

Hidratos de carbono, VO2 máx y recuperación: claves metabólicas del rendimiento deportivo

En el ámbito deportivo, la ciencia ha permitido desarrollar diversas pruebas de esfuerzo para medir con precisión los límites metabólicos y ventilatorios de un atleta. Estos límites se manifiestan mediante cambios no lineales en variables fisiológicas clave, tales como el consumo de oxígeno, el ritmo de la respiración, frecuencia cardíaca y las fluctuaciones de los niveles de lactato en la sangre (Sendra- Pérez et al., 2023). Estos puntos de transición son fundamentales, ya que permiten a los especialistas clasificar la intensidad del entrenamiento y dividirlo en zonas diferenciadas para optimizar el trabajo físico.

La identificación de estos umbrales se realiza mediante el análisis del intercambio gaseoso o la concentración de lactato en sangre durante pruebas de esfuerzo progresivas, componente metabólico fundamental que integra el metabolismo aeróbico y anaeróbico, desempeñando un papel crucial en la producción de energía (Sendra- Pérez et al., 2023). Por ello, la medición del umbral anaeróbico es importante para evaluar la capacidad aeróbica y seleccionar rangos de intensidad personalizados (Rębiś et al., 2024).

Estas evaluaciones en abordaje nutricional permiten identificar el sustrato energético utilizado para la toma de decisiones estratégicas con respecto a la periodización de hidratos de carbono, ajuste calórico y la suplementación, asegurando un plan de alimentación adecuado a las demandas metabólicas de cada atleta (Sendra- Pérez et al., 2023).

La respuesta fisiológica: VO2 máx y Umbral Anaeróbico

El umbral anaeróbico (UMAN) es la intensidad de ejercicio donde el ácido láctico en sangre aumenta progresivamente. La respiración se agita y el consumo de oxígeno es insuficiente para la demanda del organismo, activando vías anaeróbicas para la producción de energía. Como señala Pentón López (2018), la alta concentración de ácido láctico causa fatiga muscular, convirtiendo al UMAN en un indicador esencial del progreso en el rendimiento físico. Durante esfuerzos que superan este umbral, la energía de los hidratos de carbono proporciona potencia rápida mediante vías anaeróbicas; sin embargo, se produce acidificación muscular relacionada con la fatiga (Bernal & Signey, 2021). Ante esto, Corujo Acebedo (2021) recalca que una nutrición adecuada es fundamental para la disponibilidad de energía y nutrientes.

El UMAN está vinculado con el consumo máximo de oxígeno, conocido como VO2 máx, medida cuantitativa de la condición cardiorrespiratoria, es decir, la cifra máxima de oxígeno que el cuerpo puede procesar a nivel celular. Mientras que el UMAN indica cuando predomina el metabolismo anaeróbico durante el ejercicio, el VO2 max refleja la capacidad máxima del organismo para captar, transportar y utilizar oxígeno en la producción de energía. Su medición registra el flujo de aire espirado y las concentraciones de CO₂ y O₂. (Srivastava, 2024).

La composición corporal influye en la resistencia y la velocidad, mientras que el peso se relaciona con la fuerza y la agilidad. Desde el punto de vista nutricional, mantener un peso adecuado y un consumo óptimo de hidratos de carbono, es fundamental para optimizar el metabolismo energético y retrasar la fatiga.

El impacto de los hidratos de carbono en la marca deportiva

La mayor parte del metabolismo energético durante el ejercicio depende de la disponibilidad de sustratos capaces de sostener la intensidad del esfuerzo. Por esto, los hidratos de carbono (HCO) son la principal fuente de energía durante actividades de moderada a alta intensidad, especialmente cerca del umbral anaeróbico. Cuando aumenta la intensidad del ejercicio y la demanda energética es mayor a la capacidad del metabolismo aeróbico, el cuerpo utiliza más glucosa y glucógeno muscular para mantener la producción de energía y retrasar la fatiga.

Una adecuada disponibilidad de HCO permite soportar ejercicios de una intensidad más alta y mejorar el rendimiento deportivo. Durante actividad física de más de dos horas, consumir HCO mantiene estables los niveles de glucosa en la sangre y altas las tasas de oxidación energética, lo que aumenta la resistencia. Asimismo, en ejercicios de corta duración, ingerir una pequeña cantidad de HCO o usar un enjuague bucal que los contenga puede generar beneficios en el rendimiento (Jeukendrup, 2014).

De esta manera, las dietas ricas en HCO permiten al metabolismo aguantar intensidades más altas antes de alcanzar la fatiga, debido a las concentraciones más altas de lactato en el punto de agotamiento en comparación a las dietas bajas en HCO (King, 2022).

De la energía inmediata a la recuperación del cuerpo

Los objetivos del deportista no solo se basan en los entrenamientos si no en la capacidad del metabolismo de mantener la intensidad de los entrenamientos que como ya se mencionó dependen de la disponibilidad de glucosa relacionada a la eficiencia con la que el cuerpo se recupera en las horas posteriores. La intervención nutricional es el motor que ayuda a alcanzar los objetivos, la recuperación es el sistema de mantenimiento. Por ello las estrategias nutricionales son vitales en la recuperación, reposición de reservas energéticas y para mecanismos de reparación tras un ejercicio exhaustivo (Naderi, 2025). Para optimizar este proceso, se utiliza la regla mnemotécnica de las 4R: rehidratar, reabastecer, reparar y descansar. Este enfoque divide la intervención en escenarios temporales que maximizan las adaptaciones al entrenamiento (Bonilla et al., 2020).

Rehidratar se centra en reponer el déficit de líquidos y electrolitos; para una recuperación rápida en menos de cuatro horas, se recomienda consumir el 150% del peso perdido con una concentración específica de sodio (Bonilla et al., 2020). *Reabastecer* busca maximizar la reposición de glucógeno

muscular y hepático mediante la ingesta estratégica de HCO. *Reparar* prioriza el aporte de proteínas para reconstruir los tejidos; una deficiencia en este nutriente llevaría a un balance negativo de nitrógeno, provocando desgaste muscular y mayor riesgo de lesiones (Bonilla, 2020). De igual manera el descanso forma parte de estas estrategias ya que es una función fisiológica vital, siendo el sueño uno de los factores determinantes para consolidar la recuperación posterior al esfuerzo (Bonilla, 2020).

Conclusión

Para finalizar, el artículo concluye que la optimización del rendimiento del deporte llega a ser una integración de una intervención nutricional personalizada junto a un seguimiento fisiológico, para un buen rendimiento físico y la recuperación del deportista, se convierten en elementos que permiten a los atletas superar sus límites biológicos y mejorar en sus competiciones de forma sostenible.

Referencias

- Bernal, J. P., & Signey, R. P. H. (2021). *Consumo máximo de oxígeno en deportistas de alto rendimiento según su estado nutricional*. Repositorio Institucional UTS. <http://repositorio.uts.edu.co:8080/xmlui/handle/123456789/5120>
- Bonilla, D. A., Pérez-Idárraga, A., Odriozola-Martínez, A., & Kreider, R. B. (2021). El marco de las 4R de estrategias nutricionales para la recuperación post-ejercicio: Una revisión con énfasis en la nueva generación de carbohidratos. *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 18(1), 103. <https://doi.org/10.3390/ijerph18010103>
- Corujo Acebedo, R. (2021). *Efecto de las estrategias nutricionales agudas sobre el rendimiento aeróbico en deportistas entrenados: Una revisión sistemática* [Trabajo académico, Universidad Isabel I]. ResearchGate. https://www.researchgate.net/profile/Roberto-Corujo-2/publication/353384075_Efecto_de_las_estrategias_nutricionales_agudas_sobre_el_rendimiento_aerobico_en_deportistas_entrenados_revisión_sistemática/
- Jeukendrup, A. E. (2014). A step towards personalized sports nutrition: Carbohydrate intake during exercise. *Sports Medicine*, 44(Suppl. 1), S25-S33. <https://doi.org/10.1007/s40279-014-0148-z>
- King, A., Helms, E., Zinn, C., & Jukic, I. (2022). The ergogenic effects of acute carbohydrate feeding on resistance exercise performance: A systematic review and meta-analysis. *Sports Medicine*, 52(11), 2691-2712. <https://doi.org/10.1007/s40279-022-01716-w>
- Naderi, A., Rothschild, J. A., Santos, H. O., Hamidvand, A., Koozehchian, M. S., Ghazzagh, A., Berjisian, E., & Podlogar, T. (2025). Estrategias nutricionales para mejorar la recuperación y el rendimiento deportivo: Una revisión narrativa. *Sports Medicine*, 55(7), 1559-1577. <https://doi.org/10.1007/s40279-025-02213-6>
- Pentón López, J. L., Padillas Frías, A., Lara Caveda, D., Zaballa González, M. de las M., Calero Morales, S., & Vaca García, M. R. (2018). Estudio del umbral anaeróbico en ciclistas, categoría 14-15 años. *Revista Cubana de Investigaciones Biomédicas*. http://scielo.sld.cu/scielo.php?pid=S0864-03002018000400002&script=sci_arttext
- Rębiś, K., Klusiewicz, A., Długołęcka, B., Róžański, P., Kowieski, K., & Kowalski, T. (2024). Estimation of lactate thresholds, aerobic capacity and recovery rate from muscle oxygen saturation in highly trained speed skaters and healthy untrained individuals. *Journal of Clinical Medicine*, 13(17), 5340. <https://doi.org/10.3390/jcm13175340>
- Rodriguez, N. R., Di Marco, N. M., & Langley, S. (2009). Nutrition and athletic performance. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 41(3), 709-731. <https://doi.org/10.1249/MSS.0b013e31890eb86>
- Sendra-Pérez, C., Sanchez-Jimenez, J. L., Marzano-Felisatti, J. M., Encarnación-Martínez, A., Salvador-Palmer, R., & Priego-Quesada, J. I. (2023). Reliability of threshold determination using

portable muscle oxygenation monitors during exercise testing: A systematic review and meta-analysis. *Scientific Reports*, 13(1), 12649. <https://doi.org/10.1038/s41598-023-39651-z>

- Srivastava, S., Tamrakar, S., Nallathambi, N., Vrindavanam, S. A., Prasad, R., & Kothari, R. (2024). Assessment of maximal oxygen uptake (VO₂ max) in athletes and nonathletes assessed in sports physiology laboratory. *Cureus*, 16(5), e61124. <https://doi.org/10.7759/cureus.61124>

Sobre las autoras:

Emily Elizabeth Lopez Campos

Estudiante de la Licenciatura en Ciencias de la Nutrición de la Universidad de las Américas Puebla.

Contacto: emily.lopezcs@udlap.mx

Gloria Itzel Campeche Gonzalez

Estudiante de la Licenciatura en Ciencias de la Nutrición de la Universidad de las Américas Puebla.

Contacto: gloria.campechez@udlap.mx

María Valentina Rodríguez Escorcía

Estudiante de la Licenciatura en Ciencias de la Nutrición de la Universidad de las Américas Puebla.

Contacto: maria.rodriguezea@udlap.mx

Dafne Mabel Garista Solís

Estudiante de la Licenciatura en Ciencias de la Nutrición de la Universidad de las Américas Puebla.

Contacto: dafne.garistass@udlap.mx

Andrea Martínez Morales

Estudiante de la Licenciatura en Ciencias de la Nutrición de la Universidad de las Américas Puebla.

Contacto: andrea.martinezmo@udlap.mx

Tutoras:

Dra. Laura Marissa Islas Romero

Laura Marissa Islas Romero es Nutrióloga Certificada, candidata en el Sistema Nacional de Investigadores, con Doctorado y Maestría en el área de Biotecnología otorgados por el Centro de Investigación en Biotecnología Aplicada del Instituto Politécnico Nacional a través del programa PNCP de CONACYT. Actualmente se desempeña como profesora de tiempo completo en el Departamento de Ciencias de la Salud en la Universidad de las Américas Puebla, sus áreas de interés son Nutrición Deportiva, Microbiología, Epidemiología, Biotecnología y desarrollo de nuevos productos.

Contacto: marissa.islas@udlap.mx

Dra. Ana Eugenia Ortega Regules

Ana Eugenia Ortega Regules es doctora en el área de Química de Alimentos por la Universidad de Murcia. Actualmente, se desempeña como Profesora de Tiempo Completo en el Departamento de Ciencias de la Salud y en el Doctorado en Ciencia de Alimentos de la Universidad de las Américas Puebla. Es miembro del Sistema Nacional de Investigadores e Investigadoras, Nivel I. Sus áreas de interés se enfocan en la extracción, estabilización y evaluación de compuestos fenólicos.

Contacto: ana.ortega@udlap.mx