

Moisés Soliño Hermelo

OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA.

REVISIÓN SISTEMÁTICA

TRABAJO DE FINAL DE GRADO

Dirigido por la Dra. Isabel Salvat Salvat

Grado de Fisioterapia



UNIVERSITAT ROVIRA I VIRGILI

Reus

2022

AGRADECIMIENTOS

Quiero expresar mi agradecimiento a todos los que me han ayudado a lo largo de estos años, que me han hecho crecer como profesional y principalmente como persona. En especial, a mi tutora, Isabel Salvat, gracias por el seguimiento, dirección, ayuda y dedicación constante mostrada a lo largo de este trabajo. También agradecer a mi familia la motivación y el fiel apoyo brindado desde la distancia, lo habéis dado todo por mí y espero algún día poder devolvéroslo.

Papá, mamá, Manuel y abuelos, siempre estaré eternamente agradecido, va por vosotros.

RESUMEN

Objetivo:

El objetivo de este estudio es evaluar la eficacia de la oxigenoterapia hiperbárica en patologías y sucesos susceptibles de ser tratados con fisioterapia.

Metodología:

Se realizó una búsqueda de ensayos clínicos aleatorizados en las bases de datos Medline, Pubmed, Cochrane Library, PEDro y EBSCO. Para diseñar los criterios de inclusión y exclusión se siguió el acrónimo PICOS y la calidad de los estudios fue analizada mediante las escalas Cochrane y PEDro.

Resultados:

Se analizaron 20 estudios donde participaron un total de 1.499 personas, con distintos procesos, en ellos se demostró que la oxigenoterapia hiperbárica produce cambios fisiológicos y bioquímicos, mejoras significativas en la puntuación de diversas escalas que analizan la calidad de vida, la funcionalidad y los síntomas de los participantes. Además, también se observó una mejora en puntuaciones del dolor, fatiga, tiempo de cicatrización de las heridas y en el tiempo total de rehabilitación.

Conclusión:

Los hallazgos respaldan que la oxigenoterapia hiperbárica puede ser un método eficaz e influyente en la recuperación de patologías susceptibles a ser tratadas con fisioterapia.

Palabras clave:

“Oxigenación Hiperbárica, Modalidades de Fisioterapia, Patología Clínica”.

ABSTRACT

Objective:

The aim of this study is to evaluate the efficacy of hyperbaric oxygen therapy in pathologies and events susceptible to be treated with physiotherapy.

Methodology:

A search for randomized clinical trials was carried out in the Medline, Pubmed, Cochrane Library, PEDro and EBSCO databases. PICOS parameters were followed to select studies, inclusion and exclusion criteria were applied and study quality was analyzed using the Cochrane and PEDro scales.

Results:

We analyzed 20 studies involving a total of 1499 people, with different processes, which showed that HBOT produces physiological and biochemical changes, significant improvements in the score of various scales that analyze the quality of life, functionality and symptoms of the participants. In addition, improvements in pain scores, fatigue, wound healing time and total rehabilitation time were also observed.

Conclusion:

The findings support that hyperbaric oxygen therapy can be an effective and influential method in the recovery of pathologies amenable to physiotherapy treatment.

Key words:

“Hyperbaric Oxygenation, Physical Therapy Modalities, Clinical Pathology”.

1- INTRODUCCIÓN

La oxigenoterapia hiperbárica (HBOT) es la administración terapéutica de oxígeno al 100% a presiones superiores a 1 atmósfera absoluta (ATA). Para administrarla se coloca al paciente en una cámara multiplaza o monoplaza a una presión de entre 1,3-3,0 ATA durante un periodo de entre 60 y 120 min (1).

Al respirar oxígeno normobárico y a temperatura ambiente, el porcentaje de oxígeno en sangre es del 97%, la presión arterial de oxígeno es de 100 mmHg, su presión tisular es de 55 mmHg y en cada litro de sangre hay aproximadamente 3 mL de oxígeno disponible. No obstante, al respirar oxígeno al 100% a 3 ATA, las presiones de oxígeno arterial y tisular aumentan a 2.000 y 500 mmHg, respectivamente, lo que permite que por cada litro de sangre se dispongan aproximadamente 60 mL de oxígeno. En respuesta a esta gran cantidad de oxígeno disponible, los tejidos corporales podrían permanecer potencialmente oxigenados incluso en ausencia del oxígeno transportado por la hemoglobina. Por lo tanto, la oxigenación hiperbárica permite oxigenar aquellas zonas de tejido dañado, incluso si el paso de la sangre está obstruido o cuando los glóbulos rojos son incapaces de transportar oxígeno por sí mismos (2).

En efecto, el oxígeno, como otros gases, reacciona con presurización y despresurización; cuando la concentración de oxígeno aumenta, también aumenta su gradiente de difusión debido a su solubilidad bajo presión, lo que permite una penetración profunda en los tejidos. Es por este principio que el tratamiento con oxigenación hiperbárica ayuda en la reparación de áreas tisulares mal perfundidas, hipóxicas, isquémicas, infartadas o necróticas (2).

Aunque el uso terapéutico de la medicina hiperbárica se remonta al siglo XVII, con el paso de los años su uso se ha ido extendiendo a una gran variedad de campos y patologías y cada vez es más común escuchar, en los medios de comunicación, acerca de grandes deportistas que se ven beneficiados por la utilización de esta terapia (2). A pesar de ello, se debe indagar si detrás de todas estas aplicaciones hay evidencia científica.

Así, como menciona Moghadam N *et al.*, los estudios en deportistas son escasos a pesar del uso generalizado de la HBOT entre ellos y se requieren estudios científicos rigurosos antes de concluir si la HBOT puede facilitar el regreso al juego de los atletas (3). Tampoco se conoce bien la eficacia de la HBOT en el tratamiento de lesiones deportivas; aunque los resultados han demostrado ser prometedores, los estudios se han visto limitados debido al pequeño

tamaño de las muestras, la falta de cegamiento y a los problemas de aleatorización (1). Además, son aún menos los estudios que hacen referencia al uso de la oxigenoterapia hiperbárica en deportistas de alto nivel.

Por otra parte, con respecto al tratamiento con oxígeno hiperbárico, aún es necesario determinar las condiciones óptimas para su aplicación. Las atmósferas utilizadas, la duración de las sesiones, la frecuencia de las mismas y la duración del tratamiento son variables que pueden afectar a los resultados (1); por todo esto, determinar cuáles son los parámetros utilizados en la medicina hiperbárica será un objetivo de esta revisión.

2- OBJETIVOS

- **General**

- Analizar los efectos de la oxigenoterapia hiperbárica en patologías y procesos susceptibles de ser tratados con fisioterapia.

- **Específicos**

- Determinar en qué patologías se utiliza la medicina hiperbárica y su eficacia.
- Analizar el empleo del oxígeno hiperbárico en el deporte y su eficacia.
- Determinar cuáles son los parámetros más utilizados en la medicina hiperbárica.

3- METODOLOGÍA

Para realizar la revisión sistemática con unos criterios de calidad metodológica se han seguido las indicaciones de la declaración PRISMA, guía de comprobación de revisiones sistemáticas y metaanálisis (4) y el instrumento AMSTAR-2, una herramienta de evaluación crítica de revisiones sistemáticas de estudios de intervenciones de salud que consiste en 16 ítems que evalúan de manera global la calidad metodológica de una revisión sistemática (5). En cuanto a los criterios de elegibilidad y a la prestación de los resultados, se especificarán las características de los estudios según cada uno de los elementos del acrónimo PICOS (P problema o paciente; I intervención, tratamiento; C comparación; O resultados; S estudios).

3.1. Protocolo y registro

Este trabajo no está registrado en ninguna base de datos ya que esta contextualizado dentro del trabajo de final de grado de Fisioterapia dentro del curso académico 2021-2022. Se ha comprobado que no haya ningún estudio similar en la base de datos de revisiones sistemáticas PROSPERO (6) con la búsqueda “Hyperbaric Medicine” donde se encontraron 16 resultados entre los años 2014 y 2021 pero ninguno con el enfoque mostrado en este estudio. Los resultados obtenidos tenían un enfoque más específico donde se centran en temas como “las secuelas neuropsiquiatrias tardías por intoxicación de monóxido de carbono” o “resultado visual después de la oclusión aguda de la arteria de la retina”, por lo tanto, se considera que no hay estudios con objetivos similares a los de este trabajo.

3.2. Criterios de elegibilidad

Los ensayos clínicos se han seleccionado según el acrónimo PICOS:

P- Problema, paciente o población. Pacientes humanos. Se excluyen los estudios realizados en animales.

I- Intervención. Intervenciones realizadas mediante terapias de oxígeno hiperbárico.

C-Comparación. Grupo control que reciba una intervención placebo o cualquier otra terapia.

O- Resultados. Parámetros cuantitativos o cualitativos que registren cambios en el paciente.

S- Estudios. Ensayos clínicos.

3.3. Criterios de inclusión

- Ensayo clínico aleatorizado.
- Que cuente con un grupo control o placebo.
- Idioma de publicación inglés o castellano.
- Participantes humanos.
- Fecha de publicación 2012-2022.

3.4. Criterios de exclusión

- Sujetos con trastorno espectro autista.
- Sujetos con cistitis.
- Sujetos con ceguera.
- Estudios realizados en animales.

3.5. Fuentes de información

La búsqueda sistemática de los artículos para realizar la revisión sistemática se realizó entre el 23 de noviembre de 2021 y el 20 de enero de 2022. Las bases de datos consultadas fueron Cochrane Library, PEDro, EBSCO host, Pubmed y MEDLINE.

La primera búsqueda exploratoria se realizó durante el mes de junio del 2021; a partir de esta búsqueda inicial se decidió modificar los parámetros de las estrategias de búsqueda y se realizó una búsqueda sistemática más concreta a lo largo de los meses de noviembre, diciembre y enero.

3.6. Estrategia de búsqueda

La fórmula de búsqueda que fue utilizada en Cochrane Library, PEDro y Pubmed fue la siguiente:

“Hyperbaric Oxygenation” AND (“therapeutics” OR “muscles” OR “brain” OR “prevention and control”). Todas estas palabras clave fueron introducidas previamente en el Mesh. Además, en los buscadores MEDLINE y EBSCO host donde no existe la opción de filtrar por tipo de estudio también se añadió la extensión AND (“randomized controlled trial”).

La bibliografía utilizada se exportó de las bases de datos mencionadas a Mendeley Desktop, gracias a la cual se eliminaron los artículos ilegibles y duplicados a través de la herramienta de automatización.

3.7. Evaluación del riesgo de sesgo

Cada estudio será valorado a través de la escala de sesgo de Cochrane (ANEXO 1) a través de siete ítems. Para su realización se seguirán las indicaciones del Manual Cochrane 5.1.0 (7).

Esta escala es una herramienta desarrollada por la “Cochrane Collaboration” para evaluar la metodología de la evidencia científica siendo útil en revisiones sistemáticas para el análisis individual de los ensayos clínicos incluidos.

3.8. Análisis del contenido y calidad de los estudios

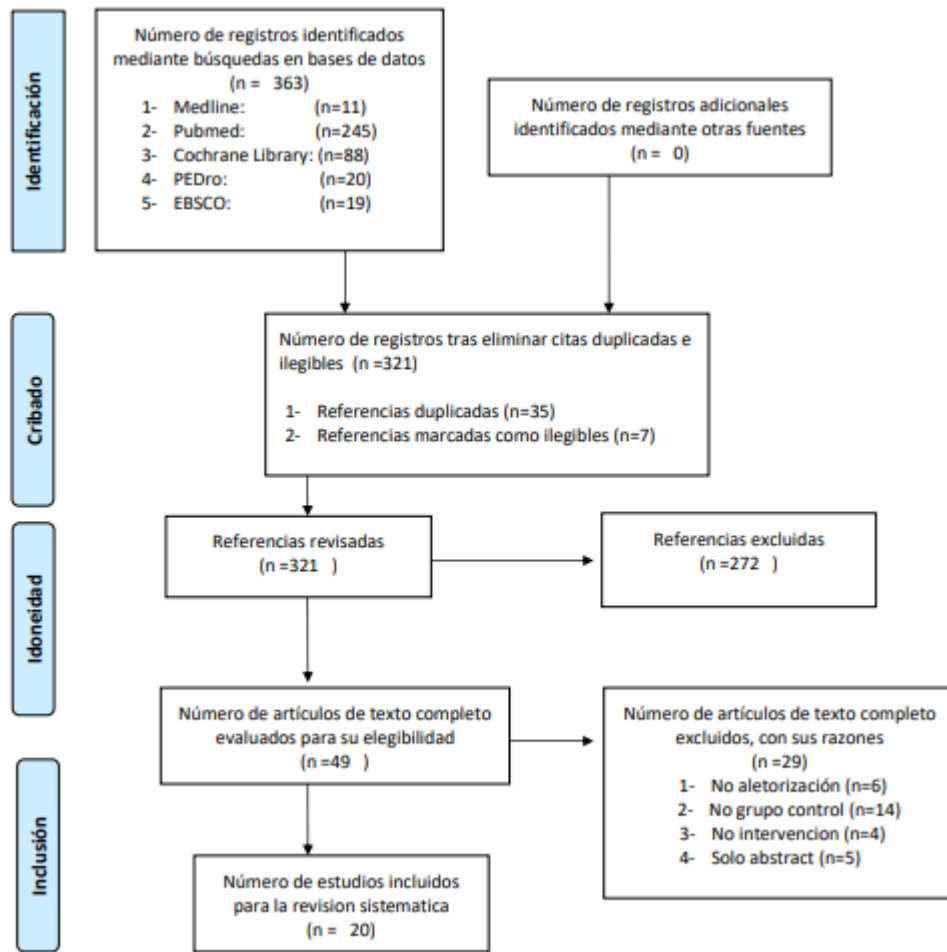
Una vez se hayan seleccionado los estudios, se realizarán dos tipos de análisis: el del contenido y el de la calidad metodológica de las publicaciones. El del contenido se realizarán mediante el acrónimo PICOS. El de la calidad de las publicaciones se hará mediante la escala PEDro (ANEXO 2) que consta de 11 ítems, cuyo propósito es contribuir a identificar que ensayos clínicos aleatorios pueden tener suficiente validez interna y suficiente información estadística (8).

4- RESULTADOS

4.1. Resultados de la búsqueda

En la búsqueda inicial se encontraron 363 estudios, de los cuales 35 referencias estaban duplicadas y 7 fueron calificadas como ilegibles por el gestor de referencias de Mendeley. Por lo tanto, 321 referencias fueron revisadas y se seleccionaron 49 artículos a texto completo para decidir su elegibilidad. Finalmente, se excluyeron 29 artículos por diversas razones (ver Figura 1) y se incluyeron 20 artículos para la revisión sistemática final.

FIGURA 1: Diagrama de flujo.



4.2. Proceso de selección de estudios

Un único autor (M.S.H) realizó una primera revisión de los artículos para revisar la cantidad y calidad de la literatura más reciente. Debido a que la cantidad de esta era bastante reducida para realizar una revisión sistemática de calidad se decidió ampliar el rango de años a diez (2012-2022). Posteriormente, se procedió a realizar una búsqueda exhaustiva en las diferentes bases de datos mencionadas anteriormente. Los artículos incluidos en la revisión sistemática final fueron validados por la tutora de este trabajo (I.S.S).

La herramienta Mendeley Desktop detectó 35 duplicados y 7 artículos ilegibles.

4.3. Características de los estudios

El 100% de los estudios son ensayos clínicos aleatorizados, los cuales se pueden clasificar por localización y año de publicación. En cuanto a la localización de los estudios seleccionados cabe destacar que 4 de ellos se realizaron en China (20%) y otros 4 en Israel (20%); si agrupamos los estudios por continente 12 pertenecen a Asia (60%) y únicamente 3 de ellos a Europa (15%) (ANEXO 3).

Observando el año de publicación de los estudios, 14 se publicaron en los últimos 5 años, lo que supone el 70% de los estudios seleccionados mientras que el 30% restante pertenece a estudios de entre 2012 y 2016 (ANEXO 4).

La información extraída de cada artículo es presentada mediante el acrónimo PICOS (TABLA 1).

TABLA 1: Tabla de contenido de ensayos clínicos aleatorizados.

Autor/Año	Participantes	Intervención	Medidas valoración	Resultados	Conclusión
Chen CY <i>et al.</i> 2019 (9)	46 deportistas varones con dolor muscular. \bar{X} = 25,1	GI: 23 Participantes, 10 sesiones, 100 min HBOT a 2,5 ATA y oxígeno 100%. GC: 23 participantes, 10 sesiones, 100 min 1,3 ATA y aire natural.	CK, lactato, BUN, GOT, mioglobina en muestras de suero venoso. Cuestionario dolor BPI.	Reducción significativa de CK ($p<0,001$), de GOT ($p=0,004$) y mioglobina ($p<0,001$). No se encontraron cambios significativos en BUN y lactato. En el grupo tratado hubo diferencias significativas en los 11 ítems del BPI en comparación con el grupo control.	La oxigenoterapia hiperbárica podría ser un tipo de tratamiento seguro y eficaz que ayude a la recuperación precoz en la lesión muscular relacionada con el ejercicio.
Efrati S <i>et al.</i> 2013 (10)	59 pacientes que sufrieron un AVC. 39 mujeres y 20 hombres. \bar{X} = 62,6	GI: 30 participantes 40 sesiones de 90 min con oxígeno 100% y 2 ATA. GC: 29 Participantes sin intervención durante 2 meses (después pasan a ser GI).	Imágenes SPECT, NIHSS, ADL y calidad de vida (EQ-5D y EQ-VA).	Se revelaron mejoras estadísticamente significativas en el GI en las medidas de NIHSS. Las puntuaciones de EQ-5D y EQ-VAS mejoraron significativamente después del tratamiento ($p<0,001$). En cuanto a las evaluaciones de SPECT cerebrales tanto el grupo tratado como el grupo cruzado mostraron mejoría.	La oxigenoterapia hiperbárica puede inducir una mejoría neurológica significativa en pacientes que han sufrido un accidente cerebrovascular.
Hadanny A <i>et al.</i> 2020 (11)	63 adultos mayores de 64 años. 39 hombres y 24 mujeres. \bar{X} = 69,7	GI: 33 participantes 60 sesiones de 90 min a 2 ATA y con oxígeno 100%. GC: 30 Participantes, no intervención.	Cuestionario calidad de vida SF-36. NeuroTrax, CANTAB, imágenes de RM contraste DSC-MRI.	El puntaje cognitivo global (NeuroTrax) tuvo una mejora significativa ($p=0,002$), en CANTAB también se observó una mejora significativa ($p<0,05$); en cuanto al cuestionario SF-36 todos los dominios, menos el de energía obtuvieron, valores normales altos (>75)	La oxigenoterapia hiperbárica induce mejoras cognitivas en adultos que envejecen a través de mecanismos que involucran cambios en el flujo sanguíneo cerebral.

<p>Shimoda M <i>et al.</i> 2015 (12)</p>	<p>20 varones sometidos a ejercicio intenso. \bar{X}= 22,06</p>	<p>GI: 10 participantes, 60 minutos 2,5 ATA y oxígeno 100% GC: 10 participantes durante 70 minutos aire ambiente a 1,2 ATA.</p>	<p>EMG, prueba de interpolación de Twitch y prueba de fatiga.</p>	<p>Los niveles de torque fueron más altos en el grupo HBOT que en el grupo normóxico y significativamente más altos durante las repeticiones 41-50 (p=0,034). Los valores de MPF en el sóleo fueron similares en ambos grupos. Los valores medios de frecuencia en MG y LG fueron más altos en las repeticiones 31-40 y 41-50 aunque no significativamente.</p>	<p>El tratamiento con oxigenoterapia hiperbárica después de la fatiga muscular es beneficioso para la producción de fuerza sostenida; no obstante, los efectos de la HBOT en la recuperación de la fatiga no están claros.</p>
<p>Igor S <i>et al.</i> 2013 (13)</p>	<p>60 participantes amputados, (33 transfemorales y 27 transtibiales). 46 hombres y 16 mujeres. \bar{X}=61,9</p>	<p>GI: 30 participantes, 15 sesiones de 60 min a 1,7 ATA y oxígeno al 100%. GC: 30 participantes sometidos a rehabilitación protésica estándar.</p>	<p>Palpación y oximetría pulso, frecuencia complicaciones y contracturas, medición circunferencia, estimación fuerza muscular, Escala Narang, LCI, 2 MWT, tiempo rehabilitación.</p>	<p>El porcentaje de saturación hemoglobina no fue significativamente diferente (p=0,152). Respecto a las contracturas tampoco hubo una diferencia significativa (p=0,731), La diferencia en la circunferencia de la pierna no fue significativa (p=0,374) ni en la prueba 2 MWT (p=0,081). La diferencia fue significativa en la palpabilidad del pulso (p=0,015), en el número de complicaciones (p=0,024), en el tamaño de la circunferencia del muslo (p=0,017), en la fuerza muscular (p=0,000), en la Escala Narang (p=0,048) y en el tiempo total de rehabilitación (p=0,047).</p>	<p>Los resultados muestran la utilidad de la oxigenoterapia hiperbárica en amputados de miembros inferiores donde se observó una mayor preservación de la extremidad y una curación más rápida.</p>
<p>Branco BHM <i>et al.</i> 2016 (14)</p>	<p>11 atletas de jiu-jitsu varones. \bar{X}= 29.7 (6.6)</p>	<p>GI: 1 hora y 40 min de HBOT a 2,39 ATA y con oxígeno 100%. GC: recuperación pasiva durante 2 horas.</p>	<p>Se recolectaron muestras de sangre para analizar: CK, AST, ALT, LDH. Escala de RPE y RPR.</p>	<p>No hubo diferencias significativas en los valores sanguíneos analizados ni en la escala RPE, no obstante, se observaron diferencias significativas en RPR (p < 0,05) con valores más altos a las 2 y a las 24h.</p>	<p>La oxigenoterapia hiperbárica no influye en la recuperación hormonal ni en los marcadores de daño celular, sin embargo, fue evidente una mayor recuperación percibida.</p>

Efrati S <i>et al.</i> 2015 (15)	60 mujeres diagnosticadas de fibromialgia. \bar{X} = 49,25	GI: 30 participantes recibieron 40 sesiones de tratamiento de 90 min a 2 ATA con oxígeno 100% GC: 30 participantes durante 2 meses no reciben tratamiento. Diseño cruzado.	Recuentos puntos sensibles, umbral del dolor, deterioro funcional, (FIQ), cuestionario SCL-90 y SF36; además de la valoración cerebral según imágenes SPECT.	Mejoraron significativamente tanto en el grupo tratado como en el grupo cruzado después de HBOT: El umbral del dolor ($p<0,001$), el número de puntos sensibles ($p<0,001$), la puntuación FIQ ($p<0,001$) y la puntuación SCL-90 ($p<0,01$).	La oxigenoterapia hiperbárica puede mejorar los síntomas y la calidad de vida de las personas con fibromialgia, además de inducir neuroplasticidad y rectificar la actividad cerebral en áreas relacionadas con el dolor en pacientes con fibromialgia.
Hao Y <i>et al.</i> 2020 (16)	30 participantes. 15 hombres y 15 mujeres. \bar{X} = 37,31	GI: 10 participantes con queloides tratados con terapia HBO durante 7 días, sesiones de 60 min a 2 ATA y 100% oxígeno. GC 1: 10 participantes con queloides tratados convencionalmente. GC 2: 10 participantes sanos.	Se evaluaron muestras de piel analizando 41 citoquinas a través del sistema MILLIPLEX MAP tinción H&E. Análisis de Western Blot.	La oxigenoterapia hiperbárica afecta significativamente a los niveles de expresión IL-12p40, MIP-1B, PDGF-BB y IL-1Ra. La tinción con hematoxilina y eosina mostros una reacción inflamatoria significativamente mayor en el tejido queloide.	La oxigenoterapia hiperbárica puede mejorar los niveles inflamatorios del tejido queloide y tiene efectos protectores contra las respuestas inflamatorias.
Li X <i>et al.</i> 2017 (17)	565 participantes con hipertensión intracraneal. 340 hombres y 225 mujeres. \bar{X} = 58,8	En cada grupo 113 participantes. GI B: 2 ATA, 60 sesiones. GI C: 2 ATA 90 sesiones. GI D: 1,5 ATA 60 sesiones. GI E: 1,5 ATA 90 sesiones. GC: 1,34 ATA (HBOT simulada).	MBI, mRS, tasas mortalidad a los 6 meses, tasas de mortalidad general, tasas HDA.	En todos los grupos de intervención las puntuaciones MBI y mRS mejoraron significativamente. Las tasas de mortalidad disminuyeron significativamente. Las tasas de HDA en los grupos sometidos a 2 ATA aumentaron significativamente en comparación con los otros grupos. No obstante, ninguno de los HDA fue clínicamente significativo.	La oxigenoterapia hiperbárica tanto a 1,5 ATA como a 2 ATA mejora la supervivencia y los resultados funcionales de la hipertensión intracraneal.

<p>Boussi-Gross R <i>et al.</i> 2013 (18)</p>	<p>56 participantes con lesión cerebral traumática. 32 mujeres y 24 hombres. \bar{X}= 44</p>	<p>GI: 32 participantes sometidos a 40 sesiones de HBO de 60 min a 1,5 ATA y con oxígeno al 100%. GC: 24 participantes grupo cruzado.</p>	<p>Mindstreams, EQ-5D e imágenes SPECT.</p>	<p>Se observó una mejora significativa en todas las medidas cognitivas: velocidad de procesamiento ($p<0,0001$), atención ($p<0,005$) memoria ($p<0,0005$) funciones ejecutivas ($p<0,0005$). No se notó mejoría en el grupo cruzado durante el periodo control. La puntuación EQ-5D mejoró significativamente en ambos grupos después de la HBO ($p<0,0001$) y se observó un aumento significativo en la actividad cerebral (perfusión) después de la HBO.</p>	<p>La oxigenoterapia hiperbárica puede inducir neuroplasticidad que conduce la reparación de lesiones cerebrales y ayuda a mejorar la calidad de vida en pacientes con lesión cerebral traumática que sufrieron un síndrome de posconmoción cerebral persistente prolongado.</p>
<p>Zhong X <i>et al.</i> 2020 (19)</p>	<p>88 pacientes diagnosticados de daño cerebral severo. 47 hombres y 41 mujeres. \bar{X}= 45,19 (7,71)</p>	<p>GI:44 participantes fueron tratados con HBO durante dos semanas una vez al día sesiones de 80 min a una presión de 2,5 ATA. GC: 44 participantes sometidos a tratamiento de rutina (aspiración de esputo, antibióticos, hemostasia preventiva etc.).</p>	<p>Velocidad flujo pico sistólico (Vs), velocidad media (vm), índice de pulsatilidad (PI) y la presión intracraneal de la arteria vertebral media. También se valoran la puntuación GCS y la NIHSS.</p>	<p>Se observan diferencias después del tratamiento en los puntajes de GCS y de NIHSS; en los pacientes del grupo experimental se observa un pronóstico significativamente mejor que los del grupo control ($p<0,05$).</p>	<p>La oxigenoterapia hiperbárica puede promover la recuperación de la función neurológica y cognitiva además de mejorar el pronóstico de los pacientes con lesión cerebral traumática grave.</p>
<p>Harch PG <i>et al.</i> 2020 (20)</p>	<p>52 participantes que habían sufrido lesión cerebral traumática aguda. 21 hombres y 29 mujeres. \bar{X}= 42,5</p>	<p>GI: 40 tratamientos a 1,5 ATA durante 60 minutos. GC: intervención idéntica, pero con HBOT simulada.</p>	<p>Test de Stroop, prueba de Wechsler, escalas HAM-D, HAM-A, WAIS-IV, RAVLT, BVRT, Prueba de carrera, PSQI, QOLIBRI.</p>	<p>Se observaron diferencias significativas en los síntomas post conmocionales, variables cognitivas y problemas conductuales/emocionales. Estas mejoras se mantuvieron incluso mejoraron a los 3 meses. El RAVLT mostró una diferencia casi significativa ($p=0,051$) y los sujetos del GI también experimentaron una mejora significativa en los 8 síntomas de la definición de PPCS.</p>	<p>Se observaron mejoras significativas en la mayoría de las valoraciones estudiadas en comparación con el grupo control, además estas mejoras se mantuvieron e incluso mejoraron casi 3 meses lo que sugiere que es una terapia modificadora.</p>

Woo J <i>et al.</i> 2020 (21)	18 varones sometidos a ejercicio intenso. \bar{X} = 22,78	GI: 60 minutos a 2,5 ATA y con oxígeno al 100%. GC: 6 participantes en condiciones normóxicas (NN).	Se recolectaron muestras de sangre para examinar la inflamación, el equilibrio oxidativo/antioxidante y el daño muscular.	Los factores inflamatorios, los niveles de daño muscular y el equilibrio oxidativo antioxidante obtuvieron diferencias significativas ($p<0,05$) favorables a la HBOT.	Los resultados sugieren que el tratamiento con HBOT puede ser eficaz para aliviar las respuestas inflamatorias inducidas por el ejercicio y el daño muscular.
Atzeni F <i>et al.</i> 2019 (22)	32 participantes con Fibromialgia. 3 hombres y 29 mujeres. \bar{X} = 49,82 (9,55)	GI: 20 sesiones de 90 min a 2,5 ATA y con oxígeno 100%. GC: 15 sesiones de 90 min a 1 ATA.	EVA, FACIT, PSQI, FIQ, FAS, SAPS, ZSDS, ZSAS, SF-36.	Mejora significativa en las puntuaciones del dolor ($p=0,0023$), fatiga ($p=0,006$), ansiedad ($p=0,009$), puntuación FIQ ($p=0,001$) y FAS ($p=0,006$). No hubo cambios significativos en las puntuaciones del sueño, ni en las puntuaciones de los síntomas depresivos.	En este estudio se muestra como 20 sesiones son más efectivas que 10 y que no solo se mejoran las puntuaciones de dolor, sino que también el deterioro funcional, la ansiedad, la seguridad y el estado de salud en pacientes con fibromialgia.
Izquierdo-Alventosa R <i>et al.</i> 2020 (23)	49 mujeres con fibromialgia. \bar{X} = 53,30 (7,86)	GI: 17 participantes realizaron 40 sesiones de 90 minutos a 1,45 ATA y utilizando oxígeno 100%. GC 1: 16 participantes realizaron ejercicio físico. GC 2: 16 participantes no recibieron ningún tipo de terapia.	Fatiga inducida, dolor percibido, umbral dolor a la presión, resistencia, capacidad funcional, rendimiento físico y excitabilidad cortical.	El dolor percibido y la fatiga solo mejoraron significativamente en GI ($p<0,05$). El umbral del dolor a la presión, la resistencia, la capacidad funcional, el rendimiento físico mejoraron significativamente para ambas intervenciones ($p<0,05$). La excitabilidad cortical no mejoró en ninguno de los tratamientos ($p>0,05$).	Tanto la oxigenoterapia hiperbárica como el ejercicio físico de bajo impacto durante 8 semanas producen importantes mejoras en el paciente con fibromialgia, además la HBOT mejora la fatiga y aumenta el umbral de dolor a la presión, dos componentes muy relevantes en los pacientes con fibromialgia.
Martinelli B <i>et al.</i> 2019 (24)	14 participantes. 8 hombres y 6 mujeres. \bar{X} = 49,57 (14,59)	GI: HBOT durante 120 minutos a 2,5 ATA y con oxígeno 100%. GC: 7 participantes sin presurización, en una cámara con aire ambiente.	Presión arterial, saturación oxígeno, frecuencia pulso, volumen pulmonar, capacidad pulmonar, presión inspiratoria y espiratoria máxima.	Se observó una disminución de pulso y un aumento de la saturación de oxígeno en el GI. Además, se verificó bradicardia después de 65 min de terapia a 2,5 ATA.	La oxigenoterapia hiperbárica promueve alteraciones cardiorrespiratorias con aumento de la saturación de oxígeno y disminución del pulso.

<p>Lu Y <i>et al.</i> 2021 (25)</p>	<p>158 pacientes con traumatismo craneoencefálico moderado-grave. 140 hombres y 18 mujeres. \bar{X}= 45,52</p>	<p>GI 1: Rehabilitación 1/d + 20 sesiones de HBOT de 60 min a 2 ATA. GI 2: rehabilitación 2/d + 20 sesiones de HBOT de 60 min a 2 ATA. GC: Rehabilitación 2/d sin HBO.</p>	<p>Capacidad cognitiva, AVD, FMA, FIM, MBI, MMSE.</p>	<p>Las puntuaciones FIM, FMA, MBI, MMSE mejoraron significativamente en todos los pacientes con TBI ($p<0,01$) y esta mejora fue mayor en todos los pacientes que recibieron rehabilitación 2/d intensificado con HBOT ($p<0,01$).</p>	<p>Lo más beneficioso para el paciente con traumatismo craneoencefálico es la rehabilitación 2 veces al día complementada con HBOT.</p>
<p>Thistlethwaite KR <i>et al.</i> 2018 (26)</p>	<p>30 participantes con úlceras venosas crónicas. 15 hombres y 15 mujeres. \bar{X}= 70 (12,9)</p>	<p>GI: 80 Minutos con oxígeno 100% y 2,4 ATA. GC: protocolo de aire simulado, oscilando entre 1,05 ATA y 1,2 ATA.</p>	<p>Número de personas curadas, úlcera PAR, dolor y calidad de vida.</p>	<p>En cuanto a la curación de la úlcera no se encontraron diferencias significativas en los participantes curados a las 12 semanas. Si se encontraron diferencias significativas en el PAR de úlceras ($p=0,050$), respecto a la gravedad de la úlcera la diferencia no fue significativa ($p=0,051$), centrándonos en el dolor y calidad de vida las puntuaciones si se redujeron considerablemente, pero las diferencias entre grupos no fueron significativas ($p=0,53$).</p>	<p>En este estudio se encontraron mejoras, pero no significativas en la mayoría de los ítems excepto en la reducción del área de la úlcera (se observó una reducción significativa mayor después de 12 semanas en comparación con el placebo). El incumplimiento de una reducción del área del 50% es un criterio demostrado para el uso de HBOT como complemento.</p>
<p>Salama SE <i>et al.</i> 2019 (27)</p>	<p>30 pacientes con úlceras crónicas de pie diabético. 22 hombres y 8 mujeres. \bar{X}= 56,4</p>	<p>GI: Entre 20 y 40 sesiones de HBOT de 1 hora a 2,5 ATA. GC: Tratamiento convencional, inicialmente desbridamiento quirúrgico y luego antibiótico dependiendo del cultivo. Se aplicó apósito húmedo con antiséptico.</p>	<p>Curación completa úlcera, tasa de cicatrización, tasa de amputación.</p>	<p>Un porcentaje significativo de las heridas tratadas con HBOT logró el cierre completo ($p=0,014$). Al final de todas las sesiones la superficie mediana de la úlcera se redujo significativamente en el grupo HBOT ($p<0,0001$). La curación completa de la úlcera a las 8 semanas se observó en 10 casos en el grupo HBOT vs en 3 casos en el grupo control ($p<0,025$).</p>	<p>Este estudio mostró que la HBOT más la terapia convencional parece tan segura y probablemente es más efectiva que únicamente la terapia convencional para la cicatrización de las úlceras crónicas debidas a pie diabético no isquémico.</p>

Bajuri MY <i>et al.</i> 2017 (28)	60 pacientes. 31 hombres y 29 mujeres. \bar{X} = 56,46	GI: 30 participantes, 20 sesiones de HBOT de 90 min a 2,5 ATA. GC: 30 participantes tratados con tratamiento convencional.	Recuento de glóbulos blancos, y proteína C reactiva, tamaño de las heridas, SF-36.	Se produjo una reducción de WCC y proteína C reactiva durante todo el tratamiento (p=0,046 y p=0,039). El 86% de los pacientes del grupo HBO lograron curación completa de las úlceras a los 6 meses. Además, tuvieron una salud mental y física significativamente mejor como componente de la calidad de vida.	La HBOT es una terapia complementaria para acelerar la cicatrización de las heridas y lograr una mejor calidad de vida de la úlcera crónica del pie diabético.
--------------------------------------	--	---	--	--	--

Abreviaturas: GI: Grupo Intervención; GC: Grupo Control; \bar{X} : edad media; min: minutos; HBOT: Oxigenoterapia Hiperbárica; ATA: atmósferas absolutas ; CK: Creatina fosfocinasa; GOT: Oxalacetato transaminasa glutámico; BPI: Breve inventario del dolor; BUN: Nitrógeno ureico en sangre; TBI: Lesión cerebral traumática; PSQI: Cuestionario de Pittsburg de calidad del sueño; AVC: Accidente vascular cerebral; SPECT: Tomografía computarizada por emisión de fotón único; NIHSS: Escala de accidentes cerebrovasculares del Instituto Nacional de Salud; ADL: Actividades vida diaria; EQ: EuroQol; RM: Resonancia Magnética; CANTAB; Batería automatizada de la prueba neuropsicológica de Cambridge; DSC: Contraste dinámico susceptible; MRI: Imagen resonancia magnética; FSC: Flujo sanguíneo cerebral; EMG: electromiografía; MPF: Frecuencia potencia media; LG: Gastrocnemio lateral; MG: Gastrocnemio medial; LCI: Prueba del índice de capacidades locomotoras; 2MWT: Test de marcha 2 minutos; AST: Aspartato aminotransferasa; ALT: Alanina Aminotransferasa; LDH: Lactato deshidrogenasa; RPE: Índice esfuerzo percibido; RPR: Índice recuperación percibida; FIQ: Cuestionario del impacto de la fibromialgia; IL: interleucina; MIP: Proteína Inflamatoria de macrófagos; PDGF: Factor de crecimiento derivado de plaquetas; IL-1Ra: Antagonista del receptor de Interleucina-1; HIC: Hipertensión Intracraneal; MBI: Inventario Maslach Burnout; mRS: Escala Rankin modificada; HDA: Hemorragia digestiva alta ; GCS: Escala coma Glasgow; HAM-D: Escala de depresión de Hamilton; WAIS-IV: Escala de inteligencia de Wechsler para adultos-IV; RAVLT: Test de aprendizaje auditivo verbal de Rey; BVRT: Benton visual retention test; HAM-A; Escala de ansiedad de Hamilton; QOLIBRI: Quality of Life after Brain Injury; PPCS: Síndrome Posconmoción cerebral persistente ; EVA: Escala visual Analógica; FACIT: Evaluación funcional de terapias de enfermedades crónicas- fatiga; FAS: estado de evaluación de la fibromialgia; SAPS: Self-escala evaluación del dolor; ZSDS: Escala de autoevaluación de la depresión de Zung; ZSAS: Escala de autoevaluación de la ansiedad de Zung; PEG: Grupo ejercicio físico; AVD: Actividades vida diaria; FMA: Evaluación Fugl-Meyer; FIM: Medida independencia funcional; MBI: Índice Barthel modificado; MMSE: Mini mental state exam; PAR: reducción área porcentual; WCC: recuento glóbulos blancos.

4.4. Características de los participantes y análisis demográfico

En el estudio se representan un total de 1.499 participantes; la media de participantes por estudio se sitúa en 74,95 pacientes. El rango de pacientes incluidos va desde 11 hasta los 565 participantes. Un total de 885 participantes fueron hombres (59,04%) y 614 mujeres (40,96%). La edad media de los participantes es de 47,74 años. De los 20 estudios analizados, 4 se realizaron con una muestra exclusiva de hombres, mientras que 2 ensayos se realizaron con muestras exclusivas de mujeres y ambos están relacionados con fibromialgia.

4.5. Parámetros de utilización de la oxigenoterapia hiperbárica

En la bibliografía analizada se pueden observar diferentes parámetros en la utilización de HBOT, las atmósferas, el tiempo y el oxígeno. En cuanto a las atmósferas, en los estudios se observó gran variedad, una media de 2,19 ATA y el rango va desde 1,45 ATA hasta 2,5 ATA. Referente al tiempo de sesión se observa que el rango va desde 60 min de sesión hasta los 120 min, y la media de duración de las sesiones es de 85 minutos. Referente al porcentaje de oxígeno como indica la definición de oxigenoterapia hiperbárica ha sido del 100% en todos los estudios.

4.6. Patología de las intervenciones

Todos los participantes del estudio eran humanos en los cuales estaba recomendado el uso de medicina hiperbárica, en cinco estudios debido a lesiones cerebrales traumáticas (17-20,25), en tres estudios debido a lesiones musculares (9,12,14), tres estudios por fibromialgia (15,22,23), tres estudios observaban los cambios fisiológicos bioquímicos y los efectos sobre la inflamación (16,21,28), dos estudios debido a úlceras (26,27), un estudio por un accidente cerebrovascular (10), un estudio debido a déficits cognitivos (11), un estudio por amputación (13), y un estudio por alteraciones cardiorrespiratorias (24).

4.8. Riesgo de sesgo

Se realizó un análisis del riesgo de sesgo mediante los siete ítems que presenta la escala Cochrane (4). Esta muestra que en todos los estudios se asignaron los participantes de forma aleatoria y se presentaron todos los resultados, los posibles sesgos se encuentran en la asignación y el enmascaramiento (Tabla 2).

TABLA 2: Riesgo de sesgo de Cochrane.

Estudio	Secuencia aleatoria	Asignación oculta	Ciego investigadores y participantes	Ciego evaluadores	Datos resultados incompletos	Notificación selectiva resultados	Otros sesgos
Chen CY <i>et al.</i> 2019	+	+	+	+	+	+	-
Efrati S <i>et al.</i> 2013	+	+	+	+	-	+	?
Hadanny A <i>et al.</i> 2020	+	-	-	+	+	+	?
Shimoda M <i>et al.</i> 2015	+	-	+	-	+	+	+
Igor S <i>et al.</i> 2013	+	+	-	+	+	+	?
Branco BHM <i>et al.</i> 2016	+	-	-	+	+	+	+
Efrati S <i>et al.</i> 2015	+	-	-	+	-	+	+
Hao Y <i>et al.</i> 2020	+	+	+	+	+	+	-
Li X <i>et al.</i> 2017	+	+	+	+	-	+	+
Boussi-Gross R <i>et al.</i> 2013	+	+	+	+	-	+	+
Zhong X <i>et al.</i> 2020	+	+	-	-	-	+	+
Harch PG <i>et al.</i> 2020	+	-	-	+	+	+	+
Woo J <i>et al.</i> 2020	+	+	-	-	+	+	+
Atzeni F <i>et al.</i> 2019	+	-	+	+	+	+	?
Izquierdo-Alventosa R <i>et al.</i> 2020	+	+	+	+	+	+	-
Martinelli B <i>et al.</i> 2019	+	-	-	-	+	+	+
Lu Y <i>et al.</i> 2021	+	-	+	+	+	+	?
Thistlethwaite KR <i>et al.</i> 2018	+	+	+	+	+	+	-
Salama SE <i>et al.</i> 2019	+	+	-	-	+	+	?
Bajuri MY <i>et al.</i> 2017	+	-	+	+	+	+	?

4.9. Análisis de la calidad metodológica de los estudios.

La calidad metodológica de los estudios analizados osciló entre 11 puntos y 7, con una media de 8,6 (1,57) puntos.

TABLA 3: Calidad metodológica (PEDro).

Artículo	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11
Chen CY <i>et al.</i> 2019	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Efrati S <i>et al.</i> 2013	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Hadanny A <i>et al.</i> 2020	1	1	0	0	0	0	1	1	1	1	1
Shimoda M <i>et al.</i> 2015	0	1	0	1	1	0	0	1	1	1	1
Igor S <i>et al.</i> 2013	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
Branco BHM <i>et al.</i> 2016	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Efrati S <i>et al.</i> 2015	1	1	0	1	0	0	1	0	1	1	1
Hao Y <i>et al.</i> 2020	0	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Li X <i>et al.</i> 2017	1	1	1	1	1	1	1	0	1	1	1
Boussi-Gross R <i>et al.</i> 2013	1	1	1	1	1	1	1	0	0	1	0
Zhong X <i>et al.</i> 2020	1	1	1	1	0	0	0	0	1	1	1
Harch PG <i>et al.</i> 2020	0	1	0	1	0	0	1	1	1	1	1
Woo J <i>et al.</i> 2020	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	0
Atzeni F <i>et al.</i> 2019	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Izquierdo-Alventosa R <i>et al.</i> 2020	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
Martinelli B <i>et al.</i> 2019	1	1	0	1	0	0	0	1	1	1	1
Lu Y <i>et al.</i> 2021	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1
Thistlethwait KR <i>et al.</i> 2018	1	1	1	-	1	1	1	1	1	1	1
Salama SE <i>et al.</i> 2019	1	1	1	1	0	0	0	1	1	1	1
Bajuri MY <i>et al.</i> 2017	1	1	0	1	1	1	1	1	1	1	1

5- DISCUSIÓN

Los aportes de esta revisión incorporan diferentes estudios acerca de cómo la oxigenoterapia hiperbárica puede ser una herramienta útil en el tratamiento de diferentes patologías del ser humano susceptibles a ser tratadas con fisioterapia.

Así, cinco estudios de los 20 examinados analizan la aplicación de la HBOT en traumatismos craneoencefálicos (17-20,25), coincidiendo en encontrar mejoras significativas en la tasa de supervivencia, medidas cognitivas, aumento de la perfusión cerebral y en puntuaciones de diferentes escalas como NIHSS, GCS, EQ-5D, FIM, FAM y MBI; sin embargo, la dosificación respecto a las sesiones, tiempo de aplicación y número de ATA varía de un trabajo a otro. Los resultados sobre efectividad y variabilidad coinciden con los de la revisión de Daly S *et al.* publicada en 2018, en la que revisa 30 estudios preclínicos y clínicos, concluyendo que la HBOT tiene efectos beneficiosos en pacientes que han sufrido lesión cerebral traumática (29).

En tres estudios se analiza su aplicación en pacientes con fibromialgia (15,22,23), donde se encontraron mejoras significativas en el umbral del dolor, el recuento de puntos sensibles, la fatiga y la puntuación del cuestionario del impacto de la fibromialgia; estos resultados concuerdan con los de la revisión narrativa realizada por Sutherland AM *et al.* centrada en los efectos de la HBOT en el dolor crónico, incluida la fibromialgia, y en el que concluyen que esta terapia puede modular el dolor (30). También el estudio de Curtis K *et al.* (no incluido en la revisión ya que es un estudio de cohortes) encuentra eficaz la HBOT en los síntomas de la fibromialgia, mostrando mejoras del funcionamiento global, reducción de síntomas como ansiedad y depresión y mejora de la calidad del sueño que se mantuvo en la evaluación del seguimiento durante 3 meses (31).

Referente a las úlceras por pie diabético, de las que se han encontrado dos trabajos en esta revisión, con resultados muy prometedores; en el de Salama *et al.* se logró el cierre completo de un porcentaje significativo de úlceras y la reducción de la superficie mediana de ellas (27), y el de Bajuri *et al.* encuentra que el 86% de los participantes con HBOT lograron curación completa de las úlceras a los 6 meses, concluyendo que el HBOT es un complemento beneficioso de la terapia convencional en las úlceras por pie diabético. Esta afirmación viene refrendada por el metaanálisis realizado por Sharma R *et al.* en el que se analizaron 14 estudios donde los participantes contaban con úlceras por pie diabético a los que se aplicaba HBOT. En este metaanálisis se proporcionan pruebas de que es efectiva como medida de tratamiento complementario, ya que se asoció con mayores tasas de úlceras por pie diabético completamente curadas y menores tasas de amputación mayor (32).

Así pues, si se utiliza la HBOT junto con la fisioterapia adecuadamente, se puede lograr que los pacientes cicatricen en menor tiempo, tengan menos secuelas o recuperen aspectos tan

importantes como la sensibilidad y la función, lo que repercutirá directamente en la calidad de vida, socialización y productividad de ellos (2). Según esta revisión, esta afirmación no puede extrapolarse completamente a las úlceras venosas crónicas, ya que el único trabajo revisado (26) solo encuentra diferencias en la reducción del área de la úlcera después de 12 semanas entre el grupo tratado con HBOT en comparación con el placebo.

En relación a los parámetros más utilizados no se encuentra unanimidad en los estudios seleccionados ya que se utilizan diferentes dosis y tiempos de tratamiento, se observa que el tiempo oscila en un rango de entre 60 y 120 minutos y la presión entre 1,48 y 2,5 ATA; referente a esto sería muy interesante investigar y realizar estudios para encontrar la curva óptima dosis-respuesta y el tiempo óptimo de tratamiento (15); es decir, un protocolo común donde se logren resolver los parámetros más beneficiosos para cada patología y así poder utilizarlos en estudios futuros.

Plantearse como objetivo analizar el uso de esta terapia en el deporte ha sido todo un reto, ya que a pesar de que en la actualidad son muchos los deportistas que utilizan HBOT para recuperarse de sus lesiones o incluso cuentan con una cámara hiperbárica en sus domicilios, a lo largo de las búsquedas realizadas en las diferentes bases de datos se ha encontrado que la bibliografía relacionada con este contexto es muy limitada. Quizás por este motivo, solo se ha encontrado una revisión sistemática sobre el tema y está realizada solo a partir de nueve trabajos de poca calidad (33). Sí que existen revisiones narrativas como la de Moghadam N *et al.* donde se llega a una conclusión muy similar a la mostrada en este estudio; los mecanismos subyacentes tienen el potencial de ayudar a los atletas lesionados pero los estudios humanos son escasos a pesar del uso generalizado de la HBOT en el deporte y se requieren más estudios rigurosos antes de concluir si la HBOT puede facilitar el regreso al juego de los atletas (3).

Al hablar de oxigenoterapia hiperbárica se considera que se trata de una terapia costosa, no está disponible universalmente y no está exenta de riesgos, ya que las variaciones de presión pueden provocar lesiones barotraumáticas cuya complicación más frecuente es la lesión timpánica (34). También, cuando se alcanza una presión parcial de oxígeno excesivamente elevada pueden surgir señales de irritación cortical que se manifiesta en forma de crisis convulsiva como describió Paul Bert en 1878, aunque estas ceden al retirar la máscara y pasar a aire ambiente (35).

Sin embargo, la incidencia de complicaciones del HBOT es aproximadamente de 0,7 por 10.000 tratamientos (36), por lo tanto, se considera una terapia segura ya que la ocurrencia de los efectos secundarios es muy rara, algunas situaciones requieren un comportamiento cuidadoso y como en todas las terapias la evaluación de riesgo/beneficio.

En cuanto a las limitaciones de esta revisión sistemática, la gran variedad de patologías y medidas de resultado de los estudios dificultaron la comparación entre ellos. Además, el tema de cómo manejar el grupo control también genera gran controversia. Parece aceptado que los pacientes pueden saber si aumenta la presión o no, por lo que la presión debe aumentar también en el grupo control, la presión mínima necesaria para llegar a esta sensación es de 1,3 ATA (10) por lo que se considera óptima como placebo, ya que presumiblemente no tiene efectos. También se debería realizar un seguimiento más prolongado en el tiempo en ciertas patologías crónicas como el síndrome de fibromialgia. Por último, cabe señalar que la falta de experiencia en la realización de revisiones sistemáticas ha sido una dificultad añadida a la hora de la realización del trabajo.

Para finalizar, decir que a medida que avanza la ciencia médica, sin duda crecerá nuestro conocimiento sobre la oxigenoterapia hiperbárica, es por ello que la medicina hiperbárica sigue siendo un nicho para la práctica clínica y la investigación; estas investigaciones son necesarias para establecer la eficacia y seguridad en otras afectaciones, la durabilidad de los efectos de la HBOT en el tiempo y la cuestión de como optimizar los protocolos específicos del paciente.

6- CONCLUSIONES

De la revisión realizada acerca de la oxigenoterapia hiperbárica se pueden obtener las siguientes conclusiones:

- La oxigenoterapia hiperbárica cuenta con efectos muy positivos y puede ser un método eficaz en la recuperación de patologías aptas a ser tratadas con fisioterapia tales como lesiones cerebrales traumáticas, lesiones musculares, fibromialgia, úlceras, accidentes cerebrovasculares y amputaciones.
- A pesar de que el empleo del oxígeno hiperbárico en el deporte parece tener efectos beneficiosos debido a sus efectos fisiológicos, se necesitan más investigaciones para poder establecer resultados concluyentes.

- Los parámetros utilizados normalmente van entre 1,45 y 2,5 ATA y entre 60 y 120 min, ya que una presión inferior a 1,3 ATA no tiene efectos en el paciente y una presión superior a 2,5-3 ATA aumenta el riesgo de complicaciones. Pese a todo, se deberían crear protocolos específicos para encontrar la curva óptima dosis-respuesta dependiendo del tipo de paciente y patología.

7- BIBLIOGRAFÍA

- 1- Barata P, Cervaens M, Resende R, Camacho O, Marques F. Hyperbaric oxygen effects on sports injuries. *Ther Adv Musculoskel Dis*. 2011; 3(2):111-121.
- 2- Huchim O, Rivas-Sosa F, Rivera-Canul N, Méndez-Domínguez N. 350 years of hyperbaric medicine: historic, physiopathologic and therapeutic aspects. *Gac Med Mex*. 2019 Jan 30; 153(7).
- 3- Moghadam N, Hieda M, Ramey L, Levine BD, Guilliod R. Hyperbaric oxygen therapy in sports musculoskeletal injuries. *Med Sci Sports Exerc*. 2020; 52(6):1420-1426.
- 4- Hutton B, Catalá-Lopez F, Mother D. The PRISMA statement extension for systematic reviews incorporating network meta-analysis: PRISMA-NMA. *Med Clin (Barc)*. 2016; 147(6):262-6
- 5- Ciapponi A. AMSTAR-2: herramienta de evaluación crítica de revisiones sistemáticas de estudios de intervenciones de salud. *Evid Act Pract Ambul* [Internet]. 2018 Abr [citado 4 mayo 2022]; 21(1). Disponible en: <https://www.evidencia.org.ar/index.php/Evidencia/article/view/6834>
- 6- Centro Cochrane Iberoamericano, traductores Manual Cochrane de Revisiones Sistemáticas de Intervenciones, versión 5.1.0 [actualizada en marzo de 2011] [Internet]. Barcelona: Centro Cochrane Iberoamericano; 2012 [citado 4 mayo 2022]. Disponible en: <http://www.cochrane.es/?q=es/node/269>
- 7- PROSPERO International prospective registrar of systematic review [Internet]. York: NHS National Institute for Health Research. [Consultado el 12 noviembre de 2021]. Disponible en: <https://www.crd.york.ac.uk/PROSPERO/#searchadvanced>
- 8- Maher CG, Sherrington C, Herbert RD, Moseley AM, Elkins M. Reliability of the PEDro scale for rating quality of randomized controlled trials. *Phys Ther*. 2003; 83(8):713-21.
- 9- Chen C-Y, Chou W-Y, Ko J-Y, Lee MS, Wu R-W. Early Recovery of Exercise-Related Muscular Injury by HBOT. *Biomed Res Int*. 2019 May 29.
- 10- Efrati S, Fishlev G, Bechor Y, Volkov O, Bergan J, Kliakhandler K, et al. Hyperbaric oxygen induces late neuroplasticity in post stroke patients-randomized, prospective trial. *PLoS One*. 2013 Jan 15;8(1).

- 11- Hadanny A, Daniel-Kotovsky M, Suzin G, Boussi-Gross R, Catalogna M, Dagan K, et al. Cognitive enhancement of healthy older adults using hyperbaric oxygen: a randomized controlled trial. *Aging*. 2020 Jun 26; 12(13):13740–61.
- 12- Shimoda M, Enomoto M, Horie M, Miyakawa S, Yagishita K. Effects of hyperbaric oxygen on muscle fatigue after maximal intermittent plantar flexion exercise. *J Strength Cond Res*. 2015; 29(6):1648-1656.
- 13- Igor S, Mirko T, Dalibor P, Milutin R, Dusica D, Vladimir Z, et al. Hyperbaric oxygenation accelerates prosthetic rehabilitation of lower limb amputees. *Undersea Hyperb Med*. 2013 May; 40(3):289–97.
- 14- Branco BHM, Fukuda DH, Andreato LV, Santos JF da S, Esteves JVDC, Franchini E. The Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy on Post-Training Recovery in Jiu-Jitsu Athletes. *PLoS One*. 2016 Mar 9; 11(3).
- 15- Efrati S, Golan H, Bechor Y, Faran Y, Daphna-Tekoah S, Sekler G, et al. Hyperbaric oxygen therapy can diminish fibromyalgia syndrome prospective clinical trial. *PLoS One*. 2015 May 26; 10(5).
- 16- Hao Y, Dong X, Zhang M, Liu H, Zhu L, Wang Y. Effects of hyperbaric oxygen therapy on the expression levels of the inflammatory factors interleukin-12p40, macrophage inflammatory protein-1 β , platelet-derived growth factor-BB, and interleukin-1 receptor antagonist in keloids. *Medicine*. 2020 Apr; 99(16).
- 17- Li X, Li J, Yang X, Sun Z, Zhang J, Zhao W, et al. Hyperbaric-Oxygen Therapy Improves Survival and Functional Outcome of Acute Severe Intracerebral Hemorrhage. *Arch Med Res*. 2017 Oct; 48(7):638–52.
- 18- Boussi-Gross R, Golan H, Fishlev G, Bechor Y, Volkov O, Bergan J, et al. Hyperbaric oxygen therapy can improve post concussion syndrome years after mild traumatic brain injury – randomized prospective trial. *PLoS One*. 2013 Nov 15; 8(11).
- 19- Zhong X, Shan A, Xu J, Liang J, Long Y, Du B. Hyperbaric oxygen for severe traumatic brain injury: a randomized trial. *J Int Med Res*. 2020 Oct; 48(10).
- 20- Harch PG, Andrews SR, Rowe CJ, Lischka JR, Townsend MH, Yu Q, et al. Hyperbaric oxygen therapy for mild traumatic brain injury persistent post concussion syndrome: a randomized controlled trial. *Med Gas Res*. 2020 Jan; 10(1):8–20.
- 21- Woo J, Min J-H, Lee Y-H, Roh H-T. Effects of Hyperbaric Oxygen Therapy on Inflammation, Oxidative/Antioxidant Balance, and Muscle Damage after Acute Exercise in Normobaric, Normoxic and Hypobaric, Hypoxic Environments. *Int J Environ Res Public Health* 2020 Oct 10; 17(20).

- 22- Azteni F, Casale R, Alciati A, Masala IF, Batticciotto A, Talotta R, Gerardi MC, Salaffi F, Sarzi-Puttini P. Hyperbaric oxygen treatment of fibromyalgia: a prospective observational clinical trial. *Clin Exp Rheumatol*. 2019; 37(Suppl.116):S63-S69.
- 23- Izquierdo-Alventosa R, Inglés M, Cortés-Amador S, Gimeno-Mallench L, Sempere-Rubio N, Chirivella J, et al. Comparativ estudy of the effectiveness of a low-pressure hyperbaric oxygen treatment and physical exercise in women with fibromyalgia: randomized clinical trial. *Ther Adv Musculoskelet Dis*. 2020 Jun 24; 12.
- 24- Martinelli B, Noronha JM, Sette MFM, Santos IPD, Barrile SR, Simão JC. Cardiorespiratory alterations in patients under going hyperbaric oxygen therapy. *Rev Esc Enferm USP*. 2019 Sep 5; 53.
- 25- Lu Y, Zhou X, Cheng J, Ma Q. Early Intensified Rehabilitation Training with Hyperbaric Oxygen Therapy Improves Functional Disorders and Prognosis of Patients with Traumatic Brain Injury. *Adv Wound Care*. 2021 Dec; 10(12):663–70.
- 26- Thistlethwaite KR, Finlayson KJ, Cooper PD, Brown B, Bennett MH, Kay G, et al. The effectiveness of hyperbaric oxygen therapy for healing chronic venous leg ulcers: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Wound Repair Regen*. 2018 Jul; 26(4):324–31.
- 27- Salama SE, Eldeeb AE, Elbarbary AH, Abdelghany SE. Adjuvant Hyperbaric Oxygen Therapy Enhances Healing of Nonischemic Diabetic Foot Ulcers Compared With Standard Wound Care Alone. *Int J Low Extrem Wounds*. 2019 Mar; 18(1):75–80.
- 28- Bajuri MY, Universiti Kebangsaan Malaysia Medical Centre. The physiological, biochemical and quality of life changes in chronic diabetic foot ulcer after hyperbaric oxygen therapy. *Med Health*. 2017 Dec 22; 12(2):210–9.
- 29- Daly S, Thorpe M, Rockswold S, Hubbard M, Bergman T, Samadani U, Rockswold G. Hyperbaric Oxygen Therapy in the Treatment of Acute Severe Traumatic Brain Injury: A Systematic Review. *J Neurotrauma*. 2018 Feb 15; 35(4):623-629.
- 30- Sutherland AM, Clarke HA, Katz J, Katznelson R. Hyperbaric Oxygen Therapy: A New Treatment for Chronic Pain? *Pain Pract*. 2016 Jun; 16(5):620-8.
- 31- Curtis K, Katz J, Djaiani C, O'Leary G, Uehling J, Carroll J, Santa Mina D, Clarke H, Gofeld M, Katznelson R. Evaluation of a Hyperbaric Oxygen Therapy Intervention in Individuals with Fibromyalgia. *Pain Med*. 2021 Jun 4; 22(6):1324-1332.
- 32- Sharma R, Sharma SK, Mudgal SK, Jelly P, Thakur K. Efficacy of hyperbaric oxygen therapy for diabetic foot ulcer, a systematic review and meta-analysis of controlled clinical trials. *Sci Rep*. 2021 Jan 26; 11(1):2189.

- 33- Bennett M, Best TM, Babul S, Taunton J, Lepawsky M. Hyperbaric oxygen therapy for delayed onset muscle soreness and closed soft tissue injury. *Cochrane Database Syst Rev.* 2005 Oct 19; 2005(4):CD004713.
- 34- Fernandes TD. *Medicina Hiperbárica. Acta Med Port.* 2009; 22(4):323-34.
- 35- Boerema I, Meyne NG, Brummelkamp WK et al: Life without blood: a study of the influence of high atmospheric pressure and hypothermia on dilution of the blood. *J Cardiovasc Surg.* 1960; 1:133-146
- 36- Marroni A, Oriani G, Longoni C. Toxic effects of Oxygen Pulmonary effects. In: *Handbook of Hyperbaric Medicine.* Springer. 1996; 75-80.

ANEXO 1: Escala Cochrane.

Dominio	Descripción	Valoración de los revisores
Sesgo de selección	Generación de la Secuencia. Describe el método utilizado para generar la secuencia de asignación con detalle suficiente para permitir una evaluación de si la misma produjo grupos comparables.	Asignación sesgada a las intervenciones. A causa de una generación inadecuada de la secuencia de aleatorización.
	Ocultamiento de la asignación Describe el método utilizado para ocultar la secuencia de asignación con detalle suficiente para determinar si las asignaciones a la intervención se podían prever antes o durante el reclutamiento.	Asignación sesgada a las intervenciones. A causa de una ocultación inadecuada de las asignaciones antes de asignarlas.
Sesgo de realización	Cegamiento de los participantes y del personal. Describe todas las medidas utilizadas, si se utilizó alguna, para cegar a los participantes y al personal del estudio, al conocimiento de qué intervención recibió un participante. Proporcionar cualquier información con respecto a si el cegamiento propuesto fue efectivo.	A causa del conocimiento por parte de los participantes y del personal durante el estudio de las intervenciones asignadas.
Sesgo de detección.	Cegamiento de los evaluadores del resultado. Describe todas las medidas utilizadas, si se utilizó alguna, para cegar a los evaluadores del resultado del estudio al conocimiento de qué intervención recibió un participante. Proporcionar cualquier información con respecto a si el cegamiento propuesto fue efectivo.	A causa del conocimiento por parte de los evaluadores de los resultados de las intervenciones asignadas.
Sesgo de desgaste.	Datos de resultado Incompletos. Describe la compleción de los datos de resultado para cada resultado principal, incluidos los abandonos y las exclusiones del análisis. Señalar si se describieron los abandonos y las exclusiones, los números en cada grupo de intervención (comparados con el total de participantes asignados al azar), los motivos de las deserciones /exclusiones cuando se detallaron, y cualquier reinclusión en los análisis realizada por los revisores.	A causa de la cantidad, la naturaleza o el manejo de los datos de resultado incompletos.
Sesgo de notificación	Notificación selectiva de los resultados. Señala cómo los revisores examinaron la posibilidad de la notificación selectiva de los resultados, y qué encontraron.	Sesgo de notificación a causa de la notificación selectiva de los resultados.
Otros sesgos	Otras fuentes de sesgo. Señala alguna inquietud importante acerca del sesgo no abordada en los otros dominios del instrumento. Si en el protocolo de la revisión se especificaron preguntas/items particulares, se deberían proporcionar las respuestas para cada pregunta/item.	Sesgo debido a otros problemas no abordados en los apartados anteriores.

ANEXO 2: Escala PEDro.

Escala PEDro-Español

- | | |
|---|--|
| 1. Los criterios de elección fueron especificados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 2. Los sujetos fueron asignados al azar a los grupos (en un estudio cruzado, los sujetos fueron distribuidos aleatoriamente a medida que recibían los tratamientos) | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 3. La asignación fue oculta | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 4. Los grupos fueron similares al inicio en relación a los indicadores de pronóstico más importantes | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 5. Todos los sujetos fueron cegados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 6. Todos los terapeutas que administraron la terapia fueron cegados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 7. Todos los evaluadores que midieron al menos un resultado clave fueron cegados | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 8. Las medidas de al menos uno de los resultados clave fueron obtenidas de más del 85% de los sujetos inicialmente asignados a los grupos | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 9. Se presentaron resultados de todos los sujetos que recibieron tratamiento o fueron asignados al grupo control, o cuando esto no pudo ser, los datos para al menos un resultado clave fueron analizados por "intención de tratar" | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 10. Los resultados de comparaciones estadísticas entre grupos fueron informados para al menos un resultado clave | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |
| 11. El estudio proporciona medidas puntuales y de variabilidad para al menos un resultado clave | no <input type="checkbox"/> si <input type="checkbox"/> donde: |

ANEXO 3: Localización por país de los artículos.

País	Número artículos
China	4
Israel	4
Brasil	2
USA	1
Taiwan	1
Japón	1
Serbia	1
Corea	1
Italia	1
España	1
Australia	1
Egipto	1
Malasia	1

ANEXO 4: Año de publicación artículos.

Año publicación	Número artículos
2021	1
2020	6
2019	4
2018	0
2017	3
2016	1
2015	2
2014	0
2013	3
2012	0