

LA FATIGA EL TR

Podríamos decir que el «cómo nos sentimos» sería el determinante final del «por qué paramos».

De manera sencilla, podríamos entender la fatiga como una reducción significativa de la fuerza generada voluntariamente en el músculo (López-Chicharro y Sánchez, 2014). Además, la fatiga no se representaría necesariamente con el hecho de detenerse, sino que también se consideraría fatiga una bajada de la intensidad, por ligera que sea. Dicha reducción de fuerza generada vendría dada por una serie de mecanismos que perturbarían la homeostasis corporal y que perjudicarían la función contráctil y la correcta activación muscular. Con ello, conocer los mecanismos por los que aparece la fatiga aguda, aquella que puede ser revertida en poco tiempo (Meeusen et al., 2013), nos interesa para: 1) optimizar los procesos de recuperación entre entrenamientos; 2) para prevenir lesiones, puesto que en condiciones de fatiga aumenta el riesgo de lesión; y 3) para mejorar directamente el rendimiento en competición. Así que si conocemos los factores que la producen podremos intervenir para contrarrestarla.

No obstante, la fatiga se entiende como un fenómeno mucho más complejo y difícil de atribuir a una etiología concreta. Es decir, un corredor no para porque haya un único mecanismo (p.ej. exceso en el aumento de la temperatura corporal) que le afecte, sino que viene dado por un cúmulo de pro-

FATIGA EN TRAIL RUNNING

En este artículo presentamos una visión práctica del concepto de fatiga en el *trail running*, tratando de mostrar aspectos que debemos de tener en cuenta para la competición desde el punto de vista del entrenador. Además, dado que el *trail running* es un deporte de resistencia, habrá muchos aspectos comunes con otros deportes de similares duración e intensidad, habiendo sin embargo diversos puntos característicos que trataremos de mostrar.

Arcadi Margarit Lcdo. en CC. de la Actividad Física y el Deporte. Docente en International Endurance Group. Docente en Curso Experto Universitario Trail Running UDIMA – www.amtraining.es
Fotos Adidas

cesos que no funcionan adecuadamente y que de manera conjunta desencadenarían en la fatiga como resultado final. No obstante, en el intento de buscar de manera concreta el por qué nos fatigamos, de manera general se ha diferenciado según su «procedencia» entre fatiga de origen central y origen periférico. La primera tiene que ver con mecanismos fisiológicos relacionados con la regulación del sistema nervioso central (SNC) que desencadenan en una reducción en el nivel de reclutamiento de fibras en el músculo; mientras que la segunda hace referencia a mecanismos fisiológicos localizados en el propio músculo o en la unión neuromuscular que directamente producen una reducción para crear fuerza en las fibras musculares (Del Coso, 2015). En todo caso, atendiendo a si la fatiga tiene una etiología más central o más periférica, no se determinarían los mecanismos exactos por los cuales se daría la fatiga. A pesar de ello, esta visión más «separada» de la fatiga sí que nos podría ayudar a ser prácticos para tratar algunos mecanismos clave que se pueden dar en carrera y utilizarlo como «hoja de ruta». Por ello, a pesar de que habría otros mecanismos posibles (p.ej. fatiga mental, situaciones de hipoxia, polución, ambientes fríos...), a continuación vamos a ver cada uno de los más comunes en *trail running* y como contrarrestarlos con aplicaciones prácticas.

Fatiga por hipertermia

Dicho mecanismo tendría un origen central, caracterizado por un aumento excesivo de la temperatura corporal. Ello podría estar presente en todas las pruebas de *trail running*, dado que se produciría en pruebas superiores a 10 minutos, condicionado a su vez por el ambiente, el estado de hidratación previo, la intensidad del ejercicio y del nivel del corredor/a (a mayor nivel más tolerancia y mayor eficiencia para termoregular). Sería más común en ambientes con temperaturas superiores a 28°C, aunque también influiría sobre todo la humedad. Así, dado que habría una relación negativa entre la temperatura corporal central y la potencial duración o intensidad del ejercicio y dada la duración de algunas pruebas en carreras de montaña, debería ser tenido en cuenta por poder estar compitiendo durante horas centrales del día y cuando se compita en una zona y época donde el ambiente pudiera ser caluroso.

En un estudio que analizó la relación entre fatiga y temperatura corporal durante el ejercicio en condiciones de calor (González-Alonso et al., 1999), se vio que los ciclistas –muestra del estudio– paraban el ejercicio a los 40,1-40,2 grados centígrados de temperatura corporal central y que el rendimiento se veía favorecido por empezar la prueba con una menor temperatura corporal central (unos 35,7°C) frente a temperaturas más al-

tas (≈37,5-38°C). O sea, que a partir de unos 40°C podríamos considerar que el SNC actuaría «protegiéndonos» haciendo que nos detengamos (fatiga por hipertermia), por lo que cualquier estrategia que disminuyera la temperatura corporal central beneficiaría el rendimiento, especialmente durante el ejercicio en condiciones de calor de larga duración y de moderada a baja intensidad.

Por tanto, a pesar de que en ambientes de normotermia también podrían ser útiles ciertas estrategias como el entrenamiento en calor, éstas serían más interesantes en el caso que compitamos en ambientes de unos 28-30°C o más (aunque sea durante una parte de la prueba). Así, algunas de estas estrategias para reducir el aumento de la temperatura corporal central (y el gradiente de temperatura) serían las siguientes:

- **Precooling (enfriamiento previo) o enfriamiento durante la competición:** destacarían la ingesta de bebidas frescas –entre 10° y 15°C–, chupar o masticar hielo y la aplicación de compresas de frío (Ross, Abbiss, Laursen, Martin y Burke, 2013).
- **Hidratación:** las prácticas de hiperhidratación en el ejercicio prolongado en calor así como la correcta hidratación en competición serían fundamentales. A poder ser, mejor ingesta de líquido frío e incluso ingesta de granizados.

Trail running

- **Aclimatación al calor:** entrenar repetidamente en calor e incluso la simple exposición pasiva repetida o inmersión en agua caliente después del ejercicio elevan la temperatura central, la temperatura de la piel y la tasa de sudoración provocando adaptaciones termorregulatorias (Zurawlew, Mee y Walsh, 2018). De hecho, un sujeto entrenado y bien adaptado a ambientes calurosos suda más y termorregula mejor.
- **Otros:** también sería recomendable utilizar prendas en tonos blancos o colores claros en horas de sol, evitar prendas apretadas, usar prendas con buena transpiración que no limiten la evaporación de agua y/o bien ir ligeros de ropa.

Fatiga por deshidratación

Este mecanismo de fatiga se daría especialmente, aunque no exclusivamente, en ambientes calurosos y tendría relación con la fatiga por hipertermia, atribuyéndose su origen a una fatiga central. Nuestro cuerpo se «defiende» termorregulándose para disipar el calor fundamentalmente con la sudoración, y ello implica una reducción de agua corporal que reduce el flujo sanguíneo a los músculos activos y el gasto cardíaco. Por ejemplo, se ha visto un aumento de un 0,22°C de temperatura intestinal y seis pulsaciones/minuto por cada 1% de masa corporal perdida en corredores de montaña (Casa et al., 2010).

Como estrategias, hay dos líneas posibles a seguir. En la primera, la cual se propone desde, por ejemplo, el Colegio Americano de Medicina del Deporte, se recomienda no perder más de un 2% del peso corporal ya que esto produciría una pérdida de rendimiento. Es decir, que si un corredor o corredora pesan 50kg, perder durante la carrera más de 1kg de peso (más de un 2% del peso corporal) sería perjudicial para su rendimiento. De acuerdo con ello, en *trail runners* se ha visto un peor rendimiento en calor en corredores que rondaban la pérdida de masa corporal del ≈4% respecto a corredores con una pérdida del ≈2% (Casa et al., 2010). Sin embargo, y respecto a la segunda línea a seguir, últimamente se han visto casos de deportistas de resistencia de élite que sobrepasaban la línea de la pérdida del 2% del peso corporal, aludiendo a que sería seguro beber *ad libitum* (beber cuando apetezca a partir de la sed como indicador), lo cual permitiría no añadir peso innecesario y con ello obtener un mejor rendimiento.

Una posible recomendación sería no pasarse de hidratación (por riesgo de hiponatremia) pero no tampoco quedarse corto, y ser conscientes de que lo que vale a la élite puede no servirle a todo el mundo. Lo mejor quizás sería individualizar la cantidad de ingesta de líquido a través del test de duración (recomendamos al lector revisar el anterior número de la revista). A partir de aquí, y teniendo en cuenta la tasa de sudoración, podríamos guiarnos por el color de la orina: un color demasiado oscuro, una orina concentrada, fuerte olor o si notamos que orinamos menos de lo normal, indicaría bajos niveles de hidratación. Además, puesto que el color de la orina podría verse influenciado por algunos factores (p.ej. la cafeína), iría siempre acompañado de la sensación de sed como indicador del estado de hidratación. Eso sí, deberíamos tener en cuenta que siempre que haya sed deberíamos tener a mano líquido (contemplando la presencia de sodio). Si no, quizás planificar una rutina de hidratación para la competición (y entrenamientos) en la que no se superara

La fatiga en el *trail running* es un concepto complejo determinado por estresores psicológicos, sociales y fisiológicos.

el 2% de pérdida de peso corporal y en ningún caso el 3% podría ser la más interesante.

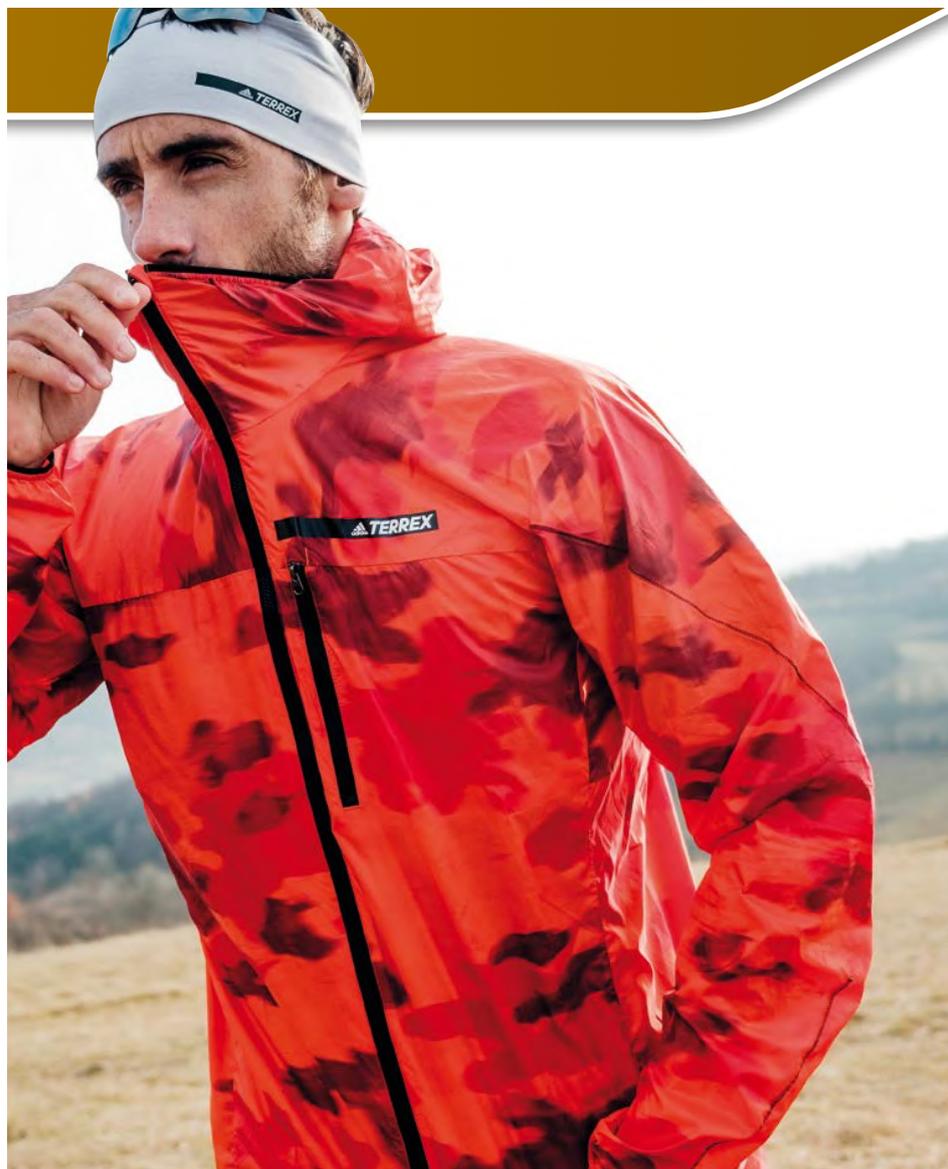
Fatiga por hipoglucemia

Los hidratos de carbono (CH) son la principal fuente de energía en pruebas de resistencia de alta intensidad. A medida que ésta se reduce, las grasas van tomando protagonismo, pero en todo caso, nos interesa mantener los depósitos de glucógeno llenos porque esta fuente produce más energía y más rápida. Así, la depleción de CH juega un papel importante a nivel de fatiga periférica (a nivel del músculo) y a nivel central (en este caso por su falta en la sangre). Respecto a esta última, se ha demostrado que condiciones de hipoglucemia reducen la capacidad de generar fuerza de manera voluntaria respecto a condiciones normales de glucemia en sangre. Por tanto, una reposición de CH para mantener los niveles de glucosa es esencial para evitar este mecanismo de fatiga. En este sentido, como hemos visto, to-

mar CH o el enjuague bucal con bebidas con CH atenuaría también este mecanismo de fatiga en corredores (Clarke, Thomas, Kaska, Ramsbottom y Delextat, 2017). Esto se podría hacer durante la competición (p.ej. enjuague bucal a falta de poca distancia del final de la prueba).

Fatiga por incremento en la producción de serotonina

En carreras de larga duración se produce una liberación de ácidos grasos libres a la sangre para proveer a los músculos. Por otro lado, se reduce la cantidad de aminoácidos de cadena ramificada (BCAA), que son utilizados también, junto al glucógeno y a los lípidos, como fuente de energía (aunque en mucho menor porcentaje) y por tanto baja su concentración en el torrente sanguíneo. Ácidos grasos libres y triptófano (un aminoácido esencial) «luchan» en sangre para unirse a la albúmina (proteína transportadora en sangre) y, como los ácidos grasos se van utili-



zando, eso hace que al final quede más triptófano libre en sangre. Y éste es el problema, porque el triptófano es precursor de la serotonina, que produce fatiga central. Por otro lado, la entrada de triptófano al cerebro se relaciona con los BCAA en sangre, ya que triptófano y BCAA comparten un transportador, es decir, compiten entre ellos. Si hay menos BCAA que se han utilizado como fuente de energía, habrá más facilidad para el triptófano para entrar en el cerebro. Por ello, se piensa que los suplementos con BCAA disminuirían la entrada de triptófano en el cerebro, por tanto la producción de serotonina, y por tanto este mecanismo de fatiga central. A pesar de ello, no hay un consenso total sobre esta ayuda ergogénica en pruebas de resistencia, es decir, hay estudios que lo apoyan y otros que no (especialmente durante la prueba). En todo caso, es una ayuda que está catalogada en la categoría II por el Instituto Australiano del Deporte, es decir, como posiblemente eficaz. Así que podría

ser recomendable su uso en pruebas de resistencia de ultradistancia.

Fatiga por aumento en la concentración de adenosina

La adenosina es un neurotransmisor relacionado con señales de fatiga a nivel central, que aumenta durante la actividad muscular. Ésta inhibe la capacidad de contracción de las fibras musculares. En este sentido, la cafeína sería una sustancia ergogénica eficaz, puesto que impediría que se transmitiera la señal de fatiga al SNC (además de mejorar a movilización de lípidos con el ahorro energético que ello supone).

Fatiga por depleción de sustratos energéticos

Los depósitos de sustratos energéticos se almacenan mayoritariamente en la fibra muscular, siendo la depleción de glucógeno muscular y hepático una de las principales causas de fatiga metabólica en las carreras de larga

duración. De esta manera, el *trail runner* debería entrenar dos aspectos: 1) entrenar en condiciones donde se estimule la oxidación de grasas y 2) entrenar la capacidad de asimilar altas cantidades de CH.

En competición, y de manera general, en ejercicios de menos de 30min de duración en principio no serían necesarios los hidratos de carbono exógenos para mejorar o aumentar el rendimiento; en competiciones de duración de entre 30 a 60 se recomendaría el enjuague oral durante 10 segundos con una bebida que contenga CH (de sabor dulce y mejor que nos guste); en pruebas de entre 1 y 2 horas la recomendación sería de hasta 30g/hora de CH; en competiciones entre las 2 y las 3 horas la recomendación sería de hasta 60g/hora (tomas cada 20-30 minutos); y por último, en competiciones por encima de 2,5-3h, se recomendaría importantes cantidades de hidratos de carbono (hasta 90g/h) (Jeukendrup, 2014) e incluso mayores.

Fatiga por acumulación de metabolitos

En la carrera de resistencia, cuando hay mayor demanda de energía que producción por vías eminentemente aeróbicas, se acumulan ciertos metabolitos y provocan acidosis muscular que reducen la capacidad de la fibra muscular de contraerse. Ello sucedería fundamentalmente en competiciones donde se compite por encima del segundo umbral ventilatorio. Así, teniendo en cuenta que en una competición de km vertical se competiría mucho tiempo por encima de éste, que incluso en carreras de montaña de hasta 45km se acumula un tiempo considerable por encima de dicha intensidad (Rodríguez-Marroyo, González-Lázaro, Arribas-Cubero y Villa, 2018) y que en *trail running* se varía la intensidad de esfuerzo siendo ésta mayor en subidas pudiendo llegar a altas intensidades (Björklund, Swarén, Born y Stöggl, 2019), cabría tener dicho mecanismo en cuenta. De hecho, se ha asociado el tiempo final de carrera con la capacidad de «recuperar» y seguir corriendo rápido después de un repecho o una subida a alta intensidad (Townshend, Worringham y Stewart, 2010), y ello tendría relación con dicho mecanismo. Por ello, la suplementación con bicarbonato de manera aguda o beta alanina (Burke y Hawley, 2018) y el propio entrenamiento serían las opciones más eficaces.

Fatiga por daño muscular

Como ya vimos en los artículos de los números anteriores «Factores fisiológicos de ren-

| Fatiga en el <i>trail running</i> | De 30' a 60' | 1h a 2h | 2h a 3h | Más de 3h | Estrategias y comentarios |
|---|--------------|---------|---------|-----------|--|
| Fatiga por hipertermia. | ++ | ++ | + | + | Depende mucho de las condiciones ambientales y del deportista. Las estrategias a utilizar serían: enfriamiento antes (<i>precooling</i>) y durante la competición, una correcta hidratación y aclimatarnos al calor. |
| Fatiga por deshidratación. | + | ++ | ++ | +++ | Estaría también en parte condicionada por las condiciones ambientales. Entre las estrategias, destacan una correcta hidratación previa en carreras más cortas y durante la competición en carreras más largas, teniendo en cuenta la reposición de sales. |
| Fatiga por hipoglucemia. | + | ++ | +++ | +++ | Se recomendaría enjuague bucal con carbohidratos a partir de los 30min y reposición a partir de los 60-75min. |
| Fatiga por incremento en la producción de serotonina. | | | + | +++ | En deportes de larga duración, podrían ser recomendables los suplementos con BCAA (6-10g/h). |
| Fatiga por aumento en la concentración de adenosina. | ++ | ++ | ++ | ++ | La cafeína sería una buena ayuda ergogénica, siendo la dosis recomendada en torno a entre 3 a 6mg/kg de peso. |
| Fatiga por depleción de sustratos energéticos. | + | ++ | +++ | +++ | Si el tiempo va de 30min a 60min se recomienda el enjuague oral de bebida con CH; entre 1 y 2 horas la recomendación es hasta 30g/hora de CH; entre las 2 y las 3 horas la recomendación sería de hasta 60g/hora de CH; y por encima de 3h, hasta 90g/h de CH (siendo una buena opción combinar glucosa y fructosa). Además, las ingestas del día o dos días previos ricas en CH serán fundamentales para las carreras mayores a 60-90min. |
| Fatiga por acumulación de metabolitos. | ++ | + | + | + | Sería importante en carreras rápidas (p.ej. kilómetro vertical) y en carreras más largas durante repechos o subidas de alta intensidad. El propio entrenamiento y la suplementación con beta alanina sería estrategias interesantes. |
| Fatiga por daño muscular. | + | ++ | +++ | +++ | El entrenamiento es la mejor vía para reducirlo, a través del trabajo específico y el entrenamiento de fuerza. |

Tabla 1. Tabla-resumen con los diferentes mecanismos de fatiga según la duración de la prueba.

dimiento en el *trail running*», el daño muscular es un mecanismo que va a estar presente en las carreras de montaña. Por ejemplo, en un reciente estudio (Giovanelli et al. 2019) se determinó que, después de carreras de 32km y 50km con 2.000m y 3.500m de desnivel respectivamente, se producía un desajuste o disfunción en el metabolismo oxidativo en el músculo vasto lateral, sugiriéndose como posible causa el daño muscular por las repetidas contracciones excéntricas reduciendo finalmente la capacidad y la tolerancia al ejercicio. Por otra parte, se ha sugerido que el daño muscular se daría también en carreras en las que hay ascensos a alta intensidad junto a descensos, puesto que la carrera cuesta abajo daña de manera más severa el tejido muscular, lo que desencadena en una mayor pérdida de fuerza (Giandolini et al., 2017). Así, a pesar de que la fatiga por daño muscular ha mostrado tener una gran variabilidad interindividual (Del Coso et al., 2013) y hay una parte de predisposición genética a sufrirlo o no (Del Coso et al., 2017), le otorgamos un papel fundamental al entrenamiento de fuerza, a una prescripción de una correcta dosis de entrenamiento específico y a una adecuada recuperación.

Un punto de vista global: la teoría del gobernador central

El fisiólogo Timothy Noakes, a través de la teoría del «Gobernador Central», intenta

explicar que los diferentes «mecanismos de fatiga» actúan como un todo, y que vienen regulados de manera central por nuestras decisiones mentales, conscientes o no conscientes, con el objetivo de mantener la homeostasis (Noakes, 2007). Es decir, que nuestro SNC regula nuestro esfuerzo y que si éste detecta que nuestra salud o seguridad pueden estar comprometidas, enviará señales en forma de fatiga para que el cuerpo no sufra daños. De acuerdo con esta teoría, el gobernador central evalúa el medio interno y «permite o no permite» que el atleta pueda llevar un ritmo/intensidad durante el esfuerzo que evite cualquier daño al funcionamiento del cuerpo. En todo caso, según Noakes, influirían desde las motivaciones, supersticiones, emociones, nutrientes de efecto ergogénico, experiencias previas... Así, esta teoría añadiría por un lado el tema emocional, motivación, decisiones, relación con el entrenador, rivales que va a haber en la carrera..., y por otro, tampoco negaría los mecanismos

de fatiga vistos hasta ahora, sino que los trataría más como un todo global.

Conclusiones

En definitiva, en este artículo se pretende dar un punto de vista práctico para que el *trail runner* pueda atenuar diferentes mecanismos de fatiga que se puede dar en competición. Sin embargo, el corredor no se detiene o se fatiga por una causa concreta. En este sentido, y de manera muy interesante, en un estudio (Staiano, Bosio, de Morree, Rampinini y Marcora, 2018) se intentó averiguar qué tenía más relación con que el deportista —en este caso ciclistas— parase: si el dolor muscular, la fatiga muscular o la percepción de esfuerzo (RPE). Pues bien, se concluyó que la causa final de detenerse era una alta percepción de esfuerzo, es decir, que un deportista podía tener (p.ej.) una mayor pérdida de capacidad de generar una máxima contracción voluntaria y mayor desajuste en parámetros neuomusculares, pero que podía ser capaz de mantener

Cuanto más factores atendamos a la hora de afrontar una prueba, mayores posibilidades tendremos de mejorar el desempeño físico y con ello atenuar la fatiga.

más tiempo una determinada intensidad que otro deportista con una menor pérdida de capacidad de generar fuerza. En la misma línea, en un estudio reciente (Fusco et al., 2019) se sugiere que la RPE nos da mayor información sobre la fatiga de un sujeto durante el ejercicio prolongado (la RPE iba aumentando a medida que se alargaba la prueba) que, por ejemplo, otros marcadores internos como la frecuencia cardíaca o el lactato en sangre (que se mantenían más constantes). Incluso la fatiga mental previa haría que nuestro rendimiento pudiera verse comprometido (Filipas, Gallo, Pollastri y La Torre, 2019). Con ello, podríamos decir que el «cómo nos sentimos» sería el determinante final del «porqué paramos». Sin embargo, ello no quiere decir que no sean importantes otros mecanismos de fatiga como el la fatiga muscular, la deshidratación, etc., si no que junto con estos mecanismos y estresores fisiológicos, otros estresores como los sociales y los psicológicos, juegan también un papel muy relevante para modular la RPE y con ello el nivel de fatiga. Dicho de otro modo, un corredor con mayor motivación, mejor estado de ánimo, mayores expectativas y mayor capacidad de sufrimiento, por ejemplo, modulará a la baja la RPE, lo cual le permitirá mantener determinada intensidad más tiempo.

Como conclusión final, como hemos visto, la fatiga en el *trail running* es un concepto complejo determinado por estresores psicológicos, sociales y fisiológicos. Sin embargo, cuantos más factores atendamos a la hora de afrontar una prueba, mayores posibilidades de mejorar el desempeño físico y con ello atenuar los mecanismos de fatiga que puedan darse en competición. ■ ■ ■ ■



BIBLIOGRAFÍA

- BURKE, L. M., y HAWLEY, J. A. (2018). Swifter, higher, stronger: What's on the menu? *Science*, 362(6416), 781-787. <https://doi.org/10.1126/science.aau2093>
- CASA, D. J., STEARNS, R. L., LOPEZ, R. M., GANIO, M. S., McDERMOTT, B. P., WALKER YEARGIN, S., ... MARESH, C. M. (2010). Influence of Hydration on Physiological Function and Performance During Trail Running in the Heat. *Journal of Athletic Training*, 45(2), 147-156. <https://doi.org/10.4085/1062-6050-45.2.147>
- DEL COSO, J. (2015). Apuntes del Curso Fisiología en los Deportes de Endurance. International Endurance Group.
- FUSCO, A., KNUTSON, C., KING, C., MIKAT, R. P., PORCARI, J. P., CORTIS, C., y FOSTER, C. (2019). Session RPE During Prolonged Exercise Training. *International Journal of Sports Physiology and Performance*, 1-3. <https://doi.org/10.1123/ijssp.2019-0137>
- GONZÁLEZ-ALONSO, J., TELLER, C., ANDERSEN, S. L., JENSEN, F. B., HYLDIG, T., y NIELSEN, B. (1999). Influence of body temperature on the development of fatigue during prolonged exercise in the heat. *Journal of Applied Physiology* (Bethesda, Md.: 1985), 86(3), 1032-1039. <https://doi.org/10.1152/jappl.1999.86.3.1032>
- JEUKENDRUP, A. (2014). A Step Towards Personalized Sports Nutrition: Carbohydrate Intake During Exercise. *Sports Medicine (Auckland, N.z.)*, 44(Suppl 1), 25-33. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0148-z>
- NOAKES, T. D. (2007). The central governor model of exercise regulation applied to the marathon. *Sports Medicine (Auckland, N.Z.)*, 37(4-5), 374-377. <https://doi.org/10.2165/00007256-200737040-00026>
- STAIANO, W., BOSIO, A., DE MORREE, H. M., RAMPININI, E., y MARCORA, S. (2018). The cardinal exercise stopper: Muscle fatigue, muscle pain or perception of effort? En *Progress in Brain Research* (Vol. 240, pp. 175-200). <https://doi.org/10.1016/bs.pbr.2018.09.012>



**Entrenador de corredores
Especialidad en *trail running***

**¿EMPEZAMOS
A ENTRENAR?**

w w w . a m t r a i n i n g . e s