

El metabolismo del lactato y los efectos de la Rehabilitación Cardíaca en enfermedades cardiovasculares

Lactate metabolism and the effects of cardiac rehabilitation on cardiovascular diseases

Lénin Abraham Delgado Valencia¹

¹ Mgtr. en Fisioterapia y Rehabilitación Mención Cardiorrespiratoria, Fisioterapeuta Respiratorio y Cardíaco a domicilio, Entrenador personal. Ambato - Ecuador; <https://orcid.org/0009-0000-4706-9193> l45682035@gmail.com

Resumen

Las enfermedades cardiovasculares son la principal causa de muerte a nivel mundial. La evidencia ha demostrado que un bajo nivel de masa muscular se relaciona con un mayor riesgo de mortalidad, por diferentes causas, en pacientes con enfermedades cardiovasculares dadas las alteraciones a nivel metabólico que comprometen la calidad de vida. Dentro de los múltiples beneficios de un Programa de Rehabilitación Cardiaca se encuentra la mejora del metabolismo del lactato que se ve afectado en pacientes con cardiopatía. La literatura actual sugiere que el lactato no debe ser considerado como un producto de desecho del metabolismo anaeróbico, más bien debe reconocerse como un indicador importante del estado metabólico del organismo y un factor clave en distintos procesos fisiológicos, siendo un aporte a la hora de prescribir el ejercicio, brindándonos otras alternativas para llevar un control del progreso del programa de rehabilitación cardiaca.

Palabras Clave: actividad física, calidad de vida, enfermedades cardiovasculares, metabolismo del lactato, rehabilitación cardiaca.

Abstract

Cardiovascular diseases are the leading cause of death worldwide. Evidence has shown that low muscle mass is associated with a higher risk of all-cause mortality in patients with cardiovascular diseases, given the metabolic alterations that compromise their quality of life. Among the many benefits of a cardiac rehabilitation program is the improvement of lactate metabolism, which is affected in patients with heart disease. Current literature suggests that lactate should not be considered a waste product of anaerobic metabolism, but rather recognized as an important indicator of the body's metabolic state and a key factor in various physiological processes. Understanding lactate contributes to exercise prescription and provides alternative methods for monitoring the progress of the cardiac rehabilitation program.

Keywords: cardiac rehabilitation, cardiovascular diseases, lactate metabolism, physical activity, quality of life

Introducción

El nivel de mortalidad en el mundo, provocado por las enfermedades cardiovasculares como la insuficiencia cardíaca crónica y la enfermedad coronaria, es de más de 17 millones de personas anualmente, por lo que se recomienda la rehabilitación cardiaca basada en prescripción de ejercicios para mejorar la calidad de vida, la función cardiovascular y reducir los efectos secundarios de la enfermedad cardiovascular (Lim et al., 2021).

La mayoría de los programas de ejercicios de rehabilitación cardíaca están diseñados para la mejora de la función cardiovascular; sin embargo va más allá, al mejorar la función muscular afectada por las anomalías estructurales y funcionales del músculo esquelético que se observan con frecuencia en los pacientes con enfermedad cardiovascular como las condiciones caquécticas en la insuficiencia cardiaca. Cabe destacar que la baja masa muscular esquelética se ha asociado tanto con una baja capacidad aeróbica como con un aumento de la mortalidad dentro de estas enfermedades (Lim et al., 2021; Nichols et al., 2019; Valderrama et al., 2024).

El lactato es un subproducto del proceso de glucólisis que ha ganado un papel crucial en las funciones celulares del sistema cardiovascular. Actualmente, diversos estudios han demostrado que el metabolismo del lactato se encuentra estrechamente relacionado con el pronóstico y la evolución clínica en pacientes con enfermedades cardíacas (Gajewski et al., 2025; Zhang et al., 2024).

La rehabilitación cardíaca ha demostrado ser efectiva y segura mejorando diversos parámetros funcionales y metabólicos. La evidencia más reciente muestra que su contribución sobre el metabolismo del lactato se da a través de la mejora de la eficiencia metabólica y el aumento de la capacidad oxidativa muscular y miocárdica, permitiendo que los pacientes toleren mejor el ejercicio y acumulen menos lactato en cargas submáximas (Dibben et al., 2021; Heber et al., 2023; Romero-Gómez et al., 2022; Valderrama et al., 2024; Zhao et al., 2021).

Los objetivos del presente ensayo se encuentran dirigidos a revisar la bibliografía actual y determinar cómo el metabolismo del lactato se optimiza con programas de rehabilitación cardíaca, además de su importancia en la práctica clínica para dosificar el ejercicio y aportar con datos importantes para beneficio de pacientes con enfermedades cardiovasculares.

Rehabilitación Cardiaca:

De acuerdo a la Organización Mundial de la Salud (OMS), la Rehabilitación Cardiaca (RC): “Es un conjunto de actividades enfocadas en influir favorablemente en la enfermedad cardiovascular y optimizar las condiciones físicas, psíquicas y sociales del paciente para que pueda conservar o mejorar su vida normal en la comunidad con la mayor independencia posible”. Dentro de sus componentes se encuentran el entrenamiento físico, la modificación del estilo de vida y la intervención psicológica (Bellmann et al., 2020; Niebauer, 2011).

La falta de actividad física es un factor de riesgo independiente para el desarrollo y la progresión de las enfermedades cardiovasculares por lo que un objetivo principal de la rehabilitación cardíaca es incrementar la actividad física total y ayudar a establecer hábitos para mejorar la adherencia a largo plazo y reducir el riesgo de futuros eventos cardíacos (Brown et al., 2024; Dibben et al., 2021).

Actualmente, la rehabilitación cardíaca se ha consolidado como una herramienta fundamental para el manejo de diversas enfermedades cardiovasculares; la mejoría en calidad de vida también se asocia a cambios fisiológicos en el sistema músculo esquelético, como mayor eficiencia mitocondrial y mejor manejo del lactato, reduciendo la fatiga y aumentando la tolerancia al esfuerzo (Bellmann et al., 2020; Dibben et al., 2021; Guimarães et al., 2021; Tauda et al., 2024; Tucker & Kitzman, 2022).

Metabolismo del Lactato:

El lactato desempeña un papel importante en la respuesta fisiológica del organismo al aumento en las demandas de trifosfato de adenosina (ATP) y al suministro insuficiente de

oxígeno, especialmente en afecciones críticas y agudas como la insuficiencia cardíaca (IC) y la sepsis (Gajewski et al., 2025). Su producción, principalmente de las vías glucolíticas, representa un mecanismo esencial en el mantenimiento de la homeostasis energética durante períodos de hipoxia o isquemia. Este proceso permite a las células seguir generando ATP cuando los niveles de oxígeno no son suficientes, demostrando la función crucial del lactato en el metabolismo energético (Dong et al., 2021; Gajewski et al., 2025).

La literatura actual sugiere que el lactato no debe considerarse como un producto de desecho del metabolismo anaeróbico, más bien debe reconocerse como un indicador importante del estado metabólico del organismo y un factor clave en distintos procesos fisiológicos (Yuzefpolskaya et al., 2025). El lactato es generado principalmente por el músculo esquelético en el ejercicio mediante la glucólisis anaerobia; es clave como fuente energética, precursor de gluconeogénesis en el hígado y riñones, y participa en la regulación metabólica y señalización celular.

En pacientes con enfermedades cardiovasculares, la perfusión y oxigenación muscular suelen verse comprometidas, elevando la producción de lactato incluso a intensidades bajas de actividad física, disminuyendo la capacidad de aclaramiento, resultando en hiperlactatemia (Couto-Mallón et al., 2019). En condiciones de enfermedades cardíacas, el equilibrio entre la producción y el aclaramiento de lactato a menudo se altera, llevando a una disfunción celular e inicio de una serie de cambios fisiopatológicos. La falta de flujo sanguíneo impide la eliminación de lactato de las células y su acumulación, tiene un efecto nocivo en la homeostasis iónica y la función cardíaca, lo que conduce a alteraciones en el mecanismo contráctil del corazón y la electrofisiología cardíaca (Zhang et al., 2024).

En la insuficiencia cardiaca aguda, el aumento de lactato se asocia con un agravamiento del estado clínico y mayor riesgo de mortalidad. La transición hacia el metabolismo anaeróbico y la consecuente acumulación de lactato reflejan insuficiencias circulatorias ocultas que requieren intervenciones terapéuticas inmediatas y específicas. Comprender esta dinámica es importante para los profesionales de la salud al facilitar la estratificación del riesgo, el manejo de los pacientes con descompensación aguda, además de adaptar mejor los enfoques terapéuticos para evitar las complicaciones y mejorar los resultados (Gajewski et al., 2025; Yuzefpolskaya et al., 2025)(Dong et al., 2021).

En la insuficiencia cardiaca crónica, el lactato refleja una adaptación metabólica deficiente al esfuerzo. Su doble función como marcador de riesgo y sustrato energético nos muestra que requiere una mayor exploración. La integración del lactato en la práctica clínica puede mejorar la estratificación del riesgo y ayudar a adaptar las intervenciones al paciente (Gajewski et al., 2025; Tauda et al., 2024).

Discusión

La información actual nos muestra cómo la mejoría del metabolismo del lactato, tras programas de rehabilitación cardiaca se da por las adaptaciones provocadas por el entrenamiento físico aeróbico y de resistencia o fuerza muscular. Entre estas adaptaciones se destacan:

- ✓ Un mayor consumo de lactato por el músculo cardíaco y periférico.
- ✓ Regulación positiva de la expresión de transportadores de lactato (MCT), lo cual favorece su uso como fuente energética en lugar de producir su acumulación.
- ✓ Una mejoría en general en el umbral anaeróbico, pues los pacientes alcanzan niveles de lactato más altos solo a intensidades mayores de ejercicio (Dong et al., 2021; Guimarães et al., 2021; Heber et al., 2023; Romero-Gómez et al., 2022; Zhao et al., 2021).

Existe evidencia importante sobre cómo el metabolismo del músculo esquelético en personas con enfermedad coronaria puede mejorarse con rehabilitación cardíaca basada en ejercicios. En un ensayo clínico controlado se encontró que la enfermedad coronaria se asocia con fibras musculares más pequeñas, reducciones en el número de células satélite, mionúcleos (núcleos celulares presentes en las fibras musculares importantes para la síntesis de proteínas y el crecimiento muscular), la capacidad de perfusión capilar del músculo esquelético en comparación con personas sanas. Luego de 4 y 12 semanas de rehabilitación cardíaca mejoraron estas características del músculo esquelético deteriorado al aumentar el número de células satélite, mionúcleos y factores capilares. Llegando a la conclusión que el metabolismo del músculo esquelético en personas con enfermedad coronaria puede mejorarse con rehabilitación cardíaca basada en ejercicios (Lim et al., 2021). Un bajo nivel de masa muscular esquelética se relaciona con un mayor riesgo previsto de mortalidad por todas las causas en pacientes con enfermedades cardiovasculares (Nichols et al., 2019).

La rehabilitación cardiaca basada en prescripción de ejercicio proporciona importantes beneficios a las personas con enfermedades cardiovasculares como en la cardiopatía coronaria, aportando en la reducción del riesgo de infarto de miocardio, una probable pequeña reducción de la mortalidad por cualquier causa, una gran reducción de la hospitalización por cualquier causa, junto con los costes sanitarios asociados, y una mejor calidad de vida relacionada con la salud. En un seguimiento a largo plazo, los beneficios pueden incluir reducciones de la mortalidad cardiovascular y el infarto de miocardio (Dibben et al., 2021).

Los programas de Rehabilitación Cardíaca mejoran la capacidad oxidativa del músculo esquelético, lo que mejora el metabolismo del lactato al provocar un retraso del umbral de acumulación y una menor producción relativa de lactato a cargas submáximas, favoreciendo una mayor tolerancia al ejercicio (Galenko et al., 2020; Patti et al., 2021).

Lo más importante es realizar un abordaje individualizado, valorando posibles riesgos y beneficios, teniendo en cuenta el contexto global de cada paciente, así como sus preferencias y objetivos porque la adherencia al programa es la base del éxito de cualquier intervención de Rehabilitación Cardiaca (Bellmann et al., 2020; Brown et al., 2024; Dibben et al., 2021; Guimarães et al., 2021).

Conclusiones

El lactato es una herramienta valiosa en la práctica clínica, facilitando la toma de decisiones médicas y en la estratificación del riesgo en pacientes con insuficiencia cardíaca y otras enfermedades cardiovasculares.

La adición de las mediciones de lactato en las evaluaciones clínicas rutinarias tiene el potencial de optimizar las estrategias de manejo de los pacientes con enfermedades cardiovasculares, mejorar los resultados individuales y colaborar al desarrollo de enfoques terapéuticos personalizados. En una revisión narrativa que exploró el papel multifacético del lactato en la insuficiencia cardíaca, centrándose en su importancia diagnóstica y pronóstica tanto en la Insuficiencia cardíaca aguda como en la crónica se encontró que el lactato funciona no solo como marcador de hipoperfusión y metabolismo anaeróbico, sino también como sustrato metabólico activo. En la Insuficiencia Cardíaca aguda, los niveles elevados de lactato indican insuficiencia circulatoria y predicen resultados adversos. En la Insuficiencia Cardíaca crónica el lactato durante el ejercicio muestra ineficiencia metabólica y se correlaciona con el deterioro funcional (Gajewski et al., 2025).

Al reconocer y abordar el complejo papel que cumple el lactato dentro de la cardiopatía, los profesionales en salud pueden abordar mejor los desafíos del manejo de la insuficiencia

cardiaca, lo que se traduce en una mejor atención, mejora de la calidad de vida y aumento en las tasas de supervivencia para los pacientes.

Los beneficios del ejercicio debidamente prescrito van más allá, pues se puede evidenciar el trabajo a nivel celular y como ayuda a mejorar la calidad de vida del paciente, siempre se debe realizar una evaluación completa previo al inicio de un programa de rehabilitación cardiaca para poder explotar al máximo todos los beneficios para los pacientes.

Conflictos de Intereses

El autor declara no tener ningún conflicto de intereses relacionado con este ensayo. La presente investigación no recibió financiación externa, y el autor no tiene ninguna relación financiera o personal con ninguna entidad que pueda intervenir en los resultados o conclusiones presentados en este ensayo.

Referencias

- Bellmann, B., Lin, T., Greissinger, K., Rottner, L., Rillig, A., & Zimmerling, S. (2020). *The beneficial effects of cardiac rehabilitation*. *Cardiology and Therapy*, 9(1), 35–44. <https://doi.org/10.1007/s40119-020-00164-9>
- Brown, T. M., Pack, Q. R., Aberegg, E., Brewer, L. C., Ford, Y. R., Forman, D. E., Gathright, E. C., Khadanga, S., Ozemek, C., & Thomas, R. J. (2024). Core components of cardiac rehabilitation programs: 2024 update: A scientific statement from the American Heart Association and the American Association of Cardiovascular and Pulmonary Rehabilitation. *Circulation*, 150(18), e328–e347. <https://doi.org/10.1161/CIR.0000000000001289>
- Couto-Mallón, D., González-Vilchez, F., Almenar-Bonet, L., Díaz-Molina, B., Segovia-Cubero, J., González-Costello, J., Delgado-Jiménez, J., Castel-Lavilla, M. A., Crespo-Leiro, M. G., Rangel-Sousa, D., Martínez-Sellés, M., Rábago-Juan-Aracil, G., De la Fuente-Galán, L., Blasco-Peiró, T., Hervás-Sotomayor, D., Garrido-Bravo, I. P., Mirabet-Pérez, S., Muñiz, J., & Barge-Caballero, E. (2019). Valor pronóstico de la concentración sérica de lactato en receptores de trasplante cardiaco urgente: Subanálisis del estudio multicéntrico español ASIS-TC. *Revista Española de Cardiología*, 72(3), 208–214. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2018.02.010>
- Dibben, G., Faulkner, J., Oldridge, N., Rees, K., Thompson, D. R., Zwisler, A. D., & Taylor, R. S. (2021). Exercise-based cardiac rehabilitation for coronary heart disease. *Cochrane Database of Systematic Reviews*, 2021(11), Article CD001800. <https://doi.org/10.1002/14651858.CD001800.pub4>
- Dong, S., Qian, L., Cheng, Z., Chen, C., Wang, K., Hu, S., Zhang, X., & Wu, T. (2021). Lactate and myocardial energy metabolism. *Frontiers in Physiology*, 12, Article 715081. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.715081>
- Gajewski, P., Wilk, M. M., Aleksandrowicz, K., Ponikowska, B., & Zymlinski, R. (2025). Lactate in heart failure. *International Journal of Molecular Sciences*, 26(14), 6810. <https://doi.org/10.3390/ijms26146810>
- Galenko, V., Lelyavina, T. A., Bortsova, M. A., & Sitnikova, M. Y. (2020). Aerobic physical training improves skeletal muscle metabolism in heart failure patients. *European Heart Journal*, 41(Suppl. 2). <https://doi.org/10.1093/ehjci/ehaa946.1068>

- Guimarães, G. V., Ribeiro, F., Castro, R. E., Roque, J. M., Machado, A. D. T., Antunes-Correa, L. M., Ferreira, S. A., & Bocchi, E. A. (2021). Effects of exercise training on skeletal muscle oxygen consumption in heart failure patients with reduced ejection fraction. *International Journal of Cardiology*, 343, 73–79. <https://doi.org/10.1016/j.ijcard.2021.08.050>
- Heber, S., Gleiss, A., Kuzdas-Sallabberger, M., Hausharter, M., Matousek, M., Ocenasek, H., Fischer, B., Volf, I., & Pokan, R. (2023). Effects of high-intensity interval training on gas-exchange measures and blood lactate concentrations during cardiopulmonary exercise testing in cardiac rehabilitation: A randomized controlled trial. *Scandinavian Journal of Medicine & Science in Sports*, 33(8), 1345–1359. <https://doi.org/10.1111/sms.14380>
- Lim, C., Dunford, E. C., Valentino, S. E., Oikawa, S. Y., McGlory, C., Baker, S. K., MacDonald, M. J., & Phillips, S. M. (2021). Both traditional and stair climbing–based HIIT cardiac rehabilitation induce beneficial muscle adaptations. *Medicine & Science in Sports & Exercise*, 53(6), 1114–1124. <https://doi.org/10.1249/MSS.0000000000002573>
- Nichols, S., O'Doherty, A. F., Taylor, C., Clark, A. L., Carroll, S., & Ingle, L. (2019). Low skeletal muscle mass is associated with low aerobic capacity and increased mortality risk in patients with coronary heart disease: A CARE CR study. *Clinical Physiology and Functional Imaging*, 39(1), 93–102. <https://doi.org/10.1111/cpf.12539>
- Niebauer, J. (2011). *Cardiac rehabilitation manual*. Springer. <https://doi.org/10.1007/978-3-319-47738-1>
- Patti, A., Merlo, L., Ambrosetti, M., & Sarto, P. (2021). Exercise-based cardiac rehabilitation programs in heart failure patients. *Heart Failure Clinics*, 17(2), 263–271. <https://doi.org/10.1016/j.hfc.2021.01.007>
- Romero-Gómez, J. R., Tárraga-Marcos, L., Romero-Gómez, B., & Tárraga-López, P. J. (2022). Análisis del ejercicio físico en la insuficiencia cardíaca. *Journal of Negative and No Positive Results*, 7(1), 64–97. <https://doi.org/10.19230/jonnpr.4442>
- Tauda, M., Bravo, E. C., & Rojas, F. S. (2024). Lactato y fuerza muscular como indicadores de eficacia del entrenamiento en población con riesgo cardíaco. *Retos*, 59, 202–215. <https://doi.org/10.47197/retos.v59.107231>
- Tucker, W. J., & Kitzman, D. W. (2022). Defining the specific skeletal muscle adaptations responsible for exercise training improvements in heart failure with preserved ejection fraction. *Circulation: Heart Failure*, 15(10), e010003. <https://doi.org/10.1161/CIRCHEARTFAILURE.122.010003>
- Valderrama, P., Carugati, R., Sardella, A., Flórez, S., de Carlos Back, I., Fernández, C., Abella, I. T., Grullón, A., Ribeiro Turquentto, A. L., Fajardo, A., Chiesa, P., Cifra, B., García-Cuenllas, L., Honicky, M., Augustemak de Lima, L. R., Franco Moreno, Y. M., Salinas, M. E., de Carvalho, T., Hülle Catani, L., ... Yáñez-Gutiérrez, L. (2024). Guía SIAC 2024 sobre rehabilitación cardiorrespiratoria en pacientes pediátricos con cardiopatías congénitas. *Revista Española de Cardiología*, 77(8), 680–689. <https://doi.org/10.1016/j.recesp.2024.02.017>

- Yuzefpolskaya, M., Schwartz, S., Ladanyi, A., Abraham, J., Gale, C. P., Grinstein, J., Klein, L., Majure, D. T., Phancao, A., Sheikh, F. H., Colombo, P. C., Januzzi, J. L., & Molina, E. J. (2025). The role of lactate metabolism in heart failure and cardiogenic shock: Clinical insights and therapeutic implications. *Journal of Cardiac Failure*. Advance online publication. <https://doi.org/10.1016/j.cardfail.2025.01.011>
- Zhang, H., Zhao, J., Yu, J., Zhang, X., Ran, S., Wang, S., Ye, W., Luo, Z., Li, X., Hao, Y., Zong, J., Li, R., Lai, L., Zheng, K., Huang, P., Zhou, C., Wu, J., Li, Y., & Xia, J. (2024). Lactate metabolism and lactylation in cardiovascular disease: Novel mechanisms and therapeutic targets. *Frontiers in Cardiovascular Medicine*, 11, Article 1489438. <https://doi.org/10.3389/fcvm.2024.1489438>
- Zhao, T., Le, S., Freitag, N., Schumann, M., Wang, X., & Cheng, S. (2021). Effect of chronic exercise training on blood lactate metabolism among patients with type 2 diabetes mellitus: A systematic review and meta-analysis. *Frontiers in Physiology*, 12, Article 652023. <https://doi.org/10.3389/fphys.2021.652023>