

DOI: <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.1001>

Revisión sistemática sobre oxigenación hiperbárica en la velocidad de desplazamiento del deportista

Systematic review on hyperbaric oxygenation on athlete's displacement speed

Pablo Buitrón Jácome

pabuitron@utn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0001-7800-2311>

Universidad Técnica del Norte

Ibarra – Ecuador

Jorge Elías Rivadeneira

jorge.ricaveneira@centrocicei.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-1179-7065>

Centro de Capacitación Internacional y Consultoría Educativa "Ibarra"

Ibarra – Ecuador

Elmer Meneses Salazar

eomeneses@utn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-3242-6247>

Universidad Técnica del Norte

Ibarra – Ecuador

Jazmín Montenegro Téquiz

jazmin.montenegro@centrocicei.edu.ec

<https://orcid.org/0009-0007-6330-2195>

Centro de Capacitación Internacional y Consultoría Educativa "Ibarra"

Ibarra – Ecuador

Marcelo Mina Ortega

mrmina@utn.edu.ec

<https://orcid.org/0000-0002-6354-1846>

Universidad Técnica del Norte

Ibarra – Ecuador

Artículo recibido: 03 de agosto de 2023. Aceptado para publicación: 19 de agosto de 2023.

Conflictos de Interés: Ninguno que declarar.

Resumen

La Oxigenación Hiperbárica (OHB) es un tratamiento médico no invasivo y alternativo trata diversas patologías, sin embargo, en el ámbito deportivo no ha sido ampliamente estudiada, se conocen los beneficios fisiológicos, sin embargo, no se han descubierto sus mecánicas o limitaciones, con la finalidad de establecer programas de entrenamiento que favorezcan el rendimiento deportivo. Con la OHB se mantiene elevado el oxígeno en los tejidos y en el músculo por más de cuatro horas, aumentando la actividad osteoclástica y osteoblástica, la tensión de oxígeno en el hueso, y otros fluidos corporales; mejorando la microcirculación, la actividad fagocítica de los glóbulos blancos; disminuyendo la agregación plaquetaria y la sobrecarga cardiaca; es bacteriostático, bactericida y antifúngico, entre otras acciones, mismos que pueden contribuir en mejorar la velocidad de utilización del ATP y fosfocreatina en la velocidad de desplazamiento en 100 metros planos y escalada. El objetivo es Transferir la energía desde la fosfocreatina al ADP para volver a transformarlo en ATP. Este estudio tiene como finalidad esclarecer el estado de aplicación sobre la OHB en el deporte. Se aplicó el método P

(Planificación) I (Investigación) Co (Comparación) y R (Resultados). Como resultados principales se descubrió que la OHB contribuye en el tratamiento de lesiones deportivas, regeneración muscular y el aumento de niveles de ATP en ratas. Se concluyó que no existen estudios experimentales que mediante la OHB mejoren la velocidad de desplazamiento en deportistas, descubriendo que se han realizado estudios experimentales para aumentar el funcionamiento mitocondrial sólo en ratas de laboratorio.

Palabras clave: oxigenación hiperbárica, velocidad de desplazamiento, medicina deportiva, metabolismo

Abstract

Hyperbaric Oxygenation (HBO) is a non-invasive and alternative medical treatment for various pathologies, however, in the field of sports it has not been widely studied, the physiological benefits are known, however, its mechanics or limitations have not been discovered, in order to establish training programs that promote sports performance. With HBO, oxygen is kept elevated in tissues and muscle for more than four hours, increasing osteoclastic and osteoblastic activity, oxygen tension in bone, and other body fluids; improving microcirculation, phagocytic activity of white blood cells; decreasing platelet aggregation and cardiac overload; it is bacteriostatic, bactericidal and antifungal, among other actions, which can contribute to improve the rate of ATP and phosphocreatine utilization in the speed of displacement in 100 meters flat and climbing. The objective is to transfer the energy from phosphocreatine to ADP to transform it back into ATP. This study aims to clarify the state of application of HBO in sport. The P (Planning), I (Investigation), Co (Comparison) and R (Results) methods were applied. As main results, it was discovered that HBO contributes to the treatment of sports injuries, muscle regeneration and the increase of ATP levels in rats. It was concluded that there are no experimental studies that by means of HBO improve the speed of displacement in athletes, finding that experimental studies have been conducted to increase mitochondrial functioning only in laboratory rats.

Keywords: hyperbaric oxygenation, travel speed, sports medicine, metabolism

Todo el contenido de LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades, publicados en este sitio está disponibles bajo Licencia Creative Commons . 

Como citar: Buitrón Jácome, P., Rivadeneira, J. E., Meneses Salazar, E., Montenegro Téquiz, J., & Mina Ortega, M. (2023). Revisión sistemática sobre oxigenación hiperbárica en la velocidad de desplazamiento del deportista. *LATAM Revista Latinoamericana de Ciencias Sociales y Humanidades* 4(2), 5558–5580. <https://doi.org/10.56712/latam.v4i2.1001>

INTRODUCCIÓN

La OHB pertenece al área de Medicina, sin embargo, actualmente es considerada como un tratamiento complementario debido a que es una rama relativamente joven dentro de la ciencia que se está propagando con rapidez entre la comunidad científica y de la salud. La investigación sobre OHB se ha ampliado en los últimos años, de tal manera que se está socializando en diversas revistas científicas sobre los efectos en pacientes con distintas patologías, sin embargo, los estudios en el ámbito deportivo son limitados, pero son amplios en todo lo relacionado con el efecto bioquímico, así como los beneficios.

La OHB se caracteriza por ser un tratamiento no invasivo para los pacientes, mismo que permite respirar el 100% oxígeno (O₂) bajo presiones atmosféricas totales (ATA) mayores a 1 a las que el paciente es sometido en el ambiente especial (Doria et al., 2018; Rivadeneira et al., 2022).

Los efectos de la OHB aplicados en el ámbito deportivo son amplios (Rivadeneira et al., 2017), puesto que favorece el transporte de oxígeno disuelto en el plasma sanguíneo a todos los músculos del cuerpo haciendo que aumente la oxigenación tisular en los tejidos (Fraga & Jordá-Vargas, 2011; Gavilanes Ramon et al., 2023), produce angiogénesis (Cannellotto et al., 2014), es bactericida (Smolle et al., 2021), aumenta el suministro de energía (Lei, 2023) en áreas inflamadas reduciendo el dolor físico (Ramallo et al., 2019), estimula la liberación de factores de crecimiento, reduce el estrés oxidativo acelerando la recuperación celular (Berner et al., 2014), mejora la capacidad de eliminación del lactato (Rivadeneira et al., 2017), entre otros.

La Catalasa es una de las defensas más importantes frente al estrés oxidativo y radicales libres (Poblete-Aro et al., 2018), en la epidermis es clave en la producción de fibroblastos (Rivadeneira et al., 2022), es antiinflamatoria (Alyafi et al., 2021; Wu et al., 2021), neutraliza los radicales libres, que provocan las arrugas y el envejecimiento, ayuda en el empleo del Zinc, Cobre y Magnesio, la Mn SOD protege a la mitocondria del daño de los radicales libres, estimula el centro de la memoria, es bacteriostático (Bhutani & Vishwanath, 2012) y tratamiento para la gangrena gaseosa, neovasculariza los tejidos.

El entrenamiento deportivo constituye uno de los procesos más fuertes para el organismo humano. Es un proceso pedagógico, en el que permanentemente se le enseña, examinando y evaluando al deportista se trabaja constantemente con el cuerpo humano de los deportistas, cada persona es un caso con sus particularidades físicas, intelectuales, etc., es necesario utilizar las especificaciones individuales en cada caso, ya sea el proceso del trabajo en equipo o individual (García García, 2020).

El rendimiento se mide de semana en semana, paulatinamente. Las curvas de rendimiento varían constantemente, se incluyen revisiones y correcciones en los métodos y técnicas de entrenamiento. Fisiológicamente se plantea que el ser humano en el campo del deporte ha llegado al límite fisiológico de los movimientos (Rivadeneira, 2015).

Según (Hernández Rodríguez & Bustos, 2017) cada deporte tiene grados de dificultad, esto quiere decir que disciplinas como el atletismo, la gimnasia, el salto en el trampolín y muchos otros han ido aumentando, por lo que los científicos han percibido la necesidad de experimentar nuevos y variados métodos que modifiquen para que las sesiones de entrenamiento sean más efectivas.

Se conoce como uno de los mecanismos de obtención de energía el sistema fosfocreatina, puesto que reserva abundantes enlaces de fosfato, entre 3 y 8 veces mayor que el Adenosin trifosfato (ATP). El sistema Adenosin trifosfato-fosfocreatina (ATP-PC) al ser un sistema que no depende de la presencia de oxígeno para producir ATP se le denomina sistema anaeróbico (Hu et al., 2017).

El sistema energético ATP-PC también es conocido por las denominaciones sistema de fosfágenos, sistema anaeróbico aláctico o sistema de fosforilación a nivel de sustrato, se caracteriza por una activación temprana durante el ejercicio, de activación inmediata (Ravaioli et al., 2018). A diferencia del sistema energético oxidativo y/o glicolítico que presentan una activación más tardía.

La fosfocreatina se almacena en el músculo liberando energía a las moléculas de Adenosin Di Fosfato (ADP) y Adenosin Monofosfato (AMP) para sintetizar ATP produciendo energía para aproximadamente 3 segundos de potencia. Este sistema energético del fosfágeno puede suministrar potencia muscular máxima para un período de 8 a 10 segundos (tiempo que duran las carreras de 100 metros), utilizándose el mismo inmediatamente para la contracción muscular.

Los mecanismos de obtención de energía como: el sistema de la Fosfocreatina, reserva abundante de enlaces fosfato, es 3 a 8 veces más que el ATP, la fosfocreatina se almacena en el músculo liberando energía a las moléculas de ADP y AMP para sintetizar ATP, produciendo energía para aproximadamente tres segundos de potencia, este sistema energético del fosfágeno puede suministrar potencia muscular máxima para un periodo de 8 a 10 segundos (100 metros), la energía almacenada en la fosfocreatina es utilizada inmediatamente para la contracción muscular, el sistema aeróbico obtiene ATP, por oxidación de hidratos de carbono, lípidos y proteínas, transformándose en glucosa y energía en presencia de O₂, se genera glucólisis aeróbica donde el músculo obtiene energía para sintetizar ATP.

METODOLOGÍA

La Revisión Sistemática de la Literatura (RSL) se llevó a cabo aplicando la metodología PICO_R que consistió en identificar el Problema de investigación (P), aquí se planteó preguntas de investigación y mapeo, así como la formulación de criterios de inclusión y exclusión de los artículos; Investigación (I), consistió en la recopilación de información sobre el problema actualizada de hasta 5 años antes, la información proviene de las siguientes bases de datos: Scopus y WOS; Comparador (Co), en esta fase se estudia lo que actualmente se está haciendo al respecto y se compara sobre la base del tema; Resultados (R) en el que se expone una síntesis de lo que se encontró en el procesamiento de información de la literatura y el mapeo.

Problema de Investigación (P)

Actualmente en Ecuador, y muy posiblemente en Latinoamérica, las Universidades que gradúan profesionales de carreras de Entrenamiento Deportivo y Pedagogía de la Actividad Física y Deporte (o a fines) no poseen un laboratorio especializado que concentre todos sus esfuerzos en el desarrollo de proyectos a favor de la Medicina Hiperbárica aplicada en el Deporte.

Sin embargo, la Universidad Técnica del Norte, mediante la Unidad Hiperbárica de Investigación Científica "Miguel Naranjo Toro" ha llevado a cabo proyectos de investigación para el desarrollo científico en el ámbito de la medicina deportiva, mismos que han favorecido el descubrimiento de los beneficios del uso de ambientes especiales con OHB.

Tabla 1

Preguntas de Investigación y Mapeo

Preguntas de Investigación (PI)	Preguntas de Mapeo (PM)
PI1. ¿Qué beneficios tiene la OHB sobre la producción de ADP y ATP? PI2. ¿Existe mayor producción de fosfocreatina con la OHB? PI3. ¿Se ha valorado el efecto de la OHB en la velocidad de desplazamiento? PI4. ¿Existe una relación entre la OHB y el VO2 máximo? PI5. ¿Existen estudios con diseños experimentales en el que se compruebe el efecto de la OHB en la velocidad de desplazamiento?	PM1. ¿En qué países es más estudiado el efecto de la OHB en deportistas? PM2. ¿Cuál es el autor que más ha investigado sobre la OHB en deportistas? PM3. ¿En qué revistas científicas publican más sobre OHB en deportistas? PM4. ¿Cuántos estudios se han realizado sobre OHB en deportistas en las bases de datos?

Tabla 2

Criterios de Inclusión y Exclusión

Criterios de Inclusión (CI)	Criterios de Exclusión (CE)
CI1. Entran en el estudio artículos científicos en inglés o español de acceso abierto. CI2. Se tomarán en cuenta artículos que demuestren los beneficios de la OHB en ADP, ATP, Estrés Oxidativo y VO2 máximo. CI3. Se incluirán artículos que se hayan desarrollado con diseños experimentales. CI4. Los artículos deben ser de máximo 5 años, es decir, a partir del 2017 en adelante.	CE1. Artículos científicos de RSL. CE2. Se excluyen artículos científicos que investiguen el efecto de OHB en áreas de especialidad médica diferentes de la medicina deportiva. CE3. Artículos científicos de 6 años atrás, es decir anteriores al 2017 no serán incluidos. CE4. Libros, capítulos de libros o memorias de congresos serán excluidos de la RSL. CE4. Artículos científicos que no sean de acceso abierto.

Investigación (I)

La búsqueda de información se realizó en las bases de datos SCOPUS y Web Of Science (WOS), puesto que permite crear cadenas de búsqueda para encontrar información de manera precisa. A todos estos artículos se aplicaron los CI y CE.

Para la búsqueda en ambas bases de datos se definió una ecuación de búsqueda que consistió en palabras y frases clave relacionadas con las dos variables, a través de estas se encontró información relevante. La ecuación se construyó a partir de las funciones de cada base de datos, estos se caracterizaron por realizar búsquedas mediante expresiones y operadores booleanos. Estas ecuaciones contienen los criterios de inclusión y exclusión planteadas en la fase anterior.

Tabla 3

Cadenas de búsqueda operadores booleanos por base de datos

SCOPUS
hyperbaric AND oxygenation AND atp AND PUBYEAR > 2016 AND PUBYEAR < 2024 AND (LIMIT-TO (LANGUAGE, "English") OR LIMIT-TO (LANGUAGE, "Spanish")) AND (LIMIT-TO (DOCTYPE, "ar")) AND (LIMIT-TO (PUBSTAGE, "final")) AND (LIMIT-TO (SRCTYPE, "j")) AND (LIMIT-TO (SUBJAREA, "MEDI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "BIOC") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "PHAR") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "CHEM") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "SOCI") OR LIMIT-TO (SUBJAREA, "HEAL")) AND (LIMIT-TO (OA, "all") OR LIMIT-TO (OA, "repository"))
WOS
https://www.webofscience.com/wos/woscc/summary/1eb2286d-d3a6-4d98-a150-1f48b021e204-99ff0ec5/relevance/1

Comparador (Co)

En la actualidad la OHB es aplicada como un tratamiento alternativo por ser relativamente nuevo en el ámbito científico, a pesar de que el origen de la OHB data de aproximadamente hace 300

Actualmente se han comprobado beneficios que tiene la OHB en seres vivos, ya que se han realizado diversos estudios que demuestran los beneficios de la OHB, aumentando el transporte de oxígeno desde la sangre hasta el músculo (Cannellotto et al., 2014), actúa como analgésico y antiinflamatorio en heridas y lesiones (Universidad TECH, 2017), es bacteriostático y bactericida (Rivadeneira et al., 2022), aumenta la elasticidad muscular disminuyendo ácidos grasos insaturados (Mihailovic et al., 2022), entre otros.

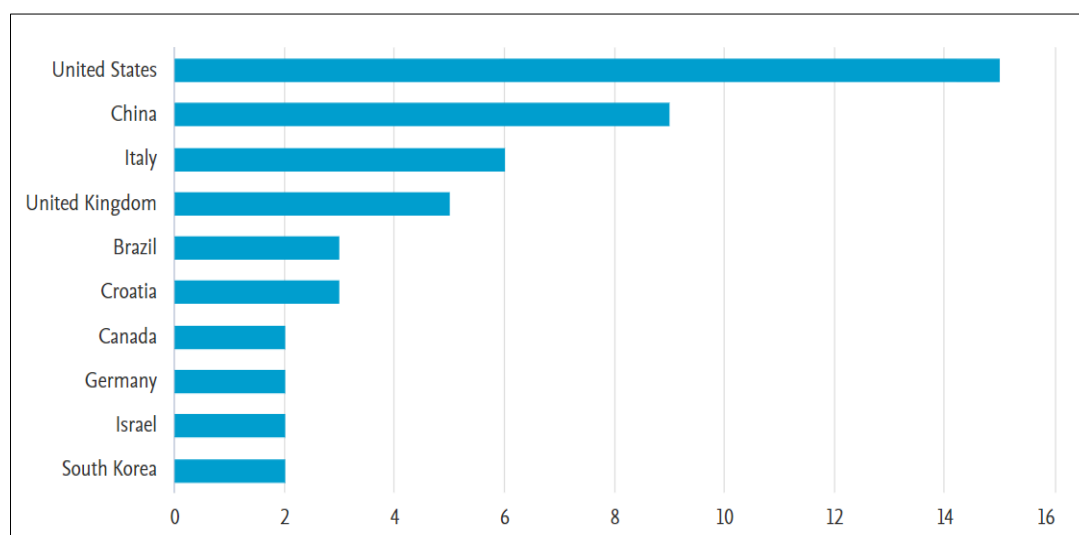
En el ámbito de la medicina deportiva se han realizado importantes descubrimientos sobre el efecto de la OHB en la regeneración de tejidos en lesiones (Rivadeneira et al., 2017), así como la prevención de estas. Sin embargo, hay otros estudios que demuestran la síntesis de ATP, el aumento de la fosfocreatina que favorece la contracción muscular, el aumento de O₂ en la sangre, entre otros.

A pesar de existir una gran cantidad de estudios sobre los beneficios y diversas aplicaciones de la OHB, es muy valioso que se demuestre de forma específica el efecto de OHB en los niveles de recuperación y gasto cardíaco, así como la valoración del nivel de VO₂ máximo y su relación con la producción de ATP, entre otros aspectos.

A continuación, se presentan las gráficas según las bases de datos.

Figura 1

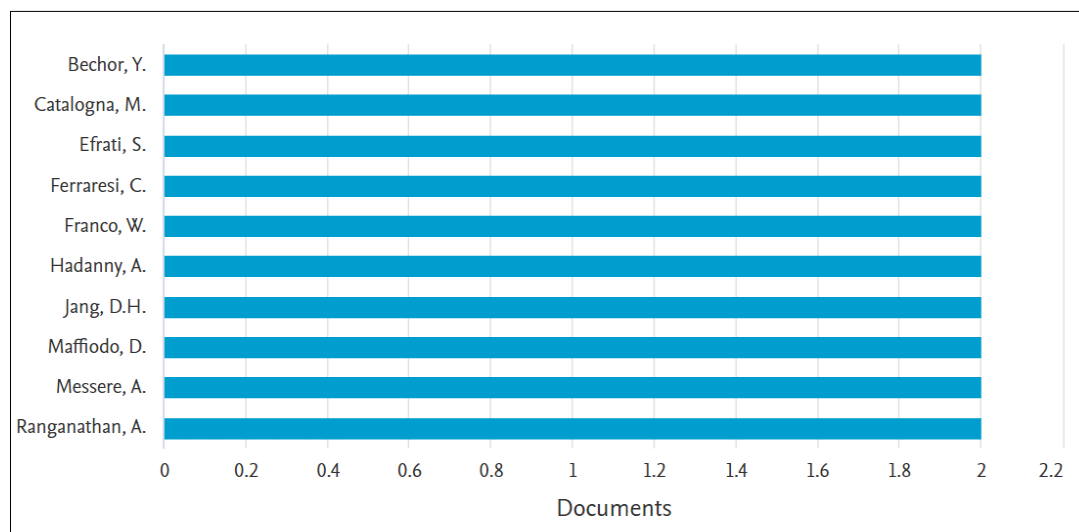
Comparativo de países que han realizado estudios sobre OHB publicados en SCOPUS



Nota: Métrica obtenida en la base de datos de SCOPUS.

Figura 2

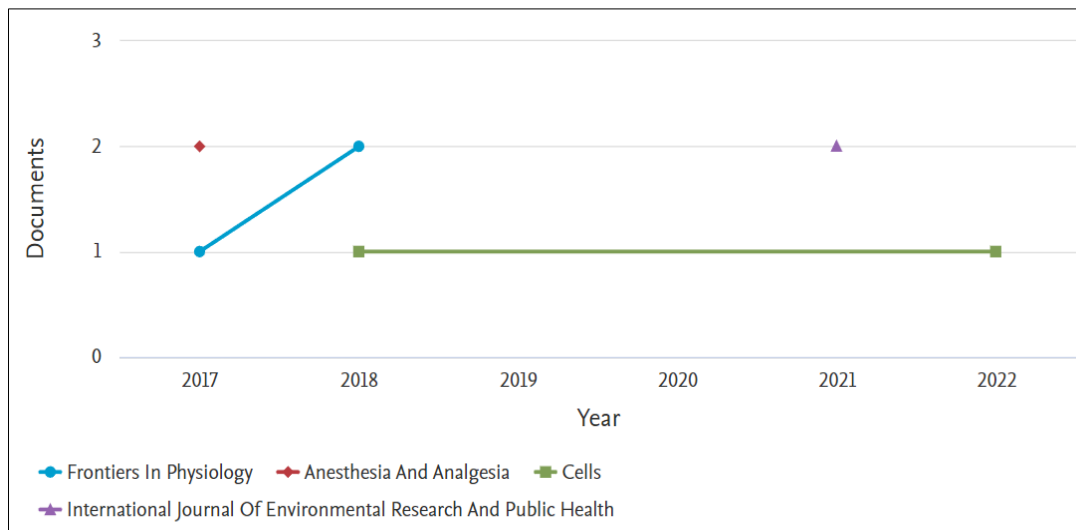
Comparativo de número de publicaciones por autores publicados en SCOPUS



Nota: Métrica obtenida en la base de datos de SCOPUS.

Figura 3

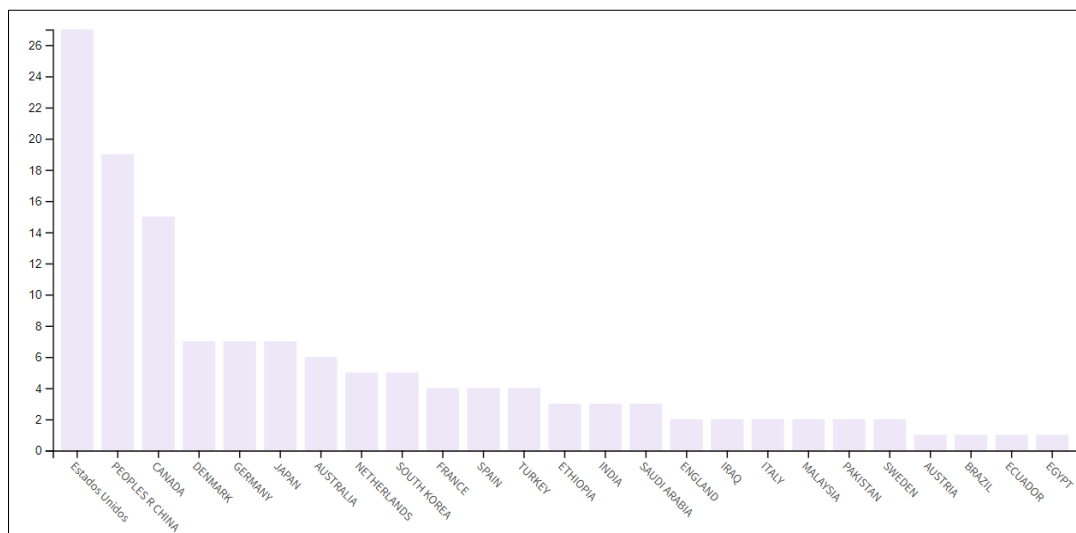
Comparativo de publicaciones por revistas en SCOPUS



Nota: Métrica obtenida en la base de datos de SCOPUS.

Figura 4

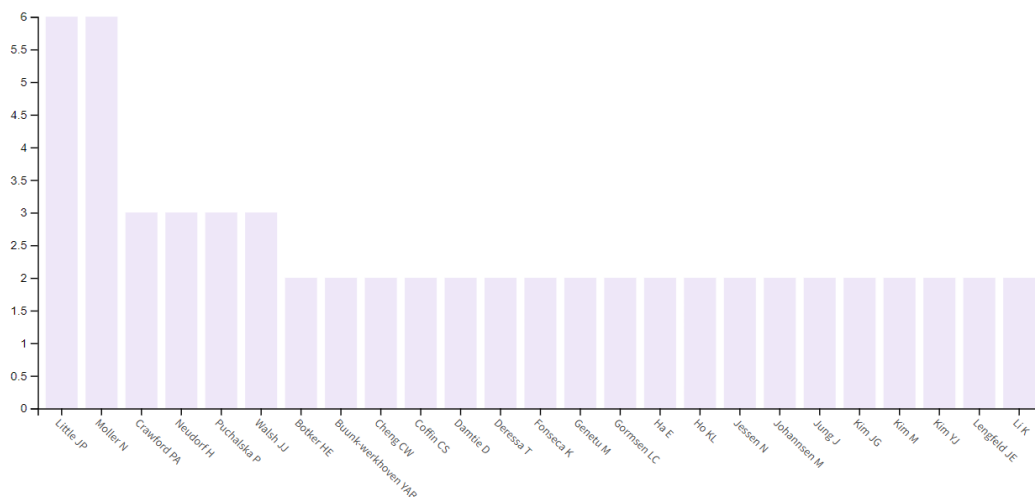
Comparativo de países que han realizado estudios sobre OHB publicados en WOS



Nota: Métrica obtenida en la base de datos de WOS.

Figura 5

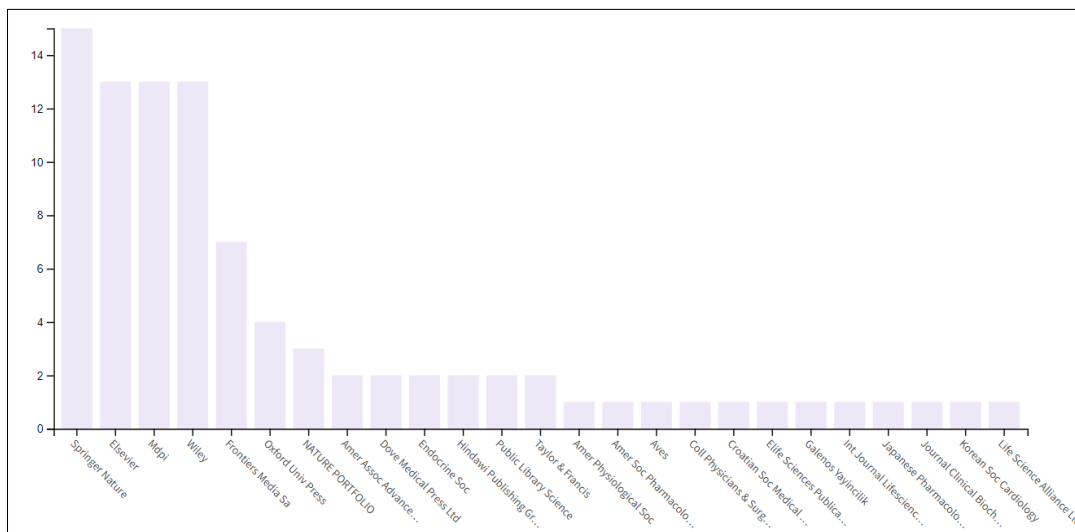
Comparativo de número de publicaciones por autores publicados en WOS



Nota: Métrica obtenida en la base de datos de WOS.

Figura 6

Comparativo de publicaciones por revistas en WOS



Nota: Métrica obtenida en la base de datos de WOS.

RESULTADOS

Figura 7

Diagrama de flujo del proceso de selección de artículos

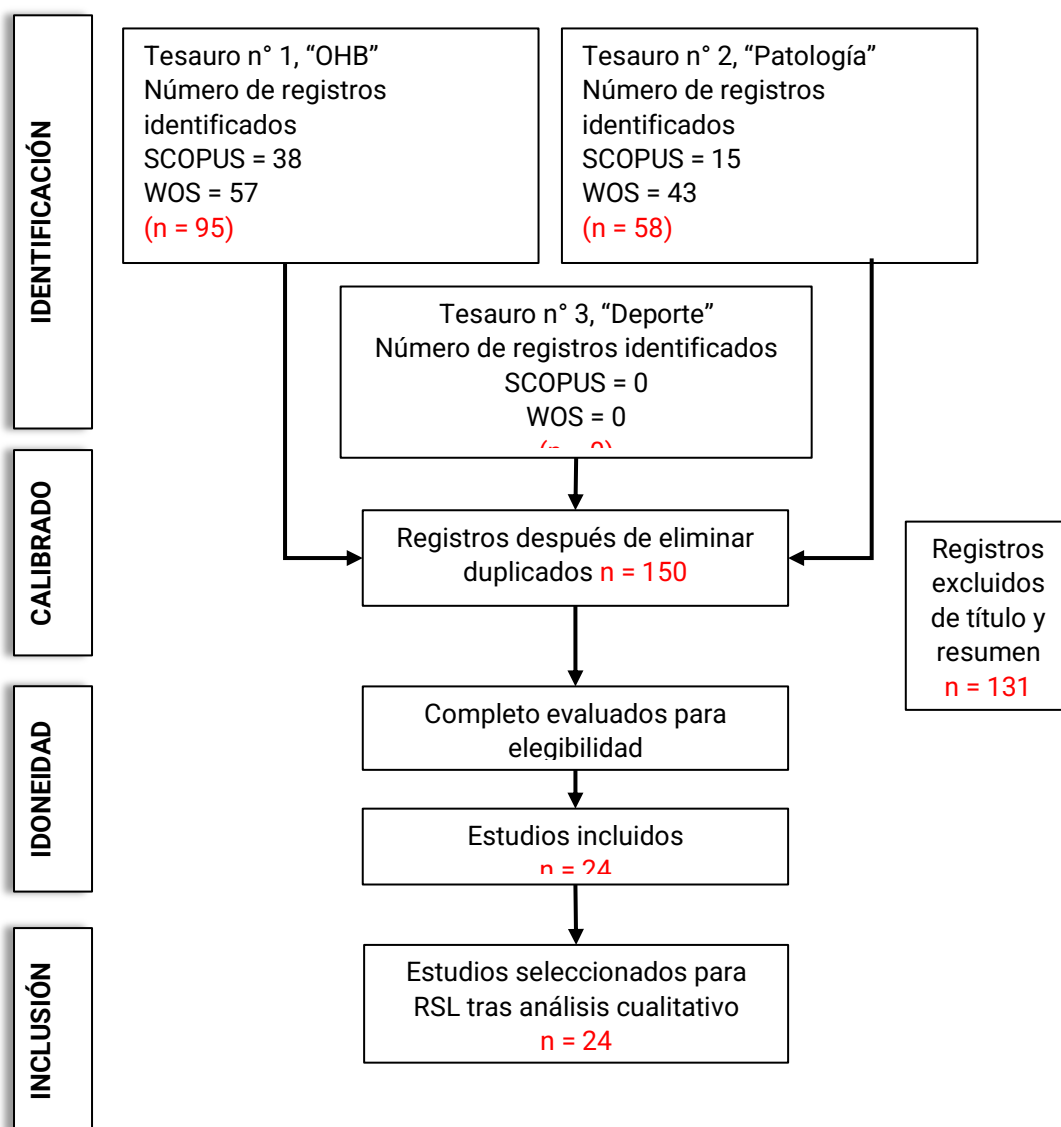


Tabla 1

Resumen de estudios seleccionados de SCOPUS y WOS

AUTORES	TÍTULO	AÑO	REVISTA	DOI	SÍNTESIS DE LA LECTURA
Sarabhai, Theresia; Mastrototaro, Lucia; Kahl, Sabine; Bönhof, Gidon J.; Jonuscheit, Marc; Bobrov, Pavel; Katsuyama, Hisayuki; Guthoff, Rainer; Wolkersdorfer, Martin; Herder, Christian; Meuth, Sven G.; Dreyer, Sven	Hyperbaric oxygen rapidly improves tissue-specific insulin sensitivity and mitochondrial capacity in humans with type 2 diabetes: a randomised placebo-controlled crossover trial	2023	Diabetologia	10.1007/s00125-022-05797-0	El estudio incluyó a 12 participantes con diabetes tipo 2 y se llevó a cabo en dos fases. En la primera fase, los participantes recibieron tratamiento con oxígeno hiperbárico (HBO) o con oxígeno normal (CON) durante 5 días. En la segunda fase, se realizó una prueba de tolerancia a la glucosa y una biopsia muscular para medir la sensibilidad a la insulina y la capacidad mitocondrial. Tratamiento con HBO mejoró significativamente la sensibilidad a la insulina en los tejidos musculares y adiposos, así como la capacidad mitocondrial en los músculos. Además, los participantes que recibieron HBO también experimentaron una reducción significativa en los niveles de glucosa en sangre en ayunas. Los autores concluyen que el tratamiento con HBO puede ser una terapia efectiva para mejorar la sensibilidad a la insulina y la capacidad mitocondrial en pacientes con diabetes tipo 2.
Berg Hansen, K., Christensen, S., Birkelund, T., Dalgaard, F., Wiggers, H.	Prolonged Cardiogenic Shock Due to Hydrogen Sulfide Intoxication Requiring Long-Term Venoarterial Extracorporeal Membrane Support	2022	JACC: Case Reports	https://doi.org/10.1016/j.jaccas.2022.05.035	El paciente fue rescatado de un pozo de estiércol después de perder el conocimiento y fue llevado al departamento de emergencias. Se le realizó una ecografía en el punto de atención, que reveló una fracción de eyección ventricular izquierda (FEVI) severamente reducida del 20%. Durante el transporte al departamento de emergencias, el paciente se volvió hipotensivo y requirió agentes vasopresores de alta dosis. Se le administró intubación y se le trató una convulsión generalizada con midazolam. En el caso presentado, se menciona que el paciente recibió dos tratamientos consecutivos de HBOT mientras estaba intubado. Sin embargo, no se menciona si la oxigenación hiperbárica fue aplicada antes o después de la implantación del circuito VA-ECMO. Por lo tanto, no se puede determinar con certeza si la oxigenación hiperbárica fue aplicada antes o después de la implantación del circuito VA-ECMO.
Silva, Thays C.; Aidar, Felipe J.; De Freitas Zanona,	The acute effect of hyperoxia on onset of blood lactate	2021	International Journal of Environment	10.3390/ijerph18094546	La investigación analiza el efecto agudo de la hiperoxigenación durante el ejercicio en corredoras femeninas. Se encontró que la hiperoxigenación contribuyó a una reducción en la concentración de

Aristela; Matos, Dihogo Gama; Pereira, Danielle D.; Rezende, Paulo Emmanuel Nunes; Ferreira, Alexandre Reis Pires; Junior, Heleno Almeida; Dos Santos, Jymmys Lopes; Dos Santos Silva, Devisson; Barbosa, Felipe Douglas Silva; Thuany, Mabliny	accumulation (Obla) and performance in female runners during the maximal treadmill test		al Research and Public Health		lactato y un retraso en la acumulación de lactato en la sangre durante el ejercicio. Sin embargo, la literatura sobre el uso de la hiperoxigenación en el rendimiento deportivo es inconclusa. Se sugiere una mayor investigación sobre el uso de la hiperoxigenación como recurso ergogénico en el entrenamiento de carrera, protocolos de intervalos y recuperación, así como los posibles efectos negativos. En general, se necesita más investigación para comprender completamente los efectos de la hiperoxigenación en el rendimiento deportivo y la producción de lactato. El artículo también explora la relación entre la hipoxemia arterial inducida por el ejercicio y el género, así como el uso de pruebas de ejercicio avanzadas para cardiólogos deportivos.
Skiba, M., Rękas-Dudziak, A., Bekała, A., Płotek, W.	Late application of hyperbaric oxygen therapy during the rehabilitation of a patient with severe cognitive impairment after a traumatic brain injury	2021	Clinical Case Reports	10.1002/ccr.3.3658	El estudio es un informe de caso que describe la experiencia de un paciente de 34 años que sufrió una lesión cerebral traumática grave después de un accidente de motocicleta. El paciente recibió terapia hiperbárica como parte de su rehabilitación y se observaron mejoras en sus funciones neurológicas, especialmente en la memoria a corto plazo. Sin embargo, se necesita más investigación para comprender completamente los efectos de la terapia hiperbárica en la recuperación de lesiones cerebrales traumáticas.
Hadanny, Amir; Forer, Relly; Volodarsky, Dina; Daniel-Kotovskiy, Malka; Catalogna, Merav; Zemel, Yonatan; Bechor, Yair; Efrati, Shai	Hyperbaric oxygen therapy induces transcriptome changes in elderly: a prospective trial	2021	Aging	10.18632/aging.203709	El estudio examinó los efectos de la terapia de oxígeno hiperbárico (HBOT) en la expresión génica en personas mayores. Se reclutaron 35 individuos, de los cuales 30 completaron el protocolo de HBOT. Se extrajo el ARN de las muestras de sangre y se utilizó el ensayo Clariom S para analizar la expresión génica. Se realizaron análisis estadísticos para determinar los cambios significativos en la expresión génica. Los resultados sugieren que la terapia de oxígeno hiperbárico puede tener efectos beneficiosos en la expresión génica en personas mayores. Estos efectos pueden mejorar la capacidad fisiológica y reducir la susceptibilidad a enfermedades relacionadas con la edad. Se necesitan más estudios para confirmar estos hallazgos y determinar la eficacia de la terapia de oxígeno hiperbárico

					como tratamiento para el envejecimiento y las enfermedades relacionadas con la edad.
Cevolani, D., Di Donato, F., Santarella, L., Bertossi, S., Cellerini, M.	Functional MRI (fMRI) evaluation of hyperbaric oxygen therapy (HBOT) efficacy in chronic cerebral stroke: A small retrospective consecutive case series	2021	International Journal of Environmental Research and Public Health	10.3390/ijerph18010190	El artículo presenta un estudio retrospectivo de una serie de casos consecutivos que evalúa la eficacia de la terapia de oxígeno hiperbárico (HBOT) en pacientes con accidente cerebrovascular crónico. Se utilizó la resonancia magnética funcional (fMRI) para evaluar la actividad cerebral antes y después del tratamiento con HBOT. Se incluyeron 10 pacientes en el estudio y se les administró HBOT durante 40 sesiones. Los autores concluyen que la terapia de oxígeno hiperbárico puede ser una opción de tratamiento efectiva para pacientes con accidente cerebrovascular crónico. Los resultados del estudio sugieren que HBOT puede mejorar la actividad cerebral en las áreas afectadas por el accidente cerebrovascular y mejorar la calidad de vida de los pacientes. Sin embargo, se necesitan estudios adicionales para confirmar estos hallazgos y determinar la eficacia a largo plazo de HBOT en pacientes con accidente cerebrovascular crónico.
ussein, O., Sawalha, K., Elazim, A.A., Greene-Chandos, D., Torbey, M.T.	Hyperbaric oxygen therapy after acute ischemic stroke with large penumbra: a case report	2020	Egyptian Journal of Neurology, Psychiatry and Neurosurgery	10.1186/s41983-020-00225-9	El artículo es un informe de caso que describe los resultados positivos de la terapia con oxígeno hiperbárico en una paciente de 62 años con una gran penumbra isquémica después de un accidente cerebrovascular agudo. La metodología utilizada fue la administración de oxígeno hiperbárico a la paciente durante 90 minutos, dos veces al día durante cinco días. Los resultados mostraron una mejora significativa en la perfusión cerebral y la función neurológica de la paciente después del tratamiento. La conclusión del estudio es que la terapia con oxígeno hiperbárico puede ser una opción de tratamiento efectiva para pacientes con accidente cerebrovascular agudo y grandes penumbras isquémicas. Sin embargo, se necesitan más estudios para confirmar estos resultados y determinar la mejor forma de administrar la terapia.

Chen, Wan; Lv, Liwen; Nong, Zhihuan; Chen, Xiaoyu; Pan, Xiaoron; Chen, Chunxia	Hyperbaric oxygen protects against myocardial ischemia-reperfusion injury through inhibiting mitochondria dysfunction and autophagy	2020	Molecular Medicine Reports	10.3892/mmr.2020.11497	El estudio se realizó en ratas Sprague-Dawley de ambos sexos, divididas en tres grupos: grupo sham, grupo de isquemia-reperusión (MIRI) y grupo de tratamiento con oxígeno hiperbárico (HBo). Se estableció el modelo MIRI mediante la ligadura de la arteria descendente anterior izquierda (LAD) durante 30 minutos y la reperusión durante 1 hora. El grupo HBo recibió tratamiento con oxígeno hiperbárico durante 1 hora después de la reperusión. Se analizaron la función mitocondrial y la vía de autofagia mediada por mTOR. El tratamiento con OHB mejoró significativamente la morfología mitocondrial, redujo el número de vesículas autofágicas y aumentó los niveles de ATP y carga de energía. Además, disminuyó los niveles de especies reactivas de oxígeno y citocromo c.
Cai, Xin-yi; Sun, Meng-si; Huang, Yun-peng; Liu, Zi-xuan; Liu, Chun-jie; Du, Cheng-fei; Yang, Qiang	Biomechanical Effect of L4–L5 Intervertebral Disc Degeneration on the Lower Lumbar Spine: A Finite Element Study	2020	Orthopaedic Surgery	10.1111/os.12703	El estudio de Wang et al. (2011) investigó el efecto de la oxigenación hiperbárica en la degeneración del disco intervertebral en un estudio in vitro con núcleo pulposo lumbar humano. La metodología consistió en exponer las células a la oxigenación hiperbárica y evaluar su viabilidad, síntesis de matriz y expresión génica. Los resultados mostraron que la oxigenación hiperbárica aumentó la viabilidad celular y la síntesis de la matriz, y reguló al alza la expresión de genes relacionados con la producción de matriz extracelular. El estudio concluyó que la oxigenación hiperbárica puede tener un efecto beneficioso sobre la degeneración del disco intervertebral al promover la viabilidad celular y la síntesis de la matriz.
Yuan, Junhua; Jiang, Qixiao; Song, Limin; Liu, Yuan; Li, Manwen; Lin, Qian; Li, Yanrun; Su, Kaizhen; Ma, Zhengye; Wang, Yifei; Liu, Defeng; Dong, Jing	L-carnitine is involved in hyperbaric oxygen-mediated therapeutic effects in high fat diet-induced lipid metabolism dysfunction	2020	Molecules	10.3390/molecules25010176	El estudio investigó los efectos de la terapia de oxígeno hiperbárico (HBO) en la disfunción del metabolismo lipídico inducida por una dieta alta en grasas y la obesidad en ratones C57/B6. Los investigadores buscaron determinar el papel de la L-Carnitina en los efectos terapéuticos de la HBO. El estudio involucró dividir a los ratones en diferentes grupos y someterlos a una dieta normal o una dieta alta en grasas durante 14 semanas. El tratamiento con HBO se administró durante las últimas 4 semanas del tratamiento dietético. Se midieron los pesos corporales de los ratones en diferentes momentos. El estudio concluyó que el tratamiento con HBO puede aliviar la disfunción del metabolismo de los ácidos grasos inducida por una dieta alta en grasas y la obesidad en ratones C57/B6. Esta mejora se asoció con la corrección de los niveles de L-Carnitina en la

					circulación y el músculo esquelético, así como los niveles de expresión de PPAR α . Los investigadores sugirieron que el tratamiento con HBO podría ser una terapia física prometedora para el manejo del síndrome metabólico y la obesidad.
Kun, L., Lu, L., Yongda, L., Xingyue, L., Guang, H.	Hyperbaric oxygen promotes mitophagy by activating CaMKK β /AMPK signal pathway in rats of neuropathic pain	2019	Molecular Pain	10.1177/1744806919871381	El estudio examinó el efecto de la oxigenoterapia hiperbárica (HBO) en la promoción de la mitofagia y la reducción del dolor neuropático en ratas. La metodología incluyó la administración de HBO a ratas con dolor neuropático y la evaluación de los niveles de mitofagia y dolor. Los resultados mostraron que la HBO aumentó significativamente la mitofagia y redujo el dolor neuropático en las ratas. Además, se encontró que la HBO activa la vía de señalización CaMKKb/AMPK, lo que lleva a un aumento de la mitofagia. En conclusión, la HBO puede ser una terapia efectiva para el dolor neuropático al promover la mitofagia a través de la activación de la vía de señalización CaMKKb/AMPK.
Thom, S.R., Bhopale, V.M., Yang, M.	Microparticle-induced vascular injury in mice following decompression is inhibited by hyperbaric oxygen: Effects on microparticles and interleukin-1	2019	Journal of Applied Physiology	10.1152/jap.1109.2018	El artículo de investigación examina los efectos del oxígeno hiperbárico en la lesión vascular inducida por micropartículas en ratones después de la descompresión. El estudio muestra que el oxígeno hiperbárico inhibe la elevación de las micropartículas cargadas con interleucina-1 β , las cuales pueden causar lesiones vasculares difusas. Los resultados sugieren que el oxígeno hiperbárico tiene beneficios terapéuticos potenciales en el tratamiento del síndrome de descompresión. Sin embargo, el artículo no proporciona un resumen o abstract específico.
Messere, Alessandro; Tschakovsky, Michael; Seddone, Stefano; Lulli, Gabriella; Franco, Walter; Maffiodo,	Hyper-oxygenation attenuates the rapid vasodilatory response to muscle contraction and compression	2018	Frontiers in Physiology	10.3389/fphys.2018.01078	El estudio se realizó en dos protocolos diferentes con un total de 18 sujetos sanos. En el primer protocolo, se midió la respuesta vasodilatadora a la compresión muscular en la pierna, mientras que en el segundo protocolo se midió la respuesta vasodilatadora a la contracción muscular isométrica en la mano. Se midió la oxigenación muscular y la hemodinámica local mediante espectroscopia cercana al infrarrojo continuo (NIRS). Los resultados mostraron que la hiper-

Daniela; Ferraresi, Carlo; Roatta, Silvestro					oxigenación inhibió la respuesta vasodilatadora rápida a la compresión muscular en la pierna y a la contracción muscular isométrica en la mano. Además, se encontró que la hiper-oxigenación aumentó la oxigenación muscular basal y redujo la capacidad de la hemoglobina para liberar oxígeno.
Ikejiri, Aauto Tsutomu; Neto, Frederico Somaio; Bertolotto, Paulo Roberto; Chaves, José Carlos; WakateTeruya, Alexandre Key; Kassuya, Cândida Aparecida Leite; Taha, Murched Omar; Fagundes, Djalma José	Effect of hyperbaric oxygenation on the expression of glutathione peroxidase 4 and lactoperoxidase genes in the lung of isogenic mice after ischemia/reperfusion injury in the small bowel	2018	Acta Cirurgica Brasileira	10.1590/s0102-865020180050000009	El estudio fue aprobado por el Comité de Ética en el Uso de Animales de la Universidade Federal de São Paulo y ratificado por el Comité de Ética en el Uso de Animales de la Universidade Federal da Grande Dourados. Se utilizaron 30 ratones machos adultos de la línea C57/BL6, que fueron sometidos a procedimientos quirúrgicos y de HBO en el Laboratorio de Cirugía Experimental de la Escuela de Ciencias de la Salud de la UFGD. Los animales fueron divididos en tres grupos: control, IIR y IIR + HBO. Los autores concluyen que la terapia de HBO puede ser una opción terapéutica efectiva para reducir el estrés oxidativo en los pulmones de los pacientes sometidos a IIR. Además, los resultados sugieren que la terapia de HBO puede mejorar la expresión de los genes de glutatión peroxidasa 4 y lactoperoxidasa en los pulmones, lo que puede contribuir a la reducción del daño tisular y la inflamación en los pulmones después de la lesión por IIR.
Peña-Villalobos, Isaac; Casanova-Maldonado, Ignacio; Lois, Pablo; Prieto, Catalina; Pizarro, Carolina; Lattus, José; Osorio, Germán; Palma, Verónica	Hyperbaric oxygen increases stem cell proliferation, angiogenesis and wound-healing ability of WJ-MSCs in diabetic mice	2018	Frontiers in Physiology	10.3389/fphys.2018.00995	El estudio se realizó en dos partes. En la primera parte, se evaluó el efecto de la terapia con oxígeno hiperbárico (HBOT) en la proliferación de células madre en el tejido intestinal de ratones. En la segunda parte, se evaluó el efecto de la HBOT en la curación de heridas en ratones diabéticos. Los resultados sugieren que la HBOT puede ser una terapia efectiva para mejorar la proliferación de células madre y la curación de heridas en pacientes diabéticos. Sin embargo, se necesitan más estudios para determinar la seguridad y eficacia de la HBOT en humanos.
Dejmek J.; Kohoutová M.; Kripnerová M.; Čedíková M.; Tůma Z.; Babuška V.; Bolek L.; Kuncová J.	Repeated exposure to hyperbaric hyperoxia affects mitochondrial functions of the lung fibroblasts	2018	Physiological Research	10.33549/physiolres.934046	En este estudio, se investigaron los efectos de la exposición repetida a la hiperoxia hiperbárica (HBO) en la función mitocondrial de los fibroblastos pulmonares. La metodología utilizada incluyó el teñido de actina con Phalloidin-Atto 488 y la visualización de la red mitocondrial con MitoTracker™ Red CMXRos. Se realizaron análisis de microscopía fluorescente y respirometría de alta resolución. El principal resultado obtenido fue que la exposición repetida a la

					HBO afectó la respiración mitocondrial en las células estudiadas. Se observaron cambios en la actividad mitocondrial y en la viabilidad celular después de la exposición a la HBO. Aplicaron OHB en células para comprobar el efecto en la mitocondria
Mihaljević, Zrinka; Matić, Anita; Stupin, Ana; Rašić, Lidija; Jukić, Ivana; Drenjančević, Ines	Acute hyperbaric oxygenation, contrary to intermittent hyperbaric oxygenation, adversely affects vasorelaxation in healthy Sprague-Dawley rats due to increased oxidative stress	2018	Oxidative Medicine and Cellular Longevity	10.1155/2018/7406027	Este estudio experimental utilizó pruebas estadísticas para evaluar los efectos de la oxigenación hiperbárica en ratas sanas. Los resultados mostraron que la oxigenación hiperbárica aguda tuvo un impacto negativo en la vasorrelajación debido al aumento del estrés oxidativo. En conclusión, este estudio sugiere que la oxigenación hiperbárica puede tener efectos negativos sobre la función endotelial y aumentar el estrés oxidativo en ratas sanas.
Shams, Z., khalatbary, A.R., Ahmadvand, H., Zare, Z., Kian, K.	Neuroprotective effects of hyperbaric oxygen (HBO) therapy on neuronal death induced by sciatic nerve transection in rat	2017	BMC Neurology	10.1186/s12883-017-1004-1	El artículo se centra en los efectos neuroprotectores de la terapia de oxígeno hiperbárico (HBO) en la muerte neuronal inducida por la transección del nervio ciático en ratas. El estudio involucró experimentos en animales, análisis de histología e inmunohistoquímica, y análisis bioquímicos. Se utilizó la técnica de tinción TUNEL y análisis de densitometría para evaluar los efectos de la terapia de HBO en la médula espinal y los ganglios de la raíz dorsal. El estudio fue financiado únicamente por la Universidad de Ciencias Médicas de Mazandaran y los procedimientos experimentales fueron aprobados por el comité ético. Lamentablemente, los hallazgos y conclusiones específicas del estudio no se mencionan en los textos proporcionados.
Kibel, Aleksandar; Selthofer-Relatic, Kristina; Drenjancevic, Ines; Bacun, Tatjana; Bosnjak, Ivica; Kibel, Dijana; Gros, Mario	Coronary microvascular dysfunction in diabetes mellitus	2017	Journal of International Medical Research	10.1177/0300060516675504	Se utilizaron ratas diabéticas para investigar los efectos de la oxigenación hiperbárica en la reactividad vascular a la angiotensina II y la angiotensina-(1-7). En el estudio 60, se midió la reactividad vascular en la arteria mesentérica superior de las ratas mediante el uso de un baño de órganos aislados. En el estudio 61, se midió la reactividad vascular en la arteria carótida común de las ratas mediante el uso de un sistema de perfusión in vitro. En ambos estudios, se midió la reactividad vascular antes y después de la

					exposición a la oxigenación hiperbárica. Se utilizaron ratas diabéticas para investigar los efectos de la oxigenación hiperbárica en la reactividad vascular a la angiotensina II y la angiotensina-(1-7). En el estudio 60, se midió la reactividad vascular en la arteria mesentérica superior de las ratas mediante el uso de un baño de órganos aislados. En el estudio 61, se midió la reactividad vascular en la arteria carótida común de las ratas mediante el uso de un sistema de perfusión in vitro. En ambos estudios, se midió la reactividad vascular antes y después de la exposición a la oxigenación hiperbárica.
Hu, Qin; Manaenko, Anatol; Bian, Hetao; Guo, Zongduo; Huang, Jun-Long; Guo, Zhen-Ni; Yang, Peng; Tang, Jiping; Zhang, John H.	Hyperbaric Oxygen Reduces Infarction Volume and Hemorrhagic Transformation Through ATP/NAD+/Sirt1 Pathway in Hyperglycemic Middle Cerebral Artery Occlusion Rats	2017	Stroke	10.1161/STROKEAHA.116.015753	En este estudio, se empleó el modelo de oclusión de la arteria cerebral media (MCAO) en ratas para investigar los efectos del oxígeno hiperbárico (HBO) en la reducción del volumen de infarto y la transformación hemorrágica en ratas MCAO hiperglucémicas. Se utilizaron 303 ratas Sprague Dawley macho adultas distribuidas aleatoriamente en 11 grupos. Se midió el contenido de agua en el cerebro y se realizó un examen neurológico a las 24 horas después de MCAO. Los investigadores estaban cegados a las asignaciones de grupo durante las evaluaciones de resultados. Se encontró que el tratamiento con HBO redujo significativamente el volumen de infarto y la transformación hemorrágica en ratas MCAO hiperglucémicas. Además, se demostró que la vía ATP/NAD+/Sirt1 desempeñó un papel crucial en los efectos beneficiosos del HBO.
Seyfried, T.N., Yu, G., Maroon, J.C., D'Agostino, D.P.	Press-pulse: A novel therapeutic strategy for the metabolic management of cancer	2017	Nutrition and Metabolism	10.1186/s12986-017-0178-2	Menciona que la terapia de oxigenación hiperbárica (HBOT, por sus siglas en inglés) se utiliza en combinación con la estrategia "press-pulse" para el manejo metabólico del cáncer. Se indica que la HBOT puede tener un efecto modesto contra el cáncer cuando se utiliza sola, pero parece ser más eficaz cuando se combina con el cuidado estándar. Se sugiere que la saturación del tumor con oxígeno puede revertir la hipoxia y suprimir el crecimiento tumoral. Además, se menciona que la HBOT aumenta el estrés oxidativo y la peroxidación lipídica de las células de glioblastoma multiforme (GBM) in vitro.

Manzhurtsev, AV; Vasiukova, OR; Sergeeva, VV;Menshchikov, PE; Ublinskiy, MV; Akhadov, TA; Semenova, NA	Cerebral metabolism after one hyperbaric oxygenation session: H-1 and P-31 magnetic resonance spectroscopy study	2020	Metanano	10.1088/17 42- 6596/1461/ 1/012090	Este estudio utilizó la espectroscopía de resonancia magnética para investigar los efectos de una sesión de oxigenación hiperbárica en el metabolismo cerebral. Se realizó una resonancia magnética en cada sujeto antes y después de la sesión de oxigenación hiperbárica. Los resultados mostraron un aumento significativo en la concentración de fosfocreatina y una disminución en la concentración de lactato en el cerebro después de la sesión de oxigenación hiperbárica. Además, se observó una disminución en la concentración de glutamato y una tendencia a la disminución en la concentración de N-acetilaspártato. Estos hallazgos sugieren que la oxigenación hiperbárica puede tener efectos beneficiosos en el metabolismo cerebral. Sin embargo, se necesitan más estudios para confirmar estos resultados y determinar las implicaciones clínicas de la oxigenación hiperbárica en el tratamiento de enfermedades cerebrales
Hetao Bian; Lei Huang; Bo Li, Qin Hu, Xiping Liang, Jiping Tang, John H Zhang	The arousal effect of hyperbaric oxygen through orexin/hypocretin an upregulation on ketamine/ethanol- induced unconsciousness in male rats	2020	The Journal neuroscienc e research	10.1002/jnr. 24414	En este estudio, los investigadores utilizaron un modelo de ratas macho anestesiadas con ketamina o etanol para investigar los efectos de la oxigenoterapia hiperbárica (OHB) en la recuperación de la inconsciencia. Se midió la duración de la pérdida del reflejo de enderezamiento derecho (LORR), se evaluaron los déficits neurológicos utilizando la puntuación de Garcia y se analizaron los niveles de ATP y orexina A en el tejido cerebral. El principal resultado del estudio fue que la OHB redujo significativamente la duración de la LORR y mejoró la puntuación de Garcia en las ratas anestesiadas con ketamina o etanol. Además, se observó un aumento en los niveles de ATP y orexina A en el tejido cerebral después del tratamiento con OHB.

DISCUSIÓN

En el análisis de los artículos filtrados de las bases de datos se encontró que estudios relacionados con la producción de ATP son apenas dos, ambos son experimentales, pero han sido aplicados en ratas (Chen et al., 2020) y no en deportistas, sin embargo, hay evidencia científica encontrada que ha demostrado el efecto de la OHB disminuye el nivel de oxidación a través de la mejora mitocondrial, permitiendo mejorar la elasticidad y rendimiento muscular (Sarabhai et al., 2023), entre otros beneficios.

Uno de los factores en el que la ciencia ha concentrado sus esfuerzos ha sido en el gasto de energía durante los entrenamientos y competencias. La recuperación de la energía disipada en ambos procesos en muchos deportistas es lenta, en el cual en muchas ocasiones el deportista debe volver a competir, por lo tanto, este aspecto se ha convertido en uno de los objetivos principales para los especialistas, mejorando así el rendimiento deportivo durante los entrenamientos o competencias.

Con la OHB se aplican las leyes de Boyle y Mariotte, Henry y Dalton, haciendo uso de la difusión y perfusión del O₂, disminuyendo el tiempo de cicatrización, aumentando aún más el ATP y el O₂ tisular por difusión simple actuando sobre la glándula pineal en la regeneración muscular por la estimulación de producción de melatonina, por lo tanto, provoca estimulación de las enzimas: Superoxidodismutasa, Glutatión y Catalasa (Doria et al., 2018).

La OHB ha demostrado que utilizando ambientes especiales mejora el desarrollo deportivo y la salud, permitiendo que la Universidad Técnica del Norte presente un proyecto piloto para todo en norte del País, en el que con OHB se reduzcan las amputaciones por pie diabético, mejore el rendimiento de los deportistas, se trate la esclerosis múltiple, artritis reumatoide, gangrena gaseosa, osteomielitis, cicatrización, intoxicaciones por CO₂, maceración por accidentes de tránsito, infarto al miocardio, disminuyendo los costos de uso hospitalario y médico por la rápida recuperación del paciente, intoxicación aguda por monóxido de carbono, mionecrosis, clostridial-gangrena gaseosa, infecciones necrotizantes de partes blandas no clostridiales, traumatismos agudos de partes blandas, síndrome de aplastamiento, síndromes compartimentales, retardos de cicatrización, quemaduras o lesiones etc.

La OHB estimula el sistema aeróbico o del ácido láctico, puesto que contribuye en el uso de la glucosa como producto inicial, obteniendo ácido láctico como producto final, acumulándose en sangre y tejidos, produciendo fatiga muscular. Cuando la actividad física aumenta, la demanda de O₂ y nutrientes de los músculos ejercitados incrementa el suministro sanguíneo y el gasto cardíaco, aumenta el consumo de O₂ proporcional a la carga, produciéndose una meseta de VO₂ porque a pesar de aumentar la carga el consumo de O₂ ya no aumenta.

La máxima potencia del sistema de transporte de O₂ es igual al consumo máximo de O₂ o VO₂ máximo. Contando con los sistemas reguladores: cardiovascular, nervioso, endocrino, respiratorio, urinario, digestivo, inmune etc., se mantiene esta condición natural de homeostasia.

El cuerpo usa la energía celular creada, esta se denomina ATP, es la fuente energética principal en el organismo, puesto que si un deportista realiza un entrenamiento intenso los músculos requerirán de un suministro adecuado para poder generar más ATP, lo que hace que la OHB sea eficiente para la producción de esta molécula energética, puesto que permite que el deportista inhale el 100% de oxígeno disuelto en la sangre mejorando la microcirculación y favoreciendo la recuperación y regeneración muscular en periodos de tiempo más cortos en comparación a una persona que no ha recibido OHB (Rivadeneira et al., 2017).

Es pertinente que se realicen estudios que propongan el estudio del VO₂ máximo en deportistas previo sesión de OHB, con la finalidad de evaluar el efecto de en la velocidad de desplazamiento.

CONCLUSIONES

La producción del ATP depende exclusivamente de la cantidad de oxígeno que exista en el cuerpo, por lo que en una actividad física o entrenamiento intenso los músculos consumen grandes cantidades de O₂, por lo tanto, la OHB genera mayor cantidad de O₂ disuelta en la sangre del deportista, consecuentemente dispondrá mayor cantidad de ATP para activar la circulación sanguínea y consecuentemente su microcirculación llevando más flujo sanguíneo a las partes del cuerpo más alejadas del corazón, esto aumenta el suministro de energía, así mismo contribuye en la pronta recuperación muscular, permitiendo que los músculos descompongan el ATP para obtener más velocidad y resistencia. En consecuencia, la producción de ATP se encuentra relacionada directamente con la velocidad de desplazamiento y resistencia de un deportista.

La RSL concluyó que no se encontraron artículos en SCOPUS y WOS sobre el efecto de la OHB en el aumento del ATP, así como la valoración del VO₂ máximo en deportistas, los dos únicos estudios que se han encontrado con respecto al ATP y el fortalecimiento de las paredes de la mitocondria fueron en ratas y no en humanos.

REFERENCIAS

- Alyafi, T., Al-Marzouki, A.-H. H., & Al Hassani, A. N. (2021). Therapeutic Outcome of Burn Patients Treated With Hyperbaric Oxygen. <https://doi.org/10.7759/cureus.18671>
- Berner, J., Vidal, P., Will, P., Castillo, P., & Raúl Yazigi Santiago, C. J. (2014). Uso de oxígeno hiperbárico para el manejo de heridas: bases físicas, biológicas y evidencia disponible. In *Rev Med Chile* (Vol. 142).
- Bhutani, S., & Vishwanath, G. (2012). Hyperbaric oxygen and wound healing. In *Indian Journal of Plastic Surgery* (Vol. 45, Issue 2, pp. 316–324). <https://doi.org/10.4103/0970-0358.101309>
- Cannellotto, M., Romero-Feris, D., Pascuccio, M., & Jordá-Vargas, L. (2014). Aplicaciones médicas de las cámaras de oxigenación hiperbárica de nueva generación. In *Revista de la Asociación Médica Argentina* (Vol. 131).
- Chen, W., Lv, L., Nong, Z., Chen, X., Pan, X., & Chen, C. (2020). Hyperbaric oxygen protects against myocardial ischemia-reperfusion injury through inhibiting mitochondria dysfunction and autophagy. *Molecular Medicine Reports*, 22(5), 4254–4264. <https://doi.org/10.3892/mmr.2020.11497>
- Doria, E., Rivadeneira, J.-E., Yépez, Á., Yandún, S., Realpe, Z., Pérez, H., & Suasti, W. (2018). Tratamiento con Oxigenación Hiperbárica en quemaduras producidas por uso inadecuado del láser. *Ecos de La Academia*, 4(8), 39–45.
- Fraga, P. M. E., & Jordá-Vargas, L. (2011). Bioquímica de la oxigenación hiperbárica. *Revista Bioquímica y Patología Clínica*, 85(2), 58–65.
- García García, Ó. (2020). La pedagogía del entrenamiento deportivo ¿un concepto antiguo o anticuado? *Revista Española de Educación Física y Deportes*, 431, 15–17.
- Gavilanes Ramon, J. F., García, S., Machado Fernandez, M. G., Ortega, D., Yanez, B., & Pucha, K. (2023). Oxigenoterapia hiperbárica en pacientes con fibromialgia. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7(1), 2168–2185. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v7i1.4577
- Hernández Rodríguez, K. A., & Bustos, D. C. (2017). Consideraciones metodológicas para el entrenamiento deportivo en atletismo en edades de 12-14 años. *Actividad Física y Deporte*, 17–35.
- Hu, Q., Manaenko, A., Bian, H., Guo, Z., Huang, J. L., Guo, Z. N., Yang, P., Tang, J., & Zhang, J. H. (2017). Hyperbaric Oxygen Reduces Infarction Volume and Hemorrhagic Transformation Through ATP/NAD⁺/Sirt1 Pathway in Hyperglycemic Middle Cerebral Artery Occlusion Rats. *Stroke*, 48(6), 1655–1664. <https://doi.org/10.1161/STROKEAHA.116.015753>
- Lei, D. (2023). Cardiopulmonary Capacity Under Endurance Running Training. *Revista Brasileira de Medicina Do Esporte*, 29, 1–4. https://doi.org/10.1590/1517-8692202329012022_0513
- Mihailovic, T., Bouzigon, R., Bouillod, A., Grevillot, J., & Ravier, G. (2022). Post-Exercise Hyperbaric Oxygenation Improves Recovery for Subsequent Performance. *Research*
- Poblete-Aro, C., Russell-Guzmán, J., Parra, P., Soto-Muñoz, M., Villegas-González, B., Cofré-Bolados, C., & Herrera-Valenzuela, T. (2018). [Exercise and oxidative stress in type 2 diabetes mellitus]. *Revista Medica de Chile*, 146(3), 362–372. <https://doi.org/10.4067/S0034-98872018000300362>

Quarterly for Exercise and Sport, 10((2)), 49–53.
<https://doi.org/10.1080/02701367.2021.2002797>

Ramallo, L., Verdini, F., & Jordá-Vargas, L. (2019). Terapia de oxigenación hiperbárica en el tratamiento del dolor. In *Rev. Hosp. Ital. B.Aires* (Vol. 39, Issue 3).

Ravaioli, M., Baldassarre, M., Vasuri, F., Pasquinelli, G., Laggetta, M., Valente, S., De Pace, V., Neri, F., Siniscalchi, A., Zanfi, C., Bertuzzo, V. R., Caraceni, P., Trerè, D., Longobardi, P., & Pinna, A. D. (2018). Strategies to Restore Adenosine Triphosphate (ATP) Level After More than 20 Hours of Cold Ischemia Time in Human Marginal Kidney Grafts. *Annals of Transplantation*, 23, 34–44.
<https://doi.org/10.12659/AOT.905406>

Rivadeneira, J.-E., Buitrón-Jácome, P., Meneses-Salazar, E., Yandún-Yalamá, V., & López Castillo, A. P. (2022). Oxigenación hiperbárica como proceso complementario en la regeneración de la piel en quemadura térmica utilizando hiperoxia con vasoconstricción. *ECOS DE LA ACADEMIA*, 8(16), 99–110. <https://doi.org/10.53358/ecosacademia.v8i16.745>

Rivadeneira, J.-E., Yépez, F., Realpe, Z., Salazar, P., Yandún, S., Suasti, W., Pérez, H., & Doria, E. (2017). El ozono y la oxigenación hiperbárica: una vía para mejorar la recuperación en lesiones deportivas. *Ecos de La Academia*, 3(6), 171–179.

Sarabhai, T., Mastrototaro, L., Kahl, S., Bönhof, G. J., Jonuscheit, M., Bobrov, P., Katsuyama, H., Guthoff, R., Wolkersdorfer, M., Herder, C., Meuth, S. G., Dreyer, S., & Roden, M. (2023). Hyperbaric oxygen rapidly improves tissue-specific insulin sensitivity and mitochondrial capacity in humans with type 2 diabetes: a randomised placebo-controlled crossover trial. *Diabetologia*, 66, 57–69.
<https://doi.org/10.1007/s00125-022-05797-0/Published>

Smolle, C., Lindenmann, J., Kamolz, L., & Smolle-Juettner, F. M. (2021). The history and development of hyperbaric oxygenation (HBO) in thermal burn injury. In *Medicina (Lithuania)* (Vol. 57, Issue 1, pp. 1–24). MDPI AG. <https://doi.org/10.3390/medicina57010049>

Universidad TECH. (2017). Historia de la medicina hiperbárica Introducción a la medicina hiperbárica.

Wu, X., Liang, T. Y., Wang, Z., & Chen, G. (2021). The role of hyperbaric oxygen therapy in inflammatory bowel disease: A narrative review. *Medical Gas Research*, 11(2), 66–71.
<https://doi.org/10.4103/2045-9912.311497>