

## ARTÍCULO DE REFLEXIÓN

**Lactato: Una reflexión crítica a la terminología aeróbica y anaeróbica del ejercicio**

Lactate: A critical reflection on the aerobic and anaerobic terminology of exercise

Luis Rafael Hutchison Salazar<sup>1</sup>  
Oscar Adolfo Niño Méndez<sup>2</sup>  
Pedro Nel Quintero Turriago<sup>3</sup>  
*Universidad de Cundinamarca*

Edwin Halley Peinado Rincón<sup>4</sup>  
*Universidad Santo Tomás*

Recibido: 24.03.2023  
Aceptado: 20.05.2023

**Resumen**

El presente artículo de reflexión, tiene como finalidad presentar una actualización sobre el rol o papel protagónico referido al metabolismo del lactato según las vías energéticas en cuanto a su transporte y producción celular. Metodología: se realizó una revisión de la literatura, con el fin de representar la adaptación mitocondrial, junto al flujo de lactato entre las células y los lechos tisulares, que permita una adecuada interpretación de los sustratos energéticos presentes en el organismo a la hora de realizar esfuerzos físicos o práctica de actividad física. Resultados: se establece que el lactato glucolítico produce y se consume en las células y que

---

<sup>1</sup> lhutchison@ucundinamarca.edu.co  
<https://orcid.org/0000-0001-5836-5916>

<sup>2</sup> oanino@ucundinamarca.edu.co  
<http://orcid.org/0000-0001-9703-3666>

<sup>3</sup> pqinteroturriago@ucundinamarca.edu.co  
<https://orcid.org/0000-0001-7911-8359>

<sup>4</sup> edwin.peinado@ustabuca.edu.co  
<https://orcid.org/0000-0001-5040-9099>

otorga una liberación neta de lactato en el músculo en reposo, seguidos por una mayor liberación y cambio de absorción durante el ejercicio, siendo inadecuado reducir la actividad metabólica presentes en el ejercicio a la terminología aeróbico o anaeróbico. Conclusiones: el lactato actúa por acción y articulación de masas y de células que sistematizan la unión alostérica; además, permite adicionar una carga negativa por los grupos fosfatos uniendo y atrayendo cargas opuestas de lisinas en la oxidación de lípidos; busca la mejora de la capacidad y tolerancia al esfuerzo físico, la flexibilidad mitocondrial para la adaptación, siendo el lactato una fuente de vida saludable.

**Palabras clave:** lactato, actividad física, vías energéticas, metabolismo, esfuerzo físico

### **Abstract**

The purpose of this reflection article is to present an update on the role or leading role referred to lactate metabolism according to the energy pathways in terms of its transport and cellular production. Methodology: a review of the literature was carried out, to represent the mitochondrial adaptation, together with the lactate flow between the cells and the tissue beds, which allows an adequate interpretation of the energetic substrates present in the organism when performing physical efforts or practice of physical activity. Results: it is established that glycolytic lactate is produced and consumed in the cells and that it provides a net release of lactate in the resting muscle, followed by a greater release and absorption change during exercise, being inadequate to reduce the metabolic activity present in exercise to aerobic or anaerobic terminology. Conclusions: lactate acts by action and articulation of masses and cells that systematize the allosteric union; In addition, it allows the addition of a negative charge by the phosphate groups, uniting and attracting opposite charges of lysines in the oxidation of lipids; seeks to improve the capacity and tolerance to physical exertion, mitochondrial flexibility for adaptation, lactate being a source of healthy life.

**Keywords:** Lactate Physical Activity, Energy Pathways, Metabolism, Physical Effort.

## Introducción

En pleno siglo XXI, especialmente para esta segunda década, se hace fundamental que todos los profesionales del área de las Ciencias de la Actividad Física, los Deportes, la Educación Física y en general del movimiento humano, entre otras afines, integren en su recorrido de formación académica conceptos y teorías que no son únicos o de exclusividad de los profesionales de las Ciencias de la Salud, la medicina y en general de los enfoques clínicos del conocimiento. Por lo tanto, y teniendo presente que el trabajo de la actividad física con seres humanos (independiente del grupo etario), implica comprender el metabolismo del lactato según las vías bioenergéticas de intermediación in vivo, por la producción de transbordadores y/o transportadores presentes en las células, y que otorgan la distribución de los sustratos energéticos presentes en el rendimiento físico de las personas (Brooks, 2022), siendo clave que desde el ejercicio de planificación se tengan presentes estas variables.

Este transporte de lactato en las células, se produce por los tejidos impulsores y receptores que permite que se realice el proceso de producción y consumo de energía durante el ejercicio físico; es por esto, que la presencia de transporte de lactato en la eliminación de glucosa posprandial (nivel de glucosa en sangre tras las comidas), se vea inducida por la respiración mitocondrial in vivo (Brooks, Arévalo et al., 2022), siendo el lactato un factor determinante de diagnóstico frente al papel preponderante para el desarrollo de la actividad rigurosa.

Pero, ahora bien, una constante exposición del lactato en el organismo inducida por el ejercicio físico, otorga como resultado una adaptación biogenética mitocondrial junto a otras características circulatorias y neurológicas saludables, tales como: capacidad de resistencia a las cargas físicas, una flexibilidad metabólica de aprendizaje y memoria en las células, entre otras, que otorgan una importancia imperante para llevar una vida saludable (Brooks, Arévalo et al., 2022).

Así, el lactato es también producido en condiciones oxidativas como instancia bioquímica que permite la pérdida de electrones y la participación en la obtención de energía celular; la

anterior dinámica, se presenta por un esfuerzo físico que sea desarrollado en bajas intensidades o, por el contrario, una deficiencia en el consumo de oxígeno  $O_2$  por la exigencia o rigurosidad del ejercicio; pero lo anterior, no quiere decir que la base principal sea la lactatemia<sup>5</sup>, permitiendo inferir que los términos aeróbicos o anaeróbicos no sean los más adecuados en la época actual para hacer mención a las vías metabólicas y de producción junto al consumo de energía presente en la actividad física o ejercitación que se realice.

Continuando con la explicación, durante muchos años el lactato se consideró como un factor de cuidado por sus “riesgos” en el metabolismo, por su eliminación en los músculos; sin embargo, gracias a la evidencia clínica, hoy en día el lactato es considerado como un principal agente de intermediación metabólica de impacto para la utilización de sustratos energéticos, señalización y adaptación en las células y que es producido gracias a la actividad o ejercicio físico (Brooks, 2020).

Inclusive, el análisis de los niveles de lactato y su transporte en las células ha tenido un reconocimiento en las áreas clínicas en cuanto a la cicatrización de las heridas (Hunt et al., 2007), comprender la biología del cáncer (San-Millan et al., 2020), la secreción de la insulina (Rutter et al., 2015), el manejo de la sepsis como respuesta abrumadora y extrema del cuerpo frente a cualquier infección (Garcia-Alvarez et al., 2014a), el proceso de aprendizaje y memoria celular en las mitocondrias (Suzuki et al., 2011; El Hayek et al., 2019), el tratamiento de lesiones cerebrales traumáticas (Brooks, 2020b) entre otras, conllevando a las áreas del conocimiento deportivo, de la actividad física y de la ejercitación en actualizar la terminología frente al esfuerzo inducido y la producción de lactato, independiente de su intensidad y sus respuestas energéticas en el organismo, pero lo más importante, que no sea un tema de exclusividad de la ciencia médica – clínica.

Finalmente, resulta menester destacar a su vez que otras vías energéticas merecen una actualización que atienda identificar el esfuerzo físico y su clasificación sobre la base de la duración, el volumen, las cargas, la intensidad, las contribuciones energéticas, entre otras que

---

<sup>5</sup> Gracias a la Lactemia se permite medir los niveles o valores de ácido láctico en sangre, durante un ejercicio físico de progresión

han permitido a autores como Bustos-Viviescas, Acevedo-Mindiola, García en 2022; Naves, Rebelo, Silva, Silva MS, Ramirez-Campillo, Ramírez-Vélez en 2019; Julio, Panissa, Cury, Agostinho, Esteves, Franchini en 2019, y Chamari, Padulo en 2016, entre otros autores todos citados por Brooks y Arévalo en sus estudios en 2022, de reconocer y proponer una actualización frente a la denominación de los términos aeróbico o anaeróbico; por su inoperancia, ya que existen múltiples variables presentes en el organismo, y que de manera objetiva permiten identificar ciertos errores sobre esa nomenclatura en la práctica diaria de muchos profesionales y científicos del deporte y la actividad física.

Ahora bien, y debido a que algunas clasificaciones existentes sobre los esfuerzos físicos contienen desventajas y falencias respecto a su variedad, se debe tener en cuenta el propósito del ejercicio a realizar y sus características, y lo más importante, las vías energéticas y metabólicas, que se postulan para clasificar precisamente a los esfuerzos físicos sobre la base del ejercicio a realizar; con base a las propuestas de los autores recién mencionados se propone la siguiente actualización:

- . Esfuerzos explosivos: que tienen una duración de hasta 6 segundos y con una potencia absoluta
- . Esfuerzos cortos en intensidades maximales: que son aquellos superiores a los 6 segundos y hasta los 30 segundos aproximadamente.
- . Esfuerzos de altas intensidades: que se encuentran comprendidos aproximadamente entre 6 segundos y 1 minuto
- . Esfuerzos intermitentes de corta intensidad máxima: para ejercicios desde los 30 segundos y con repetición en la sesión
- . Esfuerzos de resistencia a intensidades submaximales a maximales: con ejercicios únicos desde los 30 segundos o hasta el minuto
- . Esfuerzos intermitentes de resistencia a intensidades submaximales a maximales: con ejercicios desde los 30 segundos y hasta 1 minuto con repetición constante en la sesión
- . Esfuerzos de resistencia a intensidades vigorosas a maximales: con ejercicios únicos superiores a 1 minuto,

- . Esfuerzos de resistencia en altas intensidades: con las series de ejercicios que requieran un esfuerzo de duración superior de 60 segundos en una sesión
- . Esfuerzo de resistencia en intensidades medias o bajas: ejercicio o rutina superior a los 5 minutos y con una duración prolongada en la sesión

Esta clasificación, también la han postulado con algunas variaciones, autores como Bustos-Viviescas, Acevedo-Mindiola y García Yerena en 2022. Un factor preponderante es que estas propuestas de ajuste de denominación con base al esfuerzo, se ajustan más a la realidad del entrenamiento deportivo, ya que tiene en cuenta la naturaleza de la carga y las clasificaciones de intensidad propuestas por el Colegio Americano de Medicina del Deporte (ACSM), junto a la evidencia sobre la importancia de la producción del lactato en condiciones de estrés físico, con las adaptaciones a nivel mitocondrial que se genera en cada organismo.

Bajo esta perspectiva, se pretende resaltar el papel del lactato en reposo como en ejercicio en diferentes intensidades, dado que siempre hay producción y transporte del mismo. De igual manera, otro factor significativo que nos conlleva a actualizar la terminología del esfuerzo, son las diferencias en las concentraciones junto a los momentos y formas donde se analiza el lactato a nivel celular.

Por esta razón, pretendemos resignificar el papel del lactato, haciendo una explicación en primera medida sobre su transporte en las células; segundo sus contribuciones a nivel celular; tercero, la función que cumple en el entrenamiento de atletas y las conclusiones que permitan continuar con esta reflexión y debate para futuras publicaciones.

## **1. El transporte de lactato y su función en las células conductoras y receptoras de energía**

El flujo de lactato entre las células y los lechos tisulares, como el conjunto de todos los capilares del organismo, suponen un amplio volumen de sangre que dependen de la concentración y del hidrógeno en las diferencias de iones como partículas con cargas eléctricas, estando constituidos por átomos o moléculas (Brooks, Arévalo et al., 2022). De

esta manera, el intercambio de lactato entre las células depende de la presencia de un tipo de células proteicas que transportan el lactato a la membrana y que son denominadas como “*transportadores de monocarboxilato*” (MCT) y que son bidireccionales (Brooks, 2020a), siendo sensibles a una trans-estimulación por gradientes de iones de hidrógeno y lactato.

Es así que Brooks y Arévalo en 2022, propusieron el concepto de lactato glucolítico que se produce y consume en las células porque otorga una liberación neta de lactato en el músculo en reposo, seguidos por una mayor liberación y cambio de absorción durante el ejercicio. Por lo tanto, las células conductoras como receptoras de lactato pueden cambiar sus roles, dependiendo de las condiciones del esfuerzo, porque algunas células pueden intercambian lactato a través del intersticio y los lechos vasculares, quedando en evidencia que reducir las vías metabólicas no es conveniente por las variables descritas.

Ahora bien, cuando se refiere propiamente al ejercicio físico, las fibras blancas rápidas pueden proporcionar un sustrato oxidable a las fibras oxidativas rojas en el tejido; por ello, trabajar los músculos en diferentes intensidades puede alimentar el corazón, la actividad neuronal en el cerebro (Suzuki et al., 2011; Glen et al., 2015; Steinmann et al., 2016) y proporcionar sustratos gluconeogénicos a los órganos espláncnicos que son nervios pertenecientes al sistema nervioso autónomo o vegetativo y que llevan fibras eferentes (autónomas) y aferentes viscerales (Brooks, 2020c). Por ello, los intercambios de lactato entre los músculos, el corazón, el hígado y los riñones son ejemplos obvios de transporte de lactato, que se manifiestan en diferentes momentos de la intensidad en el ejercicio o de la actividad física que se realice, conllevando a que no se puede reducir la actividad metabólica a una caracterización aeróbica o anaeróbica.

## **2. Contribuciones en el transporte de lactato a las células**

Es importante destacar, en primera instancia, el postulado de Gladden y asociados que desde 1991, determinaron los efectos de la intensidad del ejercicio o la actividad física, junto a la concentración de lactato en sangre y finalmente, el consumo de O<sup>2</sup> en la producción o

eliminación de lactato utilizando diferencias arteriovenosas; además, de la utilización de una medición en el flujo sanguíneo y del lactato en reposo. De esta teoría, los investigadores, en la actualidad, han podido identificar el intercambio del lactato en cuanto a su producción y posterior eliminación tanto en reposo como en el momento de la contracción muscular y en diferentes intensidades o exposiciones a esfuerzos físicos (Rogatzki et al., 2015).

Por lo tanto, podemos identificar que el lactato producido en el músculo activo es una importante fuente de energía de combustible (Brooks, Arévalo et al., 2022), pero también, la liberación de lactato que se produce gracias al esfuerzo y la intensidad del ejercicio. Es decir, que el transporte de lactato intracelular permite identificar una excreción de los músculos en reposo y que en funcionamiento muestran absorción, producción y oxidación simultáneas de lactato para la producción de energía (Brooks, Arévalo et al., 2022).

Otros estudios en mitocondrias aisladas (Hashimoto et al., 2008; Atlante et al., 2007; Passarella et al., 2014) y que requirieron músculos para su producción (Park et al., 2015), permite entender la oxidación de lactato mitocondrial por la apreciación de la respiración celular que se extiende desde el sub-sarcolema en lo profundo de las fibras y que representa transporte significativo de energía (Glancy et al., 2015). De esta manera, la evidencia ha podido determinar que los músculos en la oxidación del lactato han conducido al descubrimiento del complejo proceso de oxidación de lactato mitocondrial, presente en las diferentes intensidades producidas en el rendimiento, la actividad física, el ejercicio físico en sesiones de entrenamiento o práctica deportiva.

Además de lo relacionado acerca del lactato, y a manera de complemento en el marco del análisis crítico frente a los términos anaeróbico y aeróbico, Chamari y Padulo, consideraron que describir a los esfuerzos en los ejercicios sobre la base de su “vía fisiológica” podría provocar errores, teniendo en cuenta que aun muchos autores y profesionales de la actividad física y el deporte, que describen el ejercicio de corta duración como “anaeróbico” y los esfuerzos de más larga duración como “aeróbicos”, teniendo en cuenta, como se ha demostrado extensivamente, la contribución de las vías metabólicas depende principalmente,



tanto de la intensidad como de la duración del ejercicio. Por lo que los autores sugieren que se deben usar la terminología que ya se referenció, para referirse a esfuerzos máximos sobre la base de la duración del ejercicio (2016).

En tal sentido, la relación aeróbica/anaeróbica en las ciencias de la actividad física y el deporte presenta algunos problemas por las siguientes razones:

- . El término “anaeróbico” está malinterpretado; porque algunos piensan que hace referencia a la ausencia de O<sup>2</sup>, lo que implica, así mismo, que el término “aeróbico” también implicaría la ausencia de cualquier contribución “anaeróbica”.

- . Las contribuciones metabólicas al ejercicio no pueden ser fácilmente separadas o categorizadas.

- . La intensidad del ejercicio impacta fuertemente en la contribución metabólica de diferentes vías energéticas.

- . Es importante destacar que el metabolismo “anaeróbico” no es una vía que funciona en ausencia de oxígeno.

- . El “metabolismo anaeróbico” que transforma el adenosín trifosfato (ATP) y la fosfocreatina (CrP) no debe ser llamado anaeróbico, sino independiente de oxígeno o no-mitocondrial.

f- Así, en lugar de llamarlo “vía aláctica anaeróbica”, debe ser llamada “vía de los fosfágenos”.

- . De manera similar, la “glucólisis” simplemente debe reemplazar a la vía láctica anaeróbica”, porque aunque no está directamente involucrado en esta vía, el oxígeno todavía está presente.

h- En la tercera vía metabólica energética, la “fosforilación oxidativa” debe reemplazar al término “vía aeróbica”.

- . Los esfuerzos máximos muy cortos (con una duración inferior a 1 segundo y hasta 6 segundos) no solo dependen de la vía de los fosfágenos, sino que también dependen parcialmente de la glucólisis. Por ejemplo, un solo sprint “máximo” de 6 segundos se realiza con aproximadamente la mitad de energía proveniente de los “fosfágenos” y la otra mitad proveniente de la vía glucolítica.

La anterior explicación surge a partir de Bustos-Viviescas, Acevedo-Mindiola y García en 2022, que permite entender esta categorización también sobre los esfuerzos. Además,

. En el campo o la práctica, los esfuerzos de resistencia se describen a menudo como “aeróbicos”. Sin embargo, el ejercicio completamente aeróbico no existe porque en los esfuerzos se utiliza un mínimo de intensidad.

De otro lado, e igualmente a manera de complemento, Aitor Viribay (Publicación GLUT4 science, 2020) considera que los conceptos descritos por los reconocidos fisiólogos de inicios de los 90 (Fletcher, Hopkins, Hill, Lupton et al.) referidos a anaeróbico y aeróbico, fueron la base para entender la fisiología y metabolismo del ejercicio en su momento, pero que actualmente son un tanto inespecíficos y no adecuados, ya que poseen un error de concepto que no se corresponde con la realidad, como se ha demostrado. Por ello, y gracias a las aportaciones de Brooks, en torno al campo del Lactato, y Noakes en torno a la fisiología muscular y cerebral, ahora sabemos que:

. Los sistemas energéticos trabajan de manera coordinada y regulada por múltiples factores, por lo que no es posible diferenciarlos de manera tan simple.

. El Lactato se forma tanto en presencia de oxígeno como de manera independiente y se oxida mediante la fosforilación oxidativa.

. La insuficiencia de oxígeno no es el único origen de la fatiga.

Por tanto, surge el siguiente interrogante: ¿Por qué son erróneos o no adecuados estos conceptos de anaeróbico y aeróbico? Una posible respuesta puede ser tomada en el sentido de que el sistema anaeróbico no trabaja en ausencia de oxígeno, sino de manera independiente al mismo.

De esta manera, se considera que es de especial importancia actualizar las terminologías que se refieran de manera exacta a la contribución del metabolismo en el ejercicio. Pero existe otra posible caracterización de la siguiente manera:

. El metabolismo Anaeróbico Aláctico se puede denominar como la vía de los fosfágenos, ya que no se corresponde con la ausencia de oxígeno.

. El metabolismo Anaeróbico Láctico se debe referenciar como metabolismo Glucolítico o Glucólisis, entendiendo esta como el proceso independiente de oxígeno, pero que sucede tanto en presencia como en ausencia de este.

. Finalmente, el metabolismo aeróbico reconocerlo como la vía Mitocondrial o simplemente, Fosforilación Oxidativa, teniendo en cuenta que sucede dentro de la mitocondria, con la necesidad de oxígeno y con el objetivo de oxidar los sustratos energéticos creados en cualquier otro proceso.

Tabla 1. Resumen de terminología

<b>Terminología clásica</b>	<b>Terminología actual</b>
Anaeróbico aláctico	Vía de los fosfágenos
Anaeróbico láctico	Vía de la Glucólisis
Aeróbico	Vía Mitocondrial o Fosforilación Oxidativa

Fuente: Diseñado por Aitor Viribay Morales 2020 – [www.glut4science.com](http://www.glut4science.com)

### **3. El lactato y su función en la preparación física en atletas**

Para finalizar esta reflexión, se pretende brindar una caracterización propia desde el propio proceso de preparación o entrenamiento en atletas independiente de la disciplina deportiva.

En la actualidad el lactato es usado para fijar ritmos de entrenamiento en donde los entrenadores usan las pruebas de este metabolito, para determinar el nivel límite de lactato (NLL) y para poder establecer los ritmos o esfuerzos de los atletas, con el fin de planificar programas de entrenamiento basados en la velocidad referente al nivel límite de lactato producido (Herrera y Villegas, 2005).

También, el lactato permite controlar la eficacia del entrenamiento y su prueba de medición es considerada, como una de las mejores fuentes (y una de las más directas) para controlar los cambios producidos en el estado físico en presencia o déficit de oxígeno, y sobre el tiempo porque busca conocer el progreso de cada atleta durante la época de entrenamiento y su progresión anual.

De aquí, se puede inferir que el uso del lactato, es utilizado para medir su máxima producción en competencias, su acumulación máxima en la sangre y después de acciones motrices con intensidades variables como indicador de la cantidad de ácido láctico que es producido en los músculos durante el ejercicio.

Por eso, en las pruebas momentáneas se usan para medir los niveles submáximos. Por ello, las pruebas momentáneas confirman que un atleta está produciendo los niveles apropiados de lactato para un esfuerzo o una sesión atlética en particular (Feijoo, 2019), porque se mide el tiempo de filtración de lactato.

Es por esto, que el lactato como metabolito eficiente al momento de poder controlar el entrenamiento deportivo, se presenta de vital importancia para los entrenadores porque permite entender de manera clara su terminología y por ende sus mecanismos de control. El lactato se produce dentro del proceso de glucólisis, en el cual se da de dos formas distintas: glucólisis rápida y glucólisis lenta. Como consecuencia del destino final del piruvato, la glucólisis rápida se denomina comúnmente glucólisis anaeróbica, y la glucólisis lenta, glucólisis aeróbica. Sin embargo, como la glucólisis en sí misma no depende del oxígeno, estos dos términos no son precisos a la hora de describir estos procesos.

Por eso, durante la glucólisis rápida, el producto final, el piruvato, se convierte en lactato y proporciona energía (ATP) a mayor velocidad que mediante la glucólisis lenta, durante la cual el piruvato es transportado a la mitocondria para la producción de energía a través del sistema oxidativo. Las demandas de energía dentro de la célula son las que controlan el destino de los productos finales. Si la energía debe ser aportada a gran velocidad, como durante el entrenamiento de fuerza, se utiliza principalmente la glucólisis rápida (Chicharro y Mojares, 2008). Si la demanda de energía no es tan alta, como al principio de una clase de aeróbicos de baja intensidad, y hay cantidades suficientes de oxígeno en la célula, se activa la glucólisis lenta. (Coburn y Malek, 2017).

#### 4. Diferencia e Interpretación

Por lo anteriormente expresado, se considera que las acciones complejas de orden investigativo y los diversos métodos científicos envuelven criterios rigurosos para la evaluación del conocimiento, pero los métodos no son perfectos.

Los hallazgos de las investigaciones y sus interpretaciones, pueden ser llevados prematuramente al estado de verdad. Aunque algunas de estas “verdades”, pueden convertirse en un componente principal de una base de conocimientos y así ser llamados principios. Por eso, una continua reevaluación de los contenidos de cualquier disciplina académica es esencial para asegurar que el conocimiento y la práctica estén basados en hechos. En años recientes, se ha cuestionado un principio que ha sido aceptado por un amplio rango de entidades académicas, de investigación y profesionales y fue la terminología aeróbica y anaeróbica; por consiguiente, se pretendió expresar que la concentración aumentada de protones libres dentro de un músculo esquelético en contracción, es causada por la producción incrementada de ácido láctico, y que cuando el “ácido pirúvico” es convertido en “ácido láctico”, el  $pK$  del “ácido láctico” da como resultado una inmediata y casi completa disociación del protón del carboxilo del grupo funcional del ácido láctico (López y Vicente, 2017). Esta interpretación ocasiona la creencia lógica que el resultado neto in vivo, es la producción de iones de lactato y la liberación de un protón, por lo que reducir la explicación a aeróbico o anaeróbico resulta insuficiente.

En la investigación realizada precisamente por López y Vicente en 2017, permitieron tener una evaluación práctica sobre la interpretación de la vía lipolítica donde las grasas biodisponibles (grasas que se pueden utilizar y que se encuentran almacenadas en el músculo) se disocian hasta formar ácidos grasos. De esta manera, al igual que la glucosa, se oxidan en presencia de  $O_2$ , mediante el ciclo de reacciones anteriores (ciclo de Krebs), que acaban produciendo ATP, agua y  $CO_2$ . Al generarse menor cantidad de ATP/tiempo, no se permite generar esfuerzos con la misma exigencia energética, pero pueden mantenerse durante mucho más tiempo, ya que las reservas de grasas son mucho más grandes que las de glucógeno.

## **A modo de conclusión**

Es el momento propicio, para que se actualice la terminología en las áreas del deporte, la actividad física y el ejercicio, frente a la comprensión del metabolismo del lactato y considerar el transporte de lactato como un componente importante en la producción de energía por cuatro factores: el lactato es: (1) una fuente importante de energía, (2) el principal precursor gluconeogénico que permite la biosíntesis de glucosa a partir de precursores no glucídicos, (3) una molécula de señalización y (4) la adaptación mitocondrial en las células.

Porque, además, existe una abundante evidencia de que la producción de lactato ocurre en tejidos y órganos completamente con presencia de O<sup>2</sup> con un estudio que realizó Gertz y colaboradores en 1981, Stanley en 1985 y Richardson en 1998, pero que fue actualizado por Parque y colaboradores en 2015, pero los más recientes Brooks y Arévalo en el año 2022 que en definitiva nos invitan a reconocer el rol protagónico del lactato que conlleva a actualizar la terminología del entrenamiento y no continuar con la categorización de aeróbico o anaeróbico, por el conocimiento sobre la biología muscular y el metabolismo celular que han avanzado enormemente en los últimos casi 40 años; por ello, consideramos clave que llego la hora de “modernizar” nuestros contenidos científicos alrededor de nuestras áreas de interés.

Para finalizar, es importante destacar que el lactato (no el piruvato) entra en el retículo mitocondrial para apoyar la homeostasis energética celular mediante la fosforilación oxidativa de ADP y la creatina (Hashimoto et al., 2008), por ello, la respiración de las mitocondrias permite conformar el sumidero de tipo fisiológico que participa como orificio, conducto o canal por donde se transporta el lactato.

A medida que la investigación científica continúa evidenciando las diferentes facetas que presenta el lactato en su transferencia celular, se reconoce la señalización celular y regulación metabólica (Brooks, 2020a). Esta situación se presenta, porque en diversos tejidos el lactato actúa por acción y articulación de masas y de células que sistematizan la unión alostérica como

un modo de regulación de enzimas moleculares en una ubicación que modifica las condiciones de otra molécula; pero a su vez, apoya la acetilación de histonas, que permite adicionar una carga negativa por los grupos fosfatos uniendo y atrayendo cargas opuestas de lisinas por el control del lactato en la oxidación de lípidos, otorgando una biogénesis mitocondrial, produciendo beneficios circulatorios y neurológicos para la mejora de la capacidad y tolerancia al esfuerzo físico, la flexibilidad mitocondrial para la adaptación (Brooks, 2018), la memoria y cognición celular (Suzuki et al., 2011; El Hayek et al., 2019). Proponiendo al lactato como una fuente para llevar una vida saludable.

Si bien se ha hecho mucho para determinar la regulación energética en los denominados estados estacionarios y transitorios de metabolismo en los diferentes niveles de esfuerzo (Brooks 2020b), y que nos invita a no utilizar una terminología que no se adapta a la indiscifrable regulación metabólica. De aquí, surte una real importancia de continuar con estudios específicos que sigan midiendo la dinámica del metabolismo por evaluación fisiológica relacionada con la intensidad, la edad, las cargas y en general de los efectos sobre las tasas de recambio de lactato, glucosa, grasa, aminoácidos y proteínas estructurales ocasionados por el esfuerzo como constantes desafíos de investigación para los años venideros, pero lo más importante, seguir indagando sobre el rol protagónico del lactato para el organismo.

## Referencias

- Aitor V (2020). Aeróbico y Anaeróbico en Fisiología del Ejercicio: Nueva Terminología. Publicación GLUT4 science, 2020.
- Atlante A., de Bari L., Bobba A., Marra E., Passarella S. (2007). Transport and metabolism of L-lactate occur in mitochondria from cerebellar granule cells and are modified in cells undergoing low potassium dependent apoptosis. *Biochim Biophys Acta* 1767, 1285–1299.
- Bustos-Viviescas, Acevedo-Mindiola y García. (2022). Reflexión crítica sobre los términos “aeróbico y anaeróbico” utilizados en fisiología del ejercicio. *PERSPECTIVAS, Gaceta Médica Caracas* 2022.

- Brooks, G. A., Arevalo, J. A., Osmond, A. D., Leija, R. G., Curl, C. C., & Tovar, A. P. (2022). Lactate in contemporary biology: A phoenix risen. *The Journal of physiology*, 600(5), 1229–1251.
- Brooks G.A. (2018). The science and translation of lactate shuttle theory. *Cell Metab* 27, 757–785.
- Brooks G.A. (2020a). Lactate as a fulcrum of metabolism. *Redox Biol*, 35, 101454.
- Brooks G.A. (2020b). The precious few grams of glucose during exercise. *Int J Mol Sci* 21, 5733.
- Brooks G.A. (2020c). The tortuous path of lactate shuttle discovery: from cinders and boards to the lab and ICU. *J Sport Health Sci* 9, 446–460.
- Coburn, J.W., Malek, M.H. (2017). *Manual NSCA: fundamentos del entrenamiento personal*. Paidotribo.
- Chicharro, J.L., Mojares, L.M. (2008). *Fisiología clínica del ejercicio*. Ed. Médica Panamericana.
- El Hayek L., Khalifeh M., Zibara V., Abi Assaad R., Emmanuel N., Karnib N., El-Ghandour R., Nasrallah P., Bilen M., Ibrahim P., Younes J., Abou Haidar E., Barmo N., Jabre V., Stephan JS. & Sleiman SF. (2019). Lactate mediates the effects of exercise on learning and memory through SIRT1-dependent activation of hippocampal brain-derived neurotrophic factor (BDNF). *J Neurosci* 39, 2369–2382.
- Feijoo CF. (2019). Evaluación de los efectos del entrenamiento sobre la resistencia anaeróbica láctica en los practicantes de Crossfit del club ONCAA BOX de la ciudad de Palmira.
- Garcia-Alvarez M., Marik P. & Bellomo R. (2014a). Sepsis-associated hyperlactatemia. *Crit Care* 18, 503.
- Glancy B., Hartnell LM., Malide D., Yu ZX., Combs CA., Connelly PS., Subramaniam S. & Balaban RS. (2015).
- Glenn TC, Martin NA., Horning MA., McArthur DL., Hovda D., Vespa PM. & Brooks GA. (2015). Lactate: brain fuel in human traumatic brain injury. A comparison to normal healthy control subjects. *J Neurotrauma* 32, 820–832.



- Hashimoto T., Hussien R., Cho HS., Kaufer D. & Brooks GA. (2008). Evidence for the mitochondrial lactate oxidation complex in rat neurons: demonstration of an essential component of brain lactate shuttles. *PLoS One* 3, e2915.
- Herrera Díaz, A. M., & Villegas Montaña, M. M. (2005). Influencia de la coenzima® y el ubichinon compositum® sobre el ácido láctico, la frecuencia cardiaca y respiratoria en equinos pre y post ejercicio en Bogotá
- Hunt TK., Aslam RS., Beckert S., Wagner S., Ghani QP., Hussain MZ., Roy S. & Sen CK. (2007). Aerobically derived lactate stimulates revascularization and tissue repair via redox mechanisms. *Antioxid Redox Signal* 9, 1115–1124.
- Karim Ch., Johnny Pad. (2016). Términos “Aeróbico y Anaeróbico” Utilizados en Fisiología del ejercicio - Una Reflexión Crítica sobre la Terminología. Artículo publicado en el journal *PubliCE* del año 2016.
- Lopez Ch. y Vicente Ca. (2017). Umbral Láctico: Bases fisiológicas y aplicación al entrenamiento. Editorial médica panamericana.
- Park JM., Josan S., Mayer D., Hurd RE., Chung Y., Bendahan D., Spielman DM. & Jue T. (2015). Hyperpolarized <sup>13</sup>C NMR observation of lactate kinetics in skeletal muscle. *J Exp Biol* 218, 3308–3318.
- Passarella S., Paventi G. & Pizzuto R. (2014). The mitochondrial L-lactate dehydrogenase affair. *Front Neurosci* 8, 407.
- Rogatzki MJ., Ferguson BS., Goodwin ML. & Gladden LB. (2015). Lactate is always the end product of glycolysis. *Front Neurosci* 9, 22.
- Rutter GA., Pullen TJ., Hodson DJ. & Martinez-Sanchez A. (2015). Pancreatic beta-cell identity, glucose sensing and the control of insulin secretion. *Biochem J* 466, 203–218.
- San-Millan I., Julian CG., Matarazzo C. & Brooks GA. (2020). Is lactate an oncometabolite? evidence supporting a role for lactate in the regulation of transcriptional activity of cancer-related genes in MCF7 breast cancer cells. *Front Oncol - Cancer Metab* 9, 1–10.
- Suzuki A., Stern SA., Bozdagi O., Huntley GW., Walker RH., Magistretti PJ. & Alberini CM. (2011). Astrocyte-neuron lactate transport is required for long-term memory formation. *Cell* 144, 810–823.

