

1.1 ¿Qué es la fatiga?

1.1.1 ¿Qué es la fatiga?

Se define a la fatiga como un descenso temporal en el desempeño. Esto puede revertirse después de unas horas o días de descanso. Hay muchos tipos de fatiga y se pueden encontrar en un espectro bastante amplio. “En un lado del espectro podemos encontrar la fatiga aguda: una disminución del desempeño que se puede revertir con unas horas de descanso”. (Jeukendrup, 2015a, <https://bit.ly/2S3Ckuf>). La recuperación de la fatiga severa puede tardar más (quizás 24 o 48 horas). Cuando esta fatiga se prolonga aún más (varios días o semanas de entrenamiento) y la recuperación puede tardar semanas, nos referimos a esto como extralimitación.

Generalmente, esta es una forma funcional de extralimitación porque los deportistas se embarcan en dichos bloques de entrenamiento para causar fatiga extrema con el objetivo final de mejorar su desempeño. En el otro extremo del espectro, tenemos el síndrome de sobreentrenamiento del cual es muy difícil recuperarse. Tiene un enorme rango de síntomas y no es funcional sino patológico. El síndrome de sobreentrenamiento podría significar el final de una temporada o incluso de la carrera de un deportista. Todas estas son formas de fatiga y se encuentran claramente en un espectro amplio. (Jeukendrup, 2015a, <https://bit.ly/2S3Ckuf>).

Comprender la fatiga y la consecuente limitación del ejercicio es extremadamente importante en los deportes, con implicaciones para las medallas, la gloria y la industria deportiva. Si comprendemos los mecanismos de la fatiga, es posible que podamos diseñar estrategias para minimizarla o reducirla. Las primeras investigaciones sobre los mecanismos de la fatiga se enfocaron en la disponibilidad de combustible metabólico o la acumulación de “productos de desecho”. Uno de estos era la formación de ácido láctico e incluso hoy esto es ampliamente discutido por los entrenadores. Se ha medido el lactato para indicar zonas y programas de entrenamiento, y también se ha utilizado para determinar si un deportista está mejorando.

La fatiga durante el ejercicio intenso normalmente se representó como consecuencia de la reducción de la fosfocreatina y la acidosis láctica. Con pruebas de que la transmisión potencial de acción a través de la articulación neuromuscular no se vio perjudicada, se determinó que la

fatiga ocurre dentro de los músculos activos. Por lo tanto, el término “fatiga muscular” ahora está firmemente arraigado en el vocabulario científico general. (McKenna y Hargreaves, 2007, <https://bit.ly/2ziUqBm>)

También está claro que la fatiga muscular no es lo mismo que la fatiga y la fatiga es la más relevante de las

[...] dos para el ejercicio voluntario, ya que el ejercicio limitador de la fatiga implica mecanismos dentro de los músculos periféricos o locomotores que se contraen y abarca los músculos respiratorios, la perfusión muscular, otro músculo esquelético inactivo y órganos que regulan el combustible, el metabolito o la homeostasis iónica y, lo más importante, dentro del propio sistema nervioso central. (McKenna y Hargreaves, 2008, p.286).

La fatiga no debería considerarse como una falla de la regulación: “el tipo malo, sino como una estrategia altamente regulada que conserva la integridad, la función y, de hecho, la supervivencia de las células”. (McKenna & Hargreaves, 2008, p.286).

Figura 1: Resumen de los posibles mecanismos de la fatiga



Estos mecanismos se pueden dividir en mecanismos con un origen periférico y central.

Fuente: elaboración propia, basado en varios artículos de revisión incluidos (Marqués-Jiménez, Calleja-González, Arratibel, Delextrat, & Terrados, 2017; McKenna & Hargreaves, 2008; Meeusen & Roelands, 2018).

1.1.2 La fatiga es multifactorial

Hay una serie de mecanismos que contribuyen a la fatiga general. Algunos son de naturaleza periférica (a nivel del músculo) y otros son de naturaleza más central (sistema nervioso central). Está claro que ambos desempeñan un rol en casi todas las formas de fatiga (véase la Figura 1).

- La no liberación de Ca^{2+} por el retículo sarcoplásmico es un factor causante importante en la fatiga muscular. Una liberación de Ca^{2+} insuficiente está vinculada a una reducción de la fuerza.
- La homeostasis iónica en el músculo es otra causa potencial de fatiga muscular. Los cambios marcados en las concentraciones de K^+ y Na^+ y el deterioro de la actividad de la bomba de Na-K también pueden causar fatiga.
- «Numerosos factores metabólicos tienen el potencial de perjudicar las interacciones de puente cruzado. Por ejemplo, el rol de la acidosis ha sido objeto de debate durante muchos años». (McKenna y Hargreaves, 2007, <https://bit.ly/2ziUqBm>)
- Varios estudios sugieren un efecto inhibitorio del aumento de hidrógeno en la contracción muscular (velocidad) y la producción de potencia.
- Las especies reactivas de oxígeno (ROS) también pueden tener un impacto en la función del músculo esquelético. Varios estudios muestran que el aumento de la producción de ROS en los músculos que se contraen produce fatiga.
- También se ha sugerido que el metabolismo cerebral desempeña un rol en la fatiga. La captación de glucosa y lactato aumenta en el cerebro con el ejercicio, mientras que la oxigenación cerebral disminuye. "Como resultado, la oxigenación del cerebro se reduce durante el ejercicio y podría convertirse en un factor vital en la 'fatiga central'". (McKenna y Hargreaves, 2007, <https://bit.ly/2ziUqBm>).
- La fatiga central (fatiga dentro del sistema nervioso central) también puede ocurrir a nivel de la columna vertebral. Los mecanismos supraespinales o espinales podrían contribuir a la fatiga durante las contracciones voluntarias.
- La hipertermia empeora la fatiga. Está claro que la hipertermia puede afectar el desempeño del ejercicio de alta intensidad. Hay varias razones por las que esto puede suceder, pero una de las razones está relacionada con el sistema cardiovascular: hay disminuciones en el gasto cardíaco, el flujo sanguíneo muscular y la captación de oxígeno en el calor elevado. Además, la hipertermia durante el ejercicio prolongado se asocia con una reducción de la activación central (y, por lo tanto, un aumento de la fatiga central). Analizaremos los desafíos del ejercicio en el calor elevado más

detalladamente en el curso Preparación para el día del partido y nutrición personalizada.

- La altitud también afecta la fatiga. La disponibilidad de oxígeno afecta el desarrollo de la fatiga y el desempeño del ejercicio. "Esto ocurre a través de los efectos directos sobre el desempeño muscular y la activación motora del sistema nervioso central y mediante la retroalimentación inhibitoria de los músculos afectados por el suministro reducido de oxígeno". (McKenna y Hargreaves, 2007, <https://bit.ly/2ziUqBm>).
- La función muscular respiratoria también puede afectar la fatiga. Los estudios han demostrado que, en ciertas condiciones de ejercicio, la fatiga se produce en los músculos respiratorios. Esto, a su vez, puede limitar la oxigenación arterial, con consiguientes efectos sobre la función del sistema muscular y nervioso.

En la mayoría de las situaciones, muchas de estas causas de fatiga contribuyen con la fatiga general simultáneamente. En función de las condiciones, a veces un mecanismo será más importante que el otro. Está claro, sin embargo, que la fatiga es multifactorial y, por lo tanto, es poco probable que una solución elimine la fatiga general.

Para ilustrar este punto, veamos los hallazgos de un estudio anterior de Coggan y Coyle(1987), que hicieron que los ciclistas pedalearan hasta el agotamiento en múltiples ocasiones. Cuando los ciclistas se agotaron y ya no pudieron mantener la intensidad del ejercicio, la concentración de glucosa en sangre era baja. Descansaron por un rato y recibieron una bebida placebo antes de la segunda serie de ciclismo a la misma intensidad, pero el ejercicio no duró demasiado antes de que volvieran a agotarse. Cuando los ciclistas recibieron una bebida con carbohidratos, pudieron mantener la glucosa en sangre un poco más alta y realizaron el ejercicio por más tiempo, cuando la glucosa se infundió directamente en la sangre en tasas altas, los ciclistas podían ejercitar aún más. Esto proporcionó pruebas de que mantener la glucosa en sangre alta era importante para el desempeño y que la glucosa en sangre baja era una causa de fatiga. Sin embargo, los ciclistas se fatigaron incluso cuando recibieron glucosa. Se fatigaban más tarde, pero aún se fatigaban. Por lo tanto, había otros mecanismos que también contribuían simultáneamente a la fatiga.

Está fuera del alcance de este libro analizar todos los mecanismos de la fatiga en profundo detalle. Para esta finalidad, se pueden consultar varios artículos de revisión excepcionales (Kirkendal, 1990; Marqués-Jiménez et al., 2017; McKenna & Hargreaves, 2008; Meeusen & Roelands, 2018.)

1.1.3 La fatiga en los deportes de equipo

Está claro que la fatiga es un fenómeno complejo con muchas causas diferentes que contribuyen a la fatiga real experimentada por un jugador.

En general, podemos distinguir dos tipos principales de fatiga durante un partido. Primero, está la fatiga aguda después de una serie intensa de carrera. Con sprints repetidos y recuperación insuficiente, los sprints se vuelven más lentos. Si se concede un tiempo de recuperación suficiente, el desempeño del sprint se recupera y la fatiga es, por consiguiente, de una naturaleza transitoria. Luego, está la fatiga a largo plazo que se desarrolla en el transcurso de un partido. Esta fatiga ocurre en todos los niveles del juego. Hasta los mejores jugadores exhiben cierta fatiga durante un partido.

La siguiente figura (Figura 2) muestra un estudio de Krustup y cols. (2006) en donde se pidió a los jugadores que realizaran cinco sprints de 30 metros (alrededor de 4 segundos) con 30 segundos de recuperación. Hicieron esto durante el primer tiempo, durante el segundo tiempo y al final del partido. Primero, se puede observar que 30 segundos no son suficientes para recuperarse completamente entre sprints y que el desempeño desciende en el transcurso de 5 sprints. Además, está claro que hay un efecto acumulado de sprints repetidos en la habilidad del desempeño: el desempeño desciende en el segundo tiempo e incluso mucho más hacia el final del partido. En concreto, esto significa que al final de un partido un jugador cubre 30 metros a un ritmo aproximadamente 8 % más lento que al inicio del partido. Esto representa aproximadamente 2 metros que un jugador "concede" como resultado de la fatiga cuando se compara con el primer tiempo. "Entonces, si hacia el final del partido un defensor está fatigado, pero el delantero no, entonces este último tiene una ventaja de 2 m y eso es más que suficiente para permitirle alejarse del tackle, hacia un gol y quizás hacia un movimiento que permita ganar el partido".

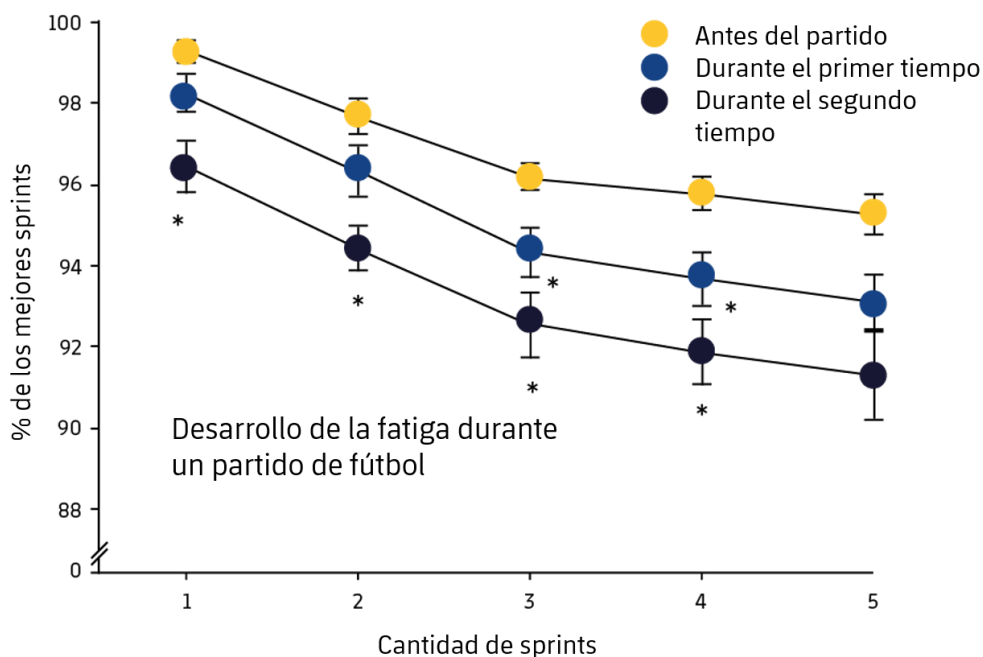
El desempeño de carrera ha sido analizado con frecuencia como un aspecto importante del desempeño en el fútbol. "Es un hallazgo común que el número de sprints, la cantidad total de carreras de alta intensidad y la distancia recorrida sean menores en la segunda mitad que en el primer tiempo de un partido" (Bangsbo, 2014, <https://bit.ly/2QeSH9V>).

Probablemente los primeros en informar esto fueron Reilly y Thomas, (1979) pero muchos otros lo confirmaron más adelante (Bangsbo, 1994; Bangsbo, Norregaard, & Thorso, 1991; Carling & Dupont, 2011; Mohr, Krustup, & Bangsbo, 2003). Los hallazgos se confirmaron en jugadores de fútbol de élite y subélite (Carling & Dupont, 2011; Krustup et al., 2006; Mohr et al., 2003). Según un estudio, la distancia recorrida por los jugadores fue 18 % menor en el segundo tiempo que en el primer tiempo de un partido independientemente de la posición de juego (Bradley, Di Mascio, Peart, Olsen, & Sheldon, 2010). Otro estudio mostró que la distancia recorrida al realizar actividades de alta intensidad puede ser 20 % menor en los últimos 15 minutos que en los primeros 15 minutos del partido, independientemente de la posición de juego (Sparks, Coetzee, & Gabbett, 2017).

Además, la distancia total recorrida en distintas intensidades en el primer tiempo puede influir significativamente en las distancias recorridas en el segundo tiempo y pueden tener un impacto significativo en la recuperación inmediatamente después de los períodos de 5 minutos más intensos del segundo tiempo. (Bradley y cols., 2010 <https://bit.ly/20Xzq8d>)

Otros estudios han demostrado que las actividades explosivas como saltar, hacer sprints y el desempeño en ejercicios intermitentes son significativamente inferiores después de un partido en comparación con el desempeño antes de un partido (Krustrup et al., 2006)

Figura 2: Desempeño en el sprint repetido antes del partido, durante el primer tiempo y después del segundo tiempo



Fuente: adaptado de Krustrup et al., 2006.

Los ejemplos anteriores muestran la fatiga desarrollándose gradualmente 2 veces en 45 minutos.

Los jugadores también pueden experimentar fatiga temporaria durante un partido: la fatiga que se desarrolla en segundos o minutos que desaparece durante los momentos de descanso relativo (caminata, trote). Se ha demostrado en varias ocasiones que los jugadores masculinos de élite se involucran en el ejercicio de alta intensidad reducido, por debajo del promedio del partido, en el período de cinco minutos después del período más intenso del partido. (Di Mascio & Bradley, 2013; Mohr et al., 2003).

“Estas reducciones en el desempeño después de un período de ejercicio intenso podrían provocar la variación natural en la intensidad del partido debido a factores tácticos y psicológicos”. (Bangsbo, 2014, <https://bit.ly/2zUr3Vi>).

Un tercer tipo de fatiga que pueden experimentar los jugadores es la fatiga con la que comienzan el entrenamiento o el partido. Esta es una fatiga más crónica que puede haberse acumulado durante días o semanas de entrenamiento intenso y de jugar partidos con una recuperación insuficiente (este tipo de fatiga habitualmente es una forma de extralimitación).

Podemos distinguir 3 tipos de fatiga durante el entrenamiento o al jugar un partido.

1. La fatiga crónica que puede existir al comienzo del entrenamiento o un partido, como un “remanente” de días o semanas anteriores.
2. La fatiga gradual que se desarrolla en el transcurso de la duración del ejercicio (por ejemplo, 2 veces por partido de 45 min).
3. La fatiga temporaria como resultado de series de menor duración y mayor intensidad que requieren segundos o minutos de recuperación.

1.1.4 Fatiga mental

Los jugadores de fútbol deben mantenerse alerta durante períodos largos en los partidos. Tienen que procesar instrucciones tácticas y seguir estrategias tácticas del entrenador. Además, tienen que tomar decisiones en fracciones de segundos y constantemente ajustarse a los cambios en la oposición y sus compañeros de equipo. Especialmente en los partidos, los jugadores tienen que tomar muchas decisiones rápidas y precisas, y esto a menudo sucede bajo una tremenda presión de los espectadores, el entrenador, otros jugadores y, por supuesto, los medios. Todas las decisiones que toman los jugadores serán juzgadas. Los jugadores también están constantemente recibiendo y procesando información en un entorno altamente dinámico. Además, los jugadores tienen que lidiar con el estrés mental proveniente de las expectativas de los entrenadores, los seguidores, los patrocinadores y los medios. Todos estos factores combinados con el estrés del hogar (la familia, la esposa, la novia y otros factores de la vida diaria) pueden acumular una “carga mental” significativa que puede producir fatiga mental. Esto, a su vez, puede afectar de manera negativa el desempeño (físico).

Hasta hace muy poco, se sabía relativamente poco sobre los efectos de la fatiga mental en el desempeño en el fútbol. Sin embargo, los estudios recientes han demostrado que la fatiga mental puede afectar muchos aspectos del desempeño en el fútbol, incluida la carrera específica del fútbol. “Varios estudios han demostrado que la fatiga mental puede tener un impacto negativo en la función cognitiva y el desempeño calificado en situaciones como cuando se está conduciendo un vehículo” (Smith, Coutts y cols., 2016).

Otros estudios han demostrado que la fatiga mental tiene una influencia limitada en la activación voluntaria máxima y la fortaleza, la potencia explosiva y la capacidad de trabajo anaeróbico, pero el desempeño de resistencia se ve perjudicado. En un estudio, se provocó fatiga mental al dar a los jugadores tareas cognitivas difíciles bajo presión antes de medir el desempeño:

Los jugadores completaron dos pruebas de desempeño en fútbol en orden aleatorio y contrabalanceado. Esta prueba estaba precedida por 30 minutos de una tarea fatigante y desafiante mentalmente o por 30 minutos de lectura de revistas (tratamiento de control). Los jugadores informaron estar más fatigados después de la tarea mentalmente desafiante. De este modo, se provocó la fatiga mental. Esta fatiga mental redujo significativamente la distancia de carrera en una prueba de carrera intermitente (prueba yo-yo). La fatiga mental también perjudicó la velocidad y la precisión de chut. . (Smith, Coutts y cols. 2016, <https://bit.ly/2TBn5df>)

“Otro estudio sugirió que la fatiga mental perjudica la precisión y la velocidad de la toma de decisiones específica del fútbol”. (Smith, Coutts y cols. 2016, <https://bit.ly/2TBn5df>)

Se podría argumentar que los métodos usados no fueron específicos para el fútbol y esto es claramente cierto. Sin embargo, los estudios sí demostraron que la fatiga mental se debería considerar al preparar a los futbolistas para la competición. “De hecho, como se ha informado que tanto la fatiga mental como la física afectan negativamente el desempeño físico y técnico y aumentan los riesgos de lesión, administrar la fatiga ahora es una parte importante del trabajo de los científicos en el fútbol”. (Smith, Coutts y cols. 2016, <https://bit.ly/2TBn5df>)

Hay una necesidad de comprender mejor las mejores maneras de abordar el problema de la fatiga mental. Cuando los jugadores se fatigan físicamente, el programa de entrenamiento se adapta. Sin embargo, ¿qué pasa si los jugadores están mentalmente fatigados? ¿Se debería adaptar el

entrenamiento? ¿Los jugadores bajo niveles altos de fatiga mental deberían prepararse de manera diferente para los partidos? Estas preguntas son importantes, especialmente durante períodos de cronogramas saturados de partidos o cercanos a partidos importantes y campeonatos.

Hay muchos componentes de la fatiga en el fútbol. Algunos estudios han descubierto que, por ejemplo, un futbolista generalmente abandona el campo con casi un agotamiento máximo de glucógeno (esto se analizará más detalladamente en otras secciones). Es decir, tal como un maratonista tiene la responsabilidad de “pasar el muro” o un ciclista tiene que hacer “bonking”; si un futbolista no reemplaza la energía, puede estar “corriendo sin recarga” hacia el final del partido. (Sportsscientists, 2010, <https://bit.ly/2K9is66>).