshidratación provocado por el ejercicio, ya que se contempla que, en esfuerzos intermitentes inferiores a las 3 horas y en condiciones meteorológicas no extremas (inferiores a 35 °C y superiores a 5 °C), la pérdida de agua mediante la respiración no es significativa respecto de la producida a través del sudor.

Esta herramienta se utiliza frecuentemente para evaluar los cambios rápidos en la hidratación del atleta generalmente en campo. El uso de esta técnica implica que 1 gramo de masa perdida es equivalente a 1 ml de agua perdida.

Generalmente, en personas bien hidratadas que están en balance de energía, el peso corporal (PC) en ayuno (después de orinar) será estable

y fluctuará en <1 %. Al despertarse por la mañana, deben tomarse, de manera desnuda, al menos tres medidas consecutivas del PC para establecer un valor basal -el cual se aproxima a la euhidratación- en hombres activos que consumen alimentos y líquidos *ad libitum*. Las mujeres pueden necesitar más mediciones del PC para establecer un valor basal, porque sus ciclos menstruales influyen en el estado de agua corporal.

Los cambios agudos en el PC durante el ejercicio pueden utilizarse para calcular las tasas de sudoración y las variaciones en el estado de hidratación que ocurren en diferentes ambientes. Esto se logra con mediciones del PC antes del ejercicio y se compara con el PC post-ejercicio corregido por las pérdidas de orina y el volumen bebido. Cuando es posible, se debe tomar el peso desnudo para evitar correcciones por el sudor atrapado en la ropa (goo.gl/CjmlKN)

Tasa de sudoración

Como describíamos anteriormente, a través de algunas variables (peso de inicio al ejercicio, peso posterior al ejercicio, líquido ingerido, orina excretada y minutos de actividad) podemos obtener la tasa de sudoración del sujeto en cuestión. Dicha tasa nos permitirá obtener la cantidad de líquido suficiente que se deberá reponer por cada minuto que se desarrolle en la actividad y la cantidad que será preciso reponer también en función de sus necesidades individuales.

Dicho cálculo se puede realizar a través de la formula tomada de Murray (2007):

Tasa de sudoración (ml/min) = (peso perdido (g) + líquido ingerido (ml) – orina (ml) / minutos actividad (min).

Tabla 5: Ejemplo de cómo calcular la tasa de sudoración

Variable	Valor
Peso corporal antes del ejercicio	73 Kg
Peso corporal después del ejercicio	71,4 Kg
Peso perdido	1,6 Kg (1600 gr)
Volumen de bebida ingerida	400 ml
Volumen de orina en actividad	200 ml
Tiempo de ejercicio	60 min
Tasa Sudoración = - 1600 gr + 400 ml – 200 ml / 60 min = 30 ml/min	

Fuente: elaboración propia

Como dijimos anteriormente, al ser una herramienta sencilla de implementar, se suelen encontrar, en la literatura científica, diferentes valores de tasas de sudoración (expresadas en l/h o ml/min) y, en función de ello, es posible conocer, de forma global, las necesidades del deporte en cuestión.

A continuación, disponemos de una de las tantas tablas que hay en la literatura para poder ver el perfil de hidratación que requieren algunos deportes.

Tabla 6: Tasas de sudoración, consumo voluntario de líquido y % de pérdida en PC en varios deportes

Deporte	Condición	Tasa de sudoración (L·h ⁻¹)		Consumo voluntario de líquido (L·h ⁻¹)		Deshidratación (%PC) (= cambio en PC)	
		Promedio	Rango	Promedio	Rango	Promedio	Rango
Polo acuático [41]	Entrenamiento (hombres)	0.29	[0.23-0.35]	0.14	[0.09-0.20]	0.26	[0.19-0.34]
Netball [16]	Competencia (hombres)	0.79	[0.69-0.88]	0.38	[0.30-0.47]	0.35	[0.23-0.46]
	Entrenamiento en verano (mujeres)	0.72	[0.45-0.99]	0.44	[0.25-0.63]	0.7	[+0.3-1.7]
Natación [41]	Competencia en verano (mujeres)	0.98	[0.45-1.49]	0.52	[0.33-0.71]	0.9	[0.1-1.9]
	Entrenamiento (hombres y mujeres)	0.37		0.38		0	(+1.0-1.4 kg)
Remo [22]	Entrenamiento en verano (hombres)	1.98	(0.99-2.92)	0.96	(0.41-1.49)	1.7	(0.5-3.2)
	Entrenamiento en verano (mujeres)	1.39	(0.74-2.34)	0.78	(0.29-1.39)	1.2	(0-1.8)
Básquetbol [16]	Entrenamiento en verano (hombres)	1.37	[0.9-1.84]	0.80	[0.35-1.25]	1.0	[0-2.0]
	Competencia en verano (hombres)	1.6	[1.23-1.97]	1.08	[0.46-1.70]	0.9	[0.2-1.6]
Fútbol [130]	Entrenamiento en verano (hombres)	1.46	[0.99-1.93]	0.65	(0.16-1.15)	1.59	[0.4-2.8]
Fútbol [89]	Entrenamiento en invierno (hombres)	1.13	(0.71-1.77)	0.28	(0.03-0.63)	1.62	[0.87-2.55]
Fútbol americano [62]	Entrenamiento en verano (hombres)	2.14	[1.1-3.18]	1.42	[0.57-2.54]	1.7 kg (1.5%)	[0.1-3.5 kg]
Tenis [15]	Competencia en verano (hombres)	1.6	[0.62-2.58]	~1.1		1.3	[+0.3-2.9]
	Competencia en verano (mujeres)		[0.56-1.34]	~0.9		0.7	[+0.9-2.3]
Tenis [14]	Competencia en verano (hombres propensos a calambres)	2.60	[1.79-3.41]	1.6	[0.80-2.40]		
Squash [18]	Competencia (hombres)	2.37	[1.49-3.25]	0.98		1.28 kg	[0.1-2.4 kg]
Carrera de medio maratón [21]	Competencia en invierno (hombres)	1.49	[0.75-2.23]	0.15	[0.03-0.27]	2.42	[1.30-3.6]
Carrera a campo traviesa [62]	Entrenamiento en verano (hombres)	1.77	[0.99-2.55]	0.57	[0-1.3]	~1.8	
Triatlón Ironman [133]	Competencia en clima templado (hombres y mujeres)						
	Segmento de natación					1 kg	(+0.5-2.0 kg)
	Segmento de bicicleta	0.81	(0.47-1.08)	0.89	(0.60-1.31)	+0.5 kg	(+3.0-1.0 kg)
	Segmento de carrera	1.02	(0.4-1.8)	0.63	(0.24-1.13)	2 kg	(+1.5-3.5 kg)
	Competencia completa			0.71	(0.42-0.97)	3.5%	(+2.5-6.1 %)

Fuente: (ASCM, 2007)

Referencias

American College of Sports Medicine. (2007). Position Statement: Exercise and fluid replacement (traducción propia). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 39(2), 377-390.

Armstrong, L. E., Costill, D. L., y Fink, W. J. (1985). Influence of diuretic-induced dehydration on competitive running performance (traducción propia). *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 17(5), 456-461.

Bartok, C., Schoeller, D. A., Sullivan, J. C., Clark, R. R., y Landry, G. L. (2004). Hydration testing in collegiate wrestlers undergoing hypertonic dehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 36(12), 510-517.

Coyle, E. F. (2004). Fluid and fuel intake during exercise. *J. Sports Sci.* 22:39-55.

Grandjean A. C. (2007). Dehydration and cognitive performance. *J. Am. Coll. Nutr.* 26:549S-554S

Armstrong, L. E., Pumerantz, A. C., Fiala, K. A., Roti, M. W., Kavouras, S. A., Casa, D. J., y Maresh, C. M. (2010). Human Hydration Indices: Acute and Longitudinal Reference Values. *International Journal of Sport Nutrition and Exercise Metabolism*, 20(7), 145-153.

Lieberman, H. R. (2012). Methods for assessing the effects of dehydration on cognitive function. *Nutr. Rev.* 70 Suppl 2:S143-S146

Masento, N. A., Golightly, M., Field, D. T., Butler, L. T., y van Reekum, C. M. (2014). Effects of hydration status on cognitive performance and mood. *Br. J. Nutr.* 111:1841-1852

Maughan, R. J., Leiper, J. B., y Shirreffs, S. M. (1996). Restoration of fluid balance after exercise-induced dehydration: effects of food and fluid intake. *European Journal of Applied Physiology*, 73(22), 317-325.

Popowski, L. A., Oppliger, R. A., Lambert, J. P., Johnson, R. F., Johnson, A. K., y Gisolfi, C. V. (2001). Blood and urinary measures of hydration during progressive acute dehydration. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 33(5), 747-753.

Ritz, P. (1998). Methods of assessing body water and body composition. En M. J. Arnaud (Ed.), *Hydration Throughout Life*, pp. 63-74. Vittel: Perrier Vittel Water Institute.

Shirreffs, S. M., y Maughan, R. J. (1998). Urine osmolality and conductivity as indices of hydration status in athletes in the heat. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 30(22), 1598-1602.