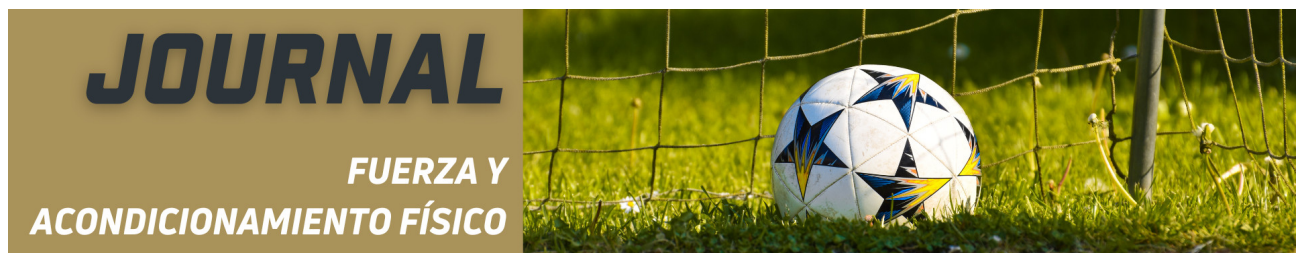


LA DEMANDA FÍSICA Y ENERGÉTICA DEL FÚTBOL: UNA BREVE REVISIÓN



Filippo Dolci, MSc,¹ Nicolas H. Hart, PhD,^{2,3,4} Andrew E. Kilding, PhD,⁵ Paola Chivers, PhD,^{3,4} Ben Piggott, MSc,¹ and Tania Spiteri, PhD²

¹School of Health Science, University of Notre Dame, Fremantle, Australia; ²School of Medical and Health Science, Edith Cowan University, Perth, Australia; ³Institute for Health Research, University of Notre Dame, Fremantle, Australia; ⁴Exercise Medicine Research Institute, Edith Cowan University, Perth, Australia; and ⁵Sports Performance Research Institute New Zealand, AUT University, Auckland, New Zealand

Artículo original: "Physical and Energetic Demand of Soccer: A Brief Review". Strength and Conditioning Journal. 42(3): 70-77, June 2020

RESUMEN

El fútbol es un deporte de equipo complejo e intenso que requiere un alto nivel de habilidad táctica, técnica y física para tener éxito. Durante un partido de competición, se realiza una combinación aleatoria de acciones explosivas y de potencia, junto con gestos técnicos y tácticos, a lo largo de 90 minutos. Esta revisión presenta un análisis detallado y una síntesis actualizada de la literatura que describe las actividades y la contribución del sistema energético durante el fútbol para proporcionar a los entrenadores de fuerza y acondicionamiento una comprensión clara de las necesidades físicas de los jugadores de fútbol durante la competición.

Palabras clave: fisiología; sistemas energéticos, contribución energética; capacidad aeróbica; parámetros de resistencia.

INTRODUCCIÓN

El fútbol es uno de los deportes de equipo más populares en todo el mundo para el público, los asistentes y la participación (8). Los partidos oficiales constan de 2 mitades

de 45 minutos cada una, intercaladas por un descanso de 15 minutos. El fútbol se caracteriza por ser un deporte intermitente, que requiere que los deportistas ejecuten una variedad de movimientos técnicos y tácticos explosivos de manera repetitiva (59). La realización de tal variedad de actividades requiere una demanda fisiológica compleja que implica, en gran medida, los sistemas de energía anaeróbicos y aeróbicos (28). Por lo tanto, el análisis de los requisitos físicos y metabólicos del fútbol es un paso crucial en el proceso de diseño de programas de fuerza y acondicionamiento efectivos y apropiados para los jugadores.

En los últimos años, la llegada de los sistemas de seguimiento de tecnología deportiva ha dado como resultado la producción de una mayor cantidad de datos con el objetivo de capturar y describir la actividad del fútbol y las demandas metabólicas (51,54). Aunque la toma de estos datos proporciona mayor información con respecto a la fisiología del fútbol y el rendimiento durante el juego, es necesario analizarlos cuidadosamente para determinar su validez y fiabilidad, y considerar las implicaciones de los enfoques utilizados en la recogida de datos, para apreciar lo que estos sistemas de seguimiento realmente miden y lo que se pierden. Esta revisión narrativa explora y analiza las demandas físicas y energéticas del fútbol, discutiendo críticamente la literatura disponible. Esto proporcionará a los profesionales de la fuerza y el acondicionamiento una imagen esencial y completa de los requisitos físicos de los jugadores de fútbol, que es crucial para desarrollar programas de entrenamiento específicos y efectivos.

VISIÓN GENERAL DEL PERFIL DE TIEMPO-MOVIMIENTO DE PARTIDOS DE FÚTBOL

Los avances tecnológicos en el deporte han llevado a la aparición y la utilización de dispositivos de monitorización de jugadores, incluidos los sistemas de posicionamiento global (GPS) y análisis de movimiento de video, lo que permite la cuantificación de diversas actividades físicas, tácticas y técnicas de los jugadores de fútbol en contextos de entrenamiento y competición (54). Los datos recopilados de estos sistemas durante el fútbol describen, de manera única, la alternancia no rítmica de varias actividades del partido al asignar principalmente los movimientos de los distintos jugadores en diferentes categorías de velocidad, como ponerse de pie, caminar, trotar y correr a diferentes intensidades (10). La adopción de un enfoque basado en la velocidad ha demostrado anteriormente que los jugadores de campo de fútbol profesional, normalmente corren entre 9 y 14 km durante un partido de 90 minutos (54) cubriendo el 22-24% de la distancia total del partido a velocidades superiores a 15 km / h (umbral de alta intensidad; correspondiente a la velocidad por encima de la velocidad media en el segundo umbral ventilatorio en jugadores de fútbol profesionales), 8-9% a más de 20 km / h (umbral de muy alta intensidad; correspondiente a la velocidad por encima de la velocidad aeróbica máxima media en jugadores de fútbol), y 2-3% a más de 25 km / h (umbral de velocidad; correspondiente a la velocidad cercana a la velocidad máxima en jugadores de fútbol profesionales) (52). Sin embargo, la literatura más reciente ha registrado un aumento del ~2% en la distancia total cubierta y un aumento del ~30% en las carreras de alta intensidad entre las temporadas 2006/2007 y 2012/2013. Esto da una clara indicación de que los partidos de fútbol evolucionan continuamente y se vuelven más exigentes físicamente (19). Estos datos también pueden verse afectados por variables contextuales específicas del partido, como la disposición táctica del equipo. Por ejemplo, un estudio reciente afirmó que los sistemas 4-3-3 realizan carreras de intensidad significativamente más altas que los sistemas 4-4-2 (5), y las formaciones defensivas (es decir, 4-5-1)

pueden realizar hasta un 20% más de sus carreras totales de alta intensidad cuando no están en posesión del balón en comparación con otros sistemas ofensivos (es decir, 4-4-2 y 4-3-3) (13). Además, existen variaciones en el rendimiento de los partidos entre jugadores de diferentes posiciones de juego, con jugadores de banda (laterales e interiores) y centrocampistas que generalmente cubren más distancia total y realizan carreras de mayor intensidad que los atacantes y los centrales (19,26), y los delanteros y los jugadores de banda suelen correr más (26). Por el contrario, se ha demostrado que los porteros cubren una distancia significativamente menor que el resto de posiciones, cubriendo una media de entre 5.6 y 6.0 km por partido, principalmente caminando (~4.0 km, ~70% de la distancia total) y trotando (~1.2 km, ~20% de la distancia total) (61). Estas diferencias en las actividades de carrera pueden tener implicaciones para la especificidad del entrenamiento. Sin embargo, independientemente de la posición, los datos de actividad del partido sugieren con coherencia que los jugadores de élite tienden a realizar la mayor parte del juego de fútbol a velocidades por debajo de la zona de umbral de alta intensidad (a 14-16 km / h en la mayoría de los estudios para futbolistas profesionales, que puede ser menor en futbolistas aficionados o semiprofesionales), y segundo, que por encima de este umbral, los jugadores tienden a cubrir distancias más cortas a medida que aumenta la intensidad de la velocidad (26). Las distancias recorridas en un partido de fútbol a altas intensidades también pueden variar según el nivel de liga y la edad de los jugadores. Se ha afirmado que los jugadores aficionados realizan menos períodos de carreras de alta intensidad que los jugadores profesionales (50), pero esto probablemente se deba a que los jugadores aficionados entrenan menos y tienen capacidades de velocidad más bajas (43). Al comparar diferentes niveles de futbolistas profesionales, que entrenan de manera similar, los que juegan en niveles más bajos realizaron un mayor porcentaje de carreras de alta intensidad (27). De hecho, se ha sugerido que los indicadores técnicos más bajos, como el porcentaje de pases completados con éxito, la frecuencia de pases hacia adelante y totales, los balones recibidos y el promedio de toques por posesión, asociados con partidos de menor nivel, son responsables del aumento de la actividad física a niveles profesionales más bajos (14). Este razonamiento también podría ser responsable de la tendencia a realizar una actividad de mayor intensidad, en relación con la capacidad física de los jugadores, que a menudo se detecta en los jugadores jóvenes en comparación con los adultos (18,47). Sin embargo, por el contrario, el impacto de la edad, por sí solo, no parece influir en los jugadores adolescentes de diferentes edades, ya que se han detectado pocas diferencias en la actividad física del partido en relación con la capacidad física de un jugador entre jugadores de U12 a U16 (37).

ACTIVIDADES DE JUEGO DE ALTA INTENSIDAD E INTERMITENTE MULTIDIRECCIONAL

Los análisis de partidos que utilizan el enfoque de “zona de velocidad” antes mencionado (expresado en absoluto o relativo) pueden proporcionar una descripción general de la actividad del fútbol. Sin embargo, inevitablemente subestima la sucesión de movimientos explosivos, porque no considera adecuadamente las fases de aceleración y desaceleración de esfuerzos de alta intensidad o el número de cambios de dirección que son acciones intensas, pero ocurren a bajas velocidades (22). Sin embargo, durante la primera división de la Liga Alemana 2007/08 (Bundesliga alemana), se observó que el 83% de todos los goles en la segunda mitad de la temporada, involucró al menos una acción potente (como rotación, esprint o cambio de dirección), lo que sugiere que los esfuerzos de alta intensidad, incluso si son cortos en duración o distancia, son

fundamentales en situaciones de gol (33). En la figura se proporciona una descripción general del perfil de actividad del fútbol con especial referencia a las actividades de alta intensidad. Un estudio reciente de jugadores profesionales de campo de la Liga Inglesa afirmó que el número medio de esfuerzos de alta intensidad (velocidad >21 km/h) durante un juego osciló entre 20.3 ± 6.5 (valores más bajos registrados para las posiciones de los defensores centrales) a 38.7 ± 14.4 (valores más altos registrados para las posiciones de jugadores centrocampistas) (2). Di Salvo y cols. también señalan un número similar de esfuerzos de alta intensidad (17.3 ± 8.7 para los defensores centrales y 35.8 ± 13.4 para los centrocampistas) (26) durante los partidos europeos de élite, solo teniendo en cuenta la velocidad (>25.2 km/h).

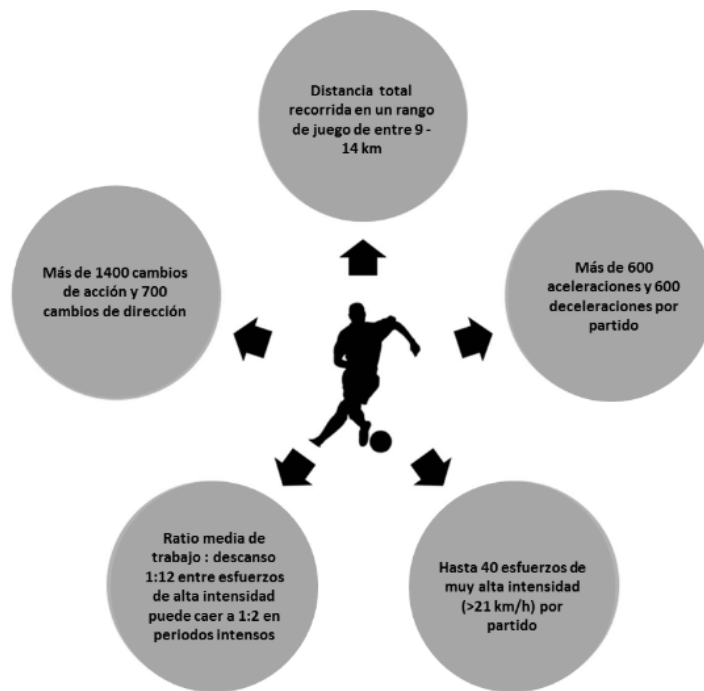


Figura. Resumen de la actividad de un jugador de fútbol profesional durante un partido de 90 minutos, con especial atención al perfil de actividad de alta intensidad (2, 10, 25, 53, 54).

Recientemente, Ade y cols. (2) afirmaron que la duración y la longitud media de los esfuerzos de alta intensidad de >21 km/h en los partidos de fútbol profesional europeo no superaron los 3.1 ± 0.5 segundos en el tiempo y los 20.3 ± 3.5 m en la distancia. Entre los diversos esfuerzos de alta intensidad (>21 km/h), el mayor porcentaje se ha realizado sin implicación del balón (definido como actividades realizadas sin poseer el balón) (2). Por el contrario, se ha encontrado que los centrales son los jugadores que realizan esfuerzos de menor intensidad con la participación del balón (como regatear, pasar, rematar o interceptar un balón) ($23.4 \pm 10.8\%$), mientras que los centrocampistas realizan un mayor número de esfuerzos con participación de balón ($39.1 \pm 18.2\%$) (2). Además, los centrales y los centrocampistas abiertos han sido reportados como las 2 categorías posicionales que muestran las medias más altas y más bajas de períodos de recuperación entre esfuerzos de alta intensidad (>21 km / h): 271.4 ± 93.7 segundos y 154.5 ± 49.5 segundos, respectivamente. (2). Aunque los datos antes mencionados sugieren una relación trabajo: descanso baja entre esfuerzos de alta intensidad, se debe reconocer que la relación trabajo: descanso promedio ha sido reportada como mucho más alta cuando se considera que la velocidad de alta intensidad es apenas superior a 19.8 km / h en lugar de 21 km / h (25). Específicamente, se ha estimado que la relación promedio de trabajo: descanso para esfuerzos de alta intensidad es igual a 1:12 durante

todo el partido, pero puede caer a 1: 2 durante los períodos de juego más intensos (25). Nuevamente, estos datos de velocidad probablemente no incluyan esfuerzos breves de alta intensidad (es decir, aceleración, saltos y cambios de dirección) y, por lo tanto, subestimen el perfil real de actividad de alta intensidad de los jugadores de fútbol (36).

Se ha observado que los esfuerzos de alta intensidad van precedidos y seguidos de cambios de dirección hasta 180° y, por lo general, implican un viraje (2). Esta alta ocurrencia de giros y movimientos multilaterales antes, durante y después de esfuerzos de alta intensidad apoya aún más la definición del fútbol como una actividad multidireccional (10). Específicamente, los futbolistas profesionales en los partidos pasan el $48.7 \pm 9.2\%$ del tiempo realizando movimientos de carrera en línea, el $20.6 \pm 6.8\%$ sin moverse en ninguna dirección y el $30.7 \pm 2.6\%$ del tiempo moviéndose hacia atrás, lateral, diagonal y trayectorias circulares (10). Además, durante la duración de un partido de 90 minutos, los jugadores de fútbol pueden cambiar de dirección más de 700 veces por partido (10) y realizar entre 1200 y 1400 cambios de actividad por partido (57). Entre estos, se ha encontrado que el cambio de dirección en ángulos inferiores a 90° ocurre hasta 6 veces más frecuentemente que el cambio de dirección en ángulos más altos (10).

Aunque el número de esfuerzos multidireccionales de alta intensidad intercalados con períodos de recuperación informados por enfoques de zona de juego ya resalta la naturaleza intermitente del fútbol, ??esto se puede enfatizar aún más observando datos específicos de aceleración y desaceleración producidos por dispositivos acelerómetros. Específicamente, en un estudio reciente, el número medio de aceleraciones (un aumento de la velocidad durante al menos 0.5 segundos que supera una aceleración máxima de al menos 0.5 m/s^2) y desaceleraciones (una disminución de la velocidad durante al menos 0.5 segundos que excede una desaceleración máxima de al menos 0.5 m/s^2) observada en jugadores de fútbol europeos profesionales de varias posiciones por partido se ha cuantificado en 656 ± 57 y 612 ± 59 , respectivamente, cuando se agrupan en posiciones (53). Además, se afirma que los jugadores profesionales cubren en promedio el 18% de la distancia total del partido mientras aceleran o desaceleran a una velocidad superior a 1 m/s^2 (3).

Como resultado de varios movimientos intermitentes y multilaterales que ocurren en el fútbol, ??los jugadores deben poder realizar repetidamente actividades de alta y baja intensidad en diferentes direcciones. Por lo tanto, la capacidad de moverse de manera eficiente e intermitente en situaciones diferentes e impredecibles, así como la capacidad de producir esfuerzos explosivos (como la aceleración y el cambio de dirección) parece crucial para facilitar y optimizar la ejecución de patrones de movimiento específicos del fútbol y, posteriormente, desempeño físico. El entrenamiento de resistencia y fuerza tiene el potencial de desarrollar estos aspectos (9,38–40,55) y es necesario considerarlo adecuadamente durante el entrenamiento de fútbol.

FLUCTUACIÓN DEL RENDIMIENTO DE LA CARRERA EN EL PARTIDO

Aunque los datos informados en las secciones anteriores representan el rendimiento medio durante un partido de 90 minutos, a menudo se han observado fluctuaciones en el rendimiento físico durante los juegos independientemente del nivel o la edad (34,47,50,53,54). Específicamente, en varios estudios, se ha observado una disminución significativa pero transitoria en la carrera de alta intensidad, en comparación con la intensidad media del partido, después de los períodos más intensos de 5 minutos de un juego (16,25,34). Además, las distancias recorridas significativamente más cortas y las

carreras, los sprints y las aceleraciones de menor intensidad se completan hacia el final de la primera mitad y de manera más marcada hacia el final de la segunda mitad (16,34,48,52,53). Los investigadores han sugerido que cuanto mayor es la intensidad durante los primeros minutos de un partido, mayor es la disminución en el rendimiento físico observado más tarde durante el partido (15,52). Por lo tanto, aunque los componentes técnicos y las estrategias de ritmo pueden desempeñar un papel en la variación del rendimiento intra-partido (16,20), la disminución observada en la producción de movimiento durante el transcurso de un partido se ha atribuido predominantemente a la fatiga aguda inducida por altas demandas fisiológicas del partido. Por lo tanto, la capacidad de recuperarse más rápido entre períodos de alta intensidad, o la capacidad de ahorrar energía moviéndose de manera más eficiente durante la duración del partido (que son habilidades relacionadas con la aptitud aeróbica), podrían ser factores relevantes que ayuden a preservar el rendimiento en la carrera de fútbol entre períodos de partido cruciales y durante todo el juego de 90 minutos. Por lo tanto, vale la pena considerar las estrategias para mejorar estas cualidades físicas durante el entrenamiento de fútbol y justificar una investigación.

Aunque la disminución del rendimiento en la carrera a pie se observa constantemente dentro de los partidos, no se ha informado comúnmente de una variación específica del equipo en el perfil de actividad de la carrera entre partidos (es decir, un partido congestionado) (21,24,29,46). Un estudio reciente sugirió que se debe realizar un análisis de jugador individual en lugar de un análisis de equipo para evaluar la fluctuación del rendimiento físico entre partidos porque múltiples factores como la calidad del oponente del jugador, el nivel de condición física y las tareas tácticas pueden inducir tendencias específicas de fatiga en cada jugador (60).

CONTRIBUCIÓN ENERGÉTICA EN EL FUTBOL

Los sistemas de energía aeróbica y anaeróbica juntos representan el mecanismo del cuerpo humano para producir energía disponible para los músculos (35,44). Estos dos sistemas involucran procesos múltiples e interrelacionados para proporcionar energía (35). Más específicamente, el sistema aeróbico produce energía al descomponer los carbohidratos y las grasas en presencia de oxígeno (35,44). Esta vía de energía es capaz de producir mayores cantidades de trifosfato de adenosina (ATP), la sustancia química que sirve como moneda de energía en las células, pero a una tasa baja, y por lo tanto actúa como el principal contribuyente de energía durante las actividades de larga duración (35). El sistema anaeróbico produce energía mediante múltiples procesos, como la división del ATP y la fosfocreatina (PCr) almacenados y la descomposición del carbohidrato en lactato en ausencia de oxígeno (35,44). Proporciona menos ATP que el sistema aeróbico, pero a una tasa más alta y, por lo tanto, se carga principalmente durante series cortas de ejercicios máximos o esfuerzos repetidos de alta intensidad (35). La naturaleza intermitente de un partido de fútbol, ??que implica periodos de trabajo y recuperación a varias intensidades (máxima y submáxima) durante 90 minutos, por lo tanto, requiere una interacción compleja de los sistemas de energía tanto aeróbico como anaeróbico (58). En los últimos años, se ha vuelto popular estimar el gasto de energía en el fútbol calculando la potencia metabólica a partir del GPS (22,23,41,51). Aunque esta medida es novedosa y tiene algunas ventajas, debe tenerse en cuenta que tal enfoque podría conducir a una subestimación del costo energético real de un partido y debido a la incapacidad de contabilizar con precisión el gasto de energía durante los períodos de recuperación (donde los jugadores se paran o caminan después de esfuerzos de alta

intensidad) o cuando realizan actividades específicas del fútbol como saltar, moverse lateralmente, hacia atrás o con el balón (17). Por esta razón, la cuantificación de las demandas del fútbol en esta revisión se basará solo en datos fisiológicos extrapolados directamente de jugadores de fútbol.

CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA ANAERÓBICA EN EL FUTBOL

La contribución de energía anaeróbica es crucial durante las actividades de alta intensidad, que ocurren de forma intermitente durante un partido (54). Cuando se asocian los valores de frecuencia cardíaca (FC) de partidos con umbrales anaeróbicos determinados individualmente (considerado como la intensidad cuando el lactato comienza a acumularse por encima de 4 mmol/L; o cuando la producción ocurre a un ritmo mayor que el aclaramiento (32)), se informó que los jugadores pueden pasar el 50% de la duración total del partido por encima de este umbral (31). Debido a que la producción de lactato es representativa de la energía producida a través de la glucólisis (definida como la extracción de energía del sustrato de carbohidratos [CHO] en ausencia de oxígeno) (35), está claro que los sistemas de energía anaeróbicos también suministran energía considerable a los jugadores en el transcurso de un partido de fútbol.

Los niveles de lactato en sangre (BLA) a menudo se han propuesto como una estimación directa de la producción de lactato y, a su vez, la contribución anaeróbica (35). Más específicamente, las medidas directas de lactato en jugadores de fútbol han producido valores de 2 a 10 mmol/L en jugadores de diferentes edades y niveles de juego (7), y los jugadores de primera clase muestran una mayor producción de energía anaeróbica en todos los niveles y categorías de edad. Aunque estos valores indican una alta producción de lactato en sangre durante los períodos de un partido, estos datos también pueden subestimar la contribución anaeróbica, ya que las muestras de sangre utilizadas para el análisis representan principalmente solo los 5 minutos antes de la toma de muestras de sangre (58). Además, es probable que el aclaramiento de lactato en sangre sea mayor durante las actividades intermitentes, como lo respalda una escasa correlación entre el lactato muscular y el lactato en sangre durante los partidos de fútbol (45), y la disminución posterior al partido en la concentración de glucógeno muscular (42,56), con un número significativo de fibras parcial o totalmente agotadas, como ocurre en los jugadores daneses al final de un juego (45).

La producción de energía anaeróbica también puede ocurrir sin producción de lactato, cuando la energía se produce mediante la descomposición de los fosfatos ya almacenados en el músculo (PCr) en lugar de producirlos solo a partir de carbohidratos (CHO) (35). Por lo tanto, otro indicador directo de la contribución de energía anaeróbica a considerar durante una actividad intensiva breve es la concentración de PCr, ya que una concentración más baja (es decir, la deplección) refleja una mayor utilización anaeróbica de este sustrato (35). Sin embargo, la PCr es compleja de medir y requiere biopsias que son invasivas y poco prácticas en el fútbol (y, de hecho, en la mayoría de los entornos aplicados) (8). En consecuencia, solo un estudio ha proporcionado mediciones directas de PCr después de períodos intensos de un juego, lo que indica que la PCr se redujo al 75% de la concentración en reposo previa al juego (45). Sin embargo, dada la tasa de resíntesis de PCr (0.5 mmol/kg DW/s, donde DW = peso en seco) (11), y el tiempo transcurrido entre el ejercicio y la biopsia (15-30 segundos), las concentraciones de PCr registradas habrían sido aproximadamente 60% de los niveles de reposo durante los partidos de fútbol. Además, si se hubieran realizado sesiones de actividad más intensos

con una recuperación corta en el medio, las concentraciones de PCr podrían haber caído por debajo del 30% de los niveles de reposo (7). A pesar de que el sistema anaeróbico proporciona una contribución menor al suministro de energía durante la duración de un partido de 90 minutos, en comparación con el sistema de energía aeróbica, el sistema de energía anaeróbica todavía parece estar muy sujeto durante períodos específicos de un juego. Esto es evidente dentro de las demandas de movimiento y el perfil del fútbol, ??que implica períodos de actividades de alta intensidad (que dependen principalmente de la vía de la energía glucolítica) y breves movimientos explosivos (que dependen principalmente de la vía de la energía PCr) (35,58). Por lo tanto, el papel de los sistemas de energía anaeróbica en el fútbol no debe subestimarse y debe seguir siendo el objetivo de la prescripción de entrenamiento por parte de los entrenadores de fuerza y ??acondicionamiento.

CUANTIFICACIÓN DE LA DEMANDA AERÓBICA EN EL FUTBOL

Debido a que el sistema aeróbico requiere oxígeno para producir energía, los valores de consumo de oxígeno (VO_2) permiten la cuantificación de la demanda aeróbica. Las mediciones directas del VO_2 solo pueden obtenerse respirando a través de sistemas analizadores de gas (en el laboratorio o portátiles), lo que desafortunadamente no es práctico durante el partido (58). De hecho, en investigaciones anteriores, los jugadores que llevaban el pesado e incómodo sistema analizador de gases jugaron a una intensidad más baja que los que no tenían el dispositivo de evaluación (58). Por esta razón, los valores directos de VO_2 obtenidos de dicho estudio (61 y 49% de consumo máximo de oxígeno [$\text{VO}_{2\text{max}}$] durante la primera y segunda mitad, respectivamente) se han considerado una subestimación (58). Aunque la tecnología ha avanzado en los últimos años para incluir unidades portátiles de análisis de gases más ligeras y pequeñas, la monitorización rutinaria del VO_2 durante los partidos aún no es algo común y sigue siendo un método poco práctico y no factible para obtener valores precisos de la contribución del sistema aeróbico directamente durante el fútbol. Como alternativa práctica, los investigadores y profesionales han adoptado medidas sustitutivas de la intensidad del ejercicio, como la temperatura central y las mediciones de frecuencia cardíaca, que proporcionan estimaciones indirectas del consumo de oxígeno durante los partidos (8). Sin embargo, el uso de estas medidas en una capacidad predictiva asume que existe una relación lineal estable entre el consumo de oxígeno y estos parámetros. En particular, las temperaturas centrales de 39°C – 40°C en jugadores de fútbol correspondían al 70–75% del $\text{VO}_{2\text{max}}$ (30,49). De manera similar, el 80-90% de la FC máxima ($\text{FC}_{\text{máx}}$) registrada, tanto durante los partidos competitivos como recreativos, independientemente del nivel y la edad de los jugadores, se ha convertido en un promedio del 70-80% del $\text{VO}_{2\text{máx}}$ (4,8). Debe reconocerse que otros factores fisiológicos pueden llevar tanto a una sobreestimación (deshidratación, hipertemia y estrés mental) (8) como a una subestimación (p. Ej., retraso de FC) (1,12) del consumo de oxígeno durante parte del partido cuando utilizando estos enfoques indirectos. Sin embargo, independientemente de la variabilidad estimada usando enfoques indirectos, el consenso es que el metabolismo aeróbico proporciona claramente el mayor suministro de energía durante un juego, ya que el consumo de oxígeno estimado representa aproximadamente el 90% de la energía total requerida de la actividad del partido (6,8).

CONCLUSION

Los partidos de fútbol requieren que los jugadores realicen movimientos explosivos

múltiples e impredecibles, que incluyen aceleraciones, desaceleraciones, saltos y cambios de dirección. La ejecución de estos movimientos puede diferir entre jugadores de diferentes posiciones, con los centrocampistas centrales y los jugadores de banda generalmente se observa que realizan una actividad mayor y más extenuante (mayor distancia total cubierta y carreras de alta velocidad; recuperación más corta entre esfuerzos). No obstante, la disminución del rendimiento en carrera durante un partido se observa constantemente independientemente de la posición. Esto se puede atribuir a la alta demanda fisiológica y, a su vez, al gran aporte energético que requieren los sistemas energéticos tanto anaeróbicos como aeróbicos durante las actividades de fútbol, ??siendo estos últimos los que aportan la mayor cantidad de energía total requerida durante un partido.

APLICACIONES PRÁCTICAS

Los datos analizados en la revisión actual resaltan claramente la importancia de desarrollar habilidades físicas específicas exclusivas de la posición del jugador para competir de manera eficiente en el escenario complejo de un juego de fútbol y para contrarrestar la disminución del rendimiento en carrera, que ocurre durante un partido. Específicamente, los jugadores de banda y los centrocampistas podrían beneficiarse mejor del entrenamiento de resistencia intenso, para acelerar la recuperación entre esfuerzos de alta intensidad y poder cubrir mayores distancias durante un partido. Los delanteros y defensores, aunque todavía requieren un buen nivel de resistencia, pueden aprovechar más el desarrollo de la potencia específica del fútbol. En este sentido, los entrenadores de fuerza y ??acondicionamiento deben equilibrar específicamente el desarrollo de habilidades físicas específicas, de acuerdo con las posiciones de los jugadores: (a) el entrenamiento para el rendimiento máximo de aceleración, desaceleración, cambio de dirección y cualquier esfuerzo máximo específico del contexto en distancias cortas (<20 m) y (b) el entrenamiento para maximizar la capacidad de repetir tales acciones de manera intermitente y continua dando una importancia específica al sistema energético principal que contribuye a ello, que es el sistema energético aeróbico.

REFERENCIAS

Achten J and Jeukendrup AE. Heart rate monitoring. *Sports Med* 33: 517–538, 2003.

Ade J, Fitzpatrick J, and Bradley PS. High-intensity efforts in elite soccer matches and associated movement patterns, technical skills and tactical actions. Information for position-specific training drills. *J Sports Sci* 34: 2205– 2214, 2016.

Akenhead R, Hayes PR, Thompson KG, and French D. Diminutions of acceleration and deceleration output during professional football match play. *J Sci Med Sport* 16: 556– 61, 2013.

Alexandre D, da Silva CD, Hill-Haas S, et al. Heart rate monitoring in soccer: Interest and limits during competitive match play and training, practical application. *J Strength Cond Res* 26: 2890–2906, 2012.

Aquino R, Vieira LHP, Carling C, et al. Effects of competitive standard, team formation and playing position on match running performance of Brazilian professional soccer players. *Int J Perform Anal Sport* 17: 695–705, 2017.

Bangsbo J. Physiological demands of football. *Sports Sci Exchange* 27: 1–6, 2014.

Bangsbo J, Iaia FM, and Krstrup P. Metabolic response and fatigue in soccer. *Int J Sports Physiol Perform* 2: 111–127, 2007.

Bangsbo J, Mohr M, and Krstrup P. Physical and metabolic demands of training and match-play in the elite football player. *J Sports Sci* 24: 665–674, 2006.

Barnes KR and Kilding AE. Strategies to improve running economy. *Sports Med* 45:37–56, 2015.

Bloomfield J, Polman R, and O'Donoghue P. Physical demands of different positions in FA Premier League soccer. *J Sports Sci Med* 6: 63, 2007.

Bogdanis G, Nevill M, Lakomy H, and Boobis L. Power output and muscle metabolism during and following recovery from 10 and 20 s of maximal sprint exercise in humans. *Acta Physiol Scand* 163: 261–272, 1998.

Borresen J and Lambert MI. Autonomic control of heart rate during and after exercise. *Sports Med* 38: 633–646, 2008.

Bradley PS, Carling C, Archer D, Roberts J, et al. The effect of playing formation on high-intensity running and technical profiles in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci* 29: 821–830, 2011.

Bradley PS, Carling C, Diaz AG, et al. Match performance and physical capacity of players in the top three competitive standards of English professional soccer. *Hum Mov Sci* 32: 808–821, 2013.

Bradley PS, Dellal A, Mohr M, Castellano J, and Wilkie A. Gender differences in match performance characteristics of soccer players competing in the UEFA Champions League. *Hum Mov Sci* 33: 159–171, 2014.

Bradley PS, Sheldon W, Wooster B, et al. High-intensity running in English FA Premier League soccer matches. *J Sports Sci* 27: 159–168, 2009.

Buchheit M, Manouvrier C, Cassirame J, and Morin JB. Monitoring locomotor load in soccer: Is metabolic power, powerful. *Int J Sports Med* 36: 1149–1155, 2015.

Buchheit M, Mendez-Villanueva A, Simpson B, and Bourdon P. Repeated sprint sequences during youth soccer matches. *Int J Sports Med* 31: 709–716, 2010.

Bush M, Barnes C, Archer DT, Hogg B, and Bradley PS. Evolution of match performance parameters for various playing positions in the English Premier League. *Hum Mov Sci* 39: 1–11, 2015.

Carling C and Dupont G. Are declines in physical performance associated with a reduction in skill-related performance during professional soccer match-play? *J Sports Sci* 29: 63–71, 2011.

Carling C, Le Gall F, and Dupont G. Are physical performance and injury risk in a professional soccer team in match-play affected over a prolonged period of fixture

congestion? *Int J Sports Med* 33: 36–42, 2012.

Castagna C, Varley M, Po'voas SC, and D'Ottavio S. Evaluation of the match external load in soccer: Methods comparison. *Int J Sports Physiol Perform* 12: 490–495, 2017.

Dalen T, Jørgen I, Gertjan E, Havard HG, and Ulrik W. Player load, acceleration, and deceleration during forty-five competitive matches of elite soccer. *J Strength Cond Res* 30: 351–359, 2016.

Dellal A, Lago-Peñas C, Rey E, Chamari K, and Orhant E. The effects of a congested fixture period on physical performance, technical activity and injury rate during matches in a professional soccer team. *Br J Sports Med* 49: 390–394, 2015.

Di Mascio M and Bradley PS. Evaluation of the most intense high-intensity running period in English FA premier league soccer matches. *J Strength Cond Res* 27: 909–915, 2013.

Di Salvo V, Baron R, Tschan H, et al. Performance characteristics according to playing position in elite soccer. *Int J Sports Med* 28: 222–227, 2007.

Di Salvo V, Pigozzi F, González-Haro C, Laughlin M, and De Witt J. Match performance comparison in top English soccer leagues. *Int J Sports Med* 34: 526–532, 2013.

Dolci F, Hart N, Kilding A, Chivers P, et al. Movement economy in soccer: Current data and limitations. *Sports* 6: 124, 2018.

Dupont G, Nedelec M, McCall A, et al. Effect of 2 soccer matches in a week on physical performance and injury rate. *Am J Sports Med* 38: 1752–1758, 2010.

Eklom B. Applied physiology of soccer. *Sports Med* 3: 50–60, 1986.

Eniseler N. Heart rate and blood lactate concentrations as predictors of physiological load on elite soccer players during various soccer training activities. *J Strength Cond Res* 19: 799, 2005.

Faude O, Kindermann W, and Meyer T. Lactate threshold concepts. *Sports Med* 39: 469–490, 2009.

Faude O, Koch T, and Meyer T. Straight sprinting is the most frequent action in goal situations in professional football. *J Sports Sci* 30: 625–631, 2012.

Fransson D, Krstrup P, and Mohr M. Running intensity fluctuations indicate temporary performance decrement in topclass football. *Sci Med Football* 1: 10–17, 2017.

Gastin PB. Energy system interaction and relative contribution during maximal exercise. *Sports Med* 31: 725–741, 2001.

Gaudino P, Iaia F, Alberti G, et al. Monitoring training in elite soccer players: Systematic bias between running speed and metabolic power data. *Int J Sports Med* 34: 963–968, 2013.

Harley JA, Barnes CA, Portas M, et al. Motion analysis of match-play in elite U12 to U16 age-group soccer players. *J Sports Sci* 28: 1391–1397, 2010.

- Helgerud J, Engen LC, Wisløff U, and Hoff J. Aerobic endurance training improves soccer performance. *Med Sci Sports Exerc* 33: 1925–1931, 2001.
- Helgerud J, Kemi O, and Hoff J. Preseason concurrent strength and endurance development in elite soccer players. In: *Football (Soccer): New Developments in Physical Training Research*. Hoff J and Helgerud J, eds. Trondheim, Trondheim, Norway: NTNU, 2003. pp. 55–66.
- Helgerud J, Rodas G, Kemi O, and Hoff J. Strength and endurance in elite football players. *Int J Sports Med* 32: 677–682, 2011.
- Hoppe MW, Baumgart C, Slomka M, Polglaze T, and Freiwald J. Variability of metabolic power data in elite soccer players during pre-season matches. *J Hum Kinet* 58: 233–245, 2017.
- Jacobs I, Westlin N, Karlsson J, Rasmusson M, and Houghton B. Muscle glycogen and diet in elite soccer players. *Eur J Appl Physiol* 48: 297–302, 1982.
- Kaplan T, Erkmen N, and Taskin H. The evaluation of the running speed and agility performance in professional and amateur soccer players. *J Strength Cond Res* 23: 774–778, 2009.
- Kenney WL, Wilmore J, and Costill D. *Physiology of Sport and Exercise* (6th ed). Champaign, IL: Human Kinetics, 2015.
- Krustrup P, Mohr M, Steensberg A, et al. Muscle and blood metabolites during a soccer game: Implications for sprint performance. *Med Sci Sports Exerc* 38: 1165–174, 2006.
- Lago-Peñas C, Rey E, Lago-Ballesteros J, Casá is L, and Domínguez E. The influence of a congested calendar on physical performance in elite soccer. *J Strength Cond Res* 25: 2111–2117, 2011.
- Mendez-Villanueva A, Buchheit M, Simpson B, and Bourdon P. Match play intensity distribution in youth soccer. *Int J Sports Medi* 34: 101–110, 2013.
- Mohr M, Krustrup P, and Bangsbo J. Match performance of high-standard soccer players with special reference to development of fatigue. *J Sports Sci* 21:519–528, 2003.
- Mohr M, Krustrup P, Nybo L, Nielsen JJ, and Bangsbo J. Muscle temperature and sprint performance during soccer matches—beneficial effect of re-warm-up at half-time. *Scand J Med Sci Sports* 14: 156–162, 2004.
- O'Donoghue P, Boyd M, Lawlor J, and Bleakley E. Time-motion analysis of elite, semiprofessional and amateur soccer competition. *J Hum Mov Stud* 41: 1–12, 2001.
- Osgnach C, Poser S, Bernardini R, Rinaldo R, and Di Prampero PE. Energy cost and metabolic power in elite soccer: A new match analysis approach. *Med Sci Sports Exerc* 42: 170–178, 2010.
- Rampinini E, Coutts AJ, Castagna C, Sassi R, and Impellizzeri F. Variation in top level soccer match performance. *Int J Sports Med* 28: 1018–1024, 2007.

Russell M, Sparkes W, Northeast J, et al. Changes in acceleration and deceleration capacity throughout professional soccer match-play. *J Strength Cond Res* 30: 2839–2844, 2016.

Sarmento H, Marcelino R, Anguera MT, Campaniço J, Matos N, and Leitão JC. Match analysis in football: A systematic review. *J Sports Sci* 32: 1831–1843, 2014.

Silva JR, Nassis GP, and Rebelo A. Strength training in soccer with a specific focus on highly trained players. *Sports Med Open* 1: 17, 2015.

Smaros G. Energy usage during football match. In: Vecchiet, V. (eds) *Proceeding 1st International Congress on Sports Medicine Applied to Football*, Vol. II. Rome, Italy, 1980.

Sporis G, Jukic I, Milanovic L, and Vucetic V. Reliability and factorial validity of agility tests for soccer players. *J Strength Cond Res* 24: 679–686, 2010.

Stølen T, Chamari K, Castagna C, and Wisløff U. Physiology of soccer. *Sports Med* 35: 501–536, 2005.

Turner AN and Stewart PF. Strength and conditioning for soccer players. *Strength Cond J* 36: 1–13, 2014.

Varley MC, Di Salvo V, Modonutti M, Gregson W, and Mendez-Villanueva A. The influence of successive matches on match-running performance during an under-23 international soccer tournament: The necessity of individual analysis. *J Sports Sci* 36: 585–591, 2018.

West J. A review of the key demands for a football goalkeeper. *Int J Sports Sci Coach* 13: 1215–1222, 2018.

Link to Original article: <https://www.congresodefuerza.com/journal-nsca-spain/la-demanda-fisica-y-energetica-del-futbol-una-breve-revision?elem=303040>