



Universidad de Valladolid



Universidad de Valladolid

Facultad de
Ciencias de la Salud
de Soria

GRADO EN ENFERMERÍA

Trabajo Fin de Grado

Oxigenoterapia hiperbárica, terapias y cuidados de enfermería

Sonia Sánchez Burgaleta
Tutelado por:
Diego Fernández Lázaro.

“La educación es el pasaporte hacia el futuro, el mañana pertenece a aquellos que se preparan para él en el día de hoy” (1925-1965)

Resumen

Introducción: La oxigenoterapia hiperbárica es una modalidad terapéutica que consiste en hacer que un paciente inhale oxígeno (O₂) en una concentración del 100% a presiones que son mayores a las que tiene la atmosfera, para mejorar condiciones patológicas como embolismo gaseoso, quemaduras, úlceras, parálisis cerebral, fibromialgia, entre otras. Este tipo de oxigenación es capaz de incrementar la presión venosa y tisular, reactivar la fagocitosis de los polimorfonucleares, estimular la vasoconstricción periférica, eliminar la carboxihemoglobina (COHb), actuar como bacteriostático y reducir el volumen de las cavidades que están en contacto con el sistema respiratorio, todo lo cual contribuye a la modificación del estado de salud del paciente. Esta terapia es realizada dentro de cámaras que permiten presurizar el ambiente de tal manera que se alcance los valores de presión requerido por el tiempo que se requiere en cada sesión, el cual es predeterminado en función de la enfermedad, la condición del paciente y las indicaciones de los médicos tratantes. El personal de enfermería juega un papel esencial en el cuidado de los pacientes dentro de las cámaras de oxigenación hiperbárica y en la adopción de estrategias que permitan lograr los resultados esperados.

Objetivo: Conocer las patologías de los pacientes a los que se les indica la oxigenoterapia hiperbárica como forma de tratamiento de la enfermedad.

Material y métodos: Se realizó una revisión de literatura en diversas bases de datos electrónicas como IBECs, Cuiden, Pubmed, Medigraphic, Dialnet, Scielo y Google Académico. Se revisó un total de 12 artículos.

Resultados/discusión: las investigaciones consultadas demuestran el efecto positivo de la oxigenación hiperbárica en el tratamiento de patologías como osteoradionecrosis, envenenamiento por dióxido de carbono, fibromialgia, gangrena de Fournier. Por lo que se pudo constatar que existe una relación de causa y efecto entre la práctica médica y las enfermedades tratadas.

Conclusión: La oxigenación hiperbárica ha mostrado efectos positivos en el tratamiento de los pacientes, sin embargo, su aplicación aún es limitada en los centros sanitarios españoles, debido a coste económico. En su puesta en práctica, la intervención del personal de enfermería es fundamental para la prevención de accidentes y otros inconvenientes asociados a la implementación de la terapia. Así pues, el personal de enfermería debe recibir capacitación continua en el cuidado de pacientes que reciben estos tratamientos.

Palabras clave: enfermería, hiperbárica, oxigenación.

INDICE GENERAL

1. Introducción.....	6
1.1. Ordenanzas que reglamentan el procedimiento de los gases.....	2
1.2. Bases fisiológicas de la cámara hiperbárica	3
1.3. Marco legal de la oxigenoterapia hiperbárica en España	5
1.4. Indicaciones y contraindicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica.....	6
1.5. Descripción y funcionamiento de la cámara hiperbárica	10
2. Justificación	12
3. Objetivos	13
3.1. Objetivo General	13
3.2. Objetivos Específicos	13
4. Metodología	13
4.1. Estrategia de búsqueda.....	13
5. Resultados	16
6. Discusión	22
7. Implicaciones para la práctica de enfermería	23
8. Conclusiones.....	26
9. Bibliografía	27
10. Anexos.....	31

INDICE DE TABLAS

Tabla 1 Efectos clínicos de la oxigenoterapia hiperbárica	4
Tabla 2 Indicaciones de oxigenación hiperbáricas para determinadas patologías.....	7
Tabla 3 Base de datos utilizada y palabras clave empleadas para cada una de las búsquedas.....	13
Tabla 4 Criterios de inclusión y exclusión	14
Tabla 5 Artículos encontrados en las diferentes bases de datos	15
Tabla 6 Resumen de las investigaciones que han evaluado el efecto de la oxigenación hiperbárica en el mejoramiento de diversas enfermedades	16

INDICE DE FIGURAS

Figura 1 Diferencias entre el ciclo de oxígeno de un ambiente normal y uno hiperbárico	1
Figura 2 Evolución del contenido sanguíneo de oxígeno en condición hiperbarica	4
Figura 3 Cámara de oxigenación hiperbárica de una sola plaza	10
Figura 4 Cámara oxigenación hiperbárica multiplaza.....	12

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1 Etapas de oxigenación hiperbárica dentro de la cámara.....	31
Anexo 2 Autorización de uso de la Empresa BIOBARICA para el uso de la fotografía de la cámara monoplaza.....	32
Anexo 3 Autorización de uso del HOSPITAL CLINIC COSTA BRAVA para el uso de la fotografía de la cámara multiplaza.....	32
Anexo 4 Autorización Clínica Hiperbárica Colibrí para uso de su fotografía diferencias ciclo de oxígeno.....	30

GLOSARIO DE ABREVIATURAS

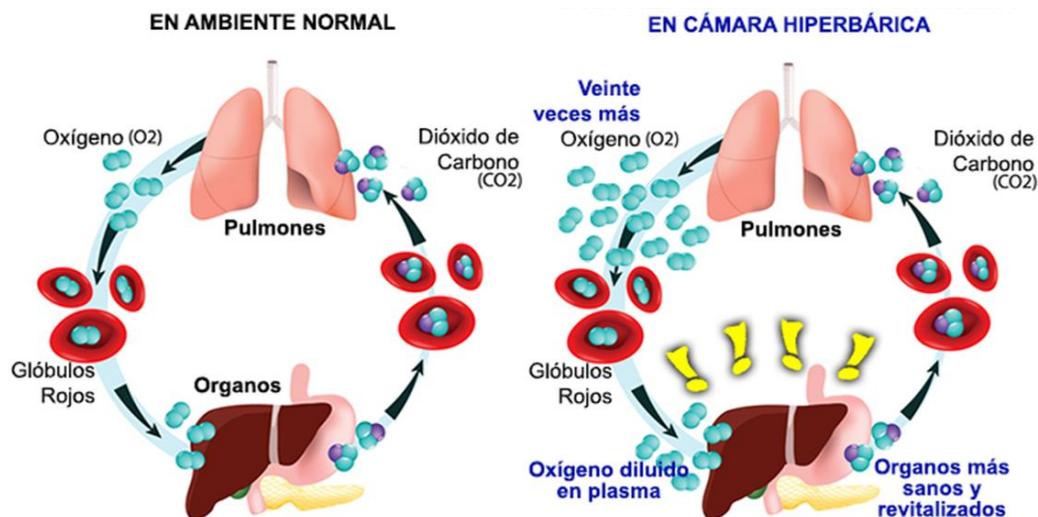
ATA	Atmósfera absoluta
ATM	Atmósfera
C	Concentración de gas (solubilidad)
CCCMH	Comité Coordinador de Centros de Medicina Hiperbárica
CO	Monóxido de Carbono
CO₂	Dióxido de Carbono
DeCS	Descriptores de Ciencia de la Salud
IBECS	Índice Bibliográfico Español de Ciencias de la Salud
[H-C≡N(g)]	Cianuro de Hidrogeno
MeSH	Medical Subject Headings
mmHg	Milímetros de mercurio
N	Nitrógeno
OTH	Oxigenoterapia hiperbárica
O₂	Oxígeno

1. Introducción

El cuerpo de una persona requiere de la inspiración de O_2 para el mantenimiento del metabolismo aerobio. Es por ello que la medición de la oxigenación constituye un parámetro clínico para el abordaje y la correcta evaluación de diversas patologías tales como el asma, trastornos de respiración de ansiedad, anomalías en el cerebro, cáncer, fatiga crónica, enfermedades cardíacas, enfermedades pulmonares, apnea del sueño, entre otras¹. Dentro de este contexto, la definición de oxigenación engloba un proceso de difusión pasiva del O_2 el cual pasa desde los alveolos pulmonares a los capilares pulmonares^{2,3}. Una vez que el O_2 alcanza los capilares pulmonares, puede tener dos vías, una de ellas es unirse al grupo hemo (en sus subunidades alfa y beta) de la hemoglobina que se encuentra en los glóbulos rojos, y la otra vía es disolverse en el plasma^{3,4}. Cuando este proceso falla por diversos factores, se produce una oxigenación que es insuficiente por lo que la sangre tendrá un bajo contenido de O_2 ocasionando lo que se conoce como hipoxemia^{5,6}.

Una de las estrategias médicas que permite brindar asistencia a pacientes que presentan deficiencias de O_2 , es la oxigenación hiperbárica, a través de la cual se induce que una persona respire O_2 en concentración del 100%, mientras se expone a un aumento de la presión atmosférica^{7,8} (Anexos 1,2). Su principal característica terapéutica se basa en obtener presiones parciales de O_2 sanguíneo, cuando el O_2 puro es respirado en la parte interna de una cabina hiperbárica o presurizada a valores superiores a la de la atmosfera, la cual ejerce una presión de 760 mmHg a nivel del mar, y de 160 mmHg de O_2 gracias a que está compuesta por 21% de este gas^{7,8,9}. La oxigenoterapia hiperbárica está tipificada por tres elementos básicos: i) la aplicación de O_2 , ii) la utilización de presiones mayores que la atmosférica y iii) la utilización de una cámara hiperbárica¹⁰. La siguiente figura 1 muestra las principales diferencias entre la respiración de O_2 de forma normal y el proveniente de una cámara hiperbárica:

Figura 1: Diferencias entre el ciclo de oxígeno de un ambiente normal y uno hiperbárico.



Fuente: <https://hiperbaricamexico.com/para-que-sirve/>

La terapia de oxigenación hiperbárica es conocida desde hace más de 60 años, Behnke¹¹ publicó el primer uso clínico de esta terapia para tratar una enfermedad descompresiva; posteriormente se demostró su capacidad para llevar O_2 a los tejidos tisulares y/o combatir infecciones anaerobias. La presión que se genera en la oxigenación hiperbárica se mantiene entre los 2,4 y 3 ATA (Atmosfera Absoluta), y cada sesión puede tener una duración entre 60 y 90 minutos, pero puede ser prolongada cuando la patología que padece el paciente

es grave, por lo que se contemplará la aplicación de 1 a 2 sesiones en afecciones como las quemaduras, sordera súbita idiopática, anemia, intoxicación, entre otras, o más de 40 sesiones cuando las patologías sean de carácter crónico tales como el Parkinson, úlceras, parálisis cerebral, fibromialgia, artritis, artrosis, otras¹².

En relación con las cámaras utilizadas para la aplicación de este tipo de terapias, puede indicarse que pueden ser de una sola plaza, las cuales están presurizadas con O₂ puro, o multiplaza, que se caracterizan por tener aire comprimido y además poseen la primacía de permitir el apoyo y acompañamiento de personal sanitario directamente en su interior en cada terapia, cuando ésta es aplicada a pacientes que precisan de supervisión. Sabemos que el riesgo de deflagración del sistema de presurización es menor en la cámara multiplaza cuando este es comparado con el de las cámaras monopla¹³

Desde el punto de vista fisiológico, la oxigenación hiperbárica es capaz de ocasionar una vasoconstricción rápida y significativa, que es nivelada por el aumento del O₂ conducido y por la salida microvascular de los tejidos de tipo isquémico¹⁰. Esa vasoconstricción puede disminuir los edemas postraumáticos y en consecuencia se mejora el procedimiento sintomatológico compartimental, así como las laceraciones por quemaduras y/o aplastamiento. De igual forma, Cannellotto et al.¹⁵, indicaron que la oxigenoterapia puede facilitar la amplificación del diferencial de O₂ en el perímetro de los tejidos isquémicos y favorecer la constitución central de colágeno que se necesita para el proceso de angiogénesis

En acuerdo con diversos estudios^{7,13,15}, la aplicación de O₂ hiperbárico puede conducir a la conformación de especies reactivas tanto de nitrógeno (N) como de O₂ (RNS y ROS, respectivamente), las cuales pueden activar las peroxidasas leucocitarias, oxidar membranas y sus proteínas, así como destruir el metabolismo y el ADN de las bacterias como es el caso de *Clostridium perfringens*⁷.

1.1. Ordenanzas que reglamentan el procedimiento de los gases

Los resultados orgánicos de la oxigenoterapia hiperbárica están sustentados por las siguientes leyes que reglamentan el comportamiento de los gases:

- a. **Ley de Boyle-Mariotte:** indica que el espesor del gas será inverso a la proporción de la presión en una temperatura constante. En este contexto, la oxigenación hiperbárica puede ser utilizada en accidentes producidos por embolias gaseosas y/o descompresión brusca, ya que permiten disminuir y/o diluir las pompas de N las cuales ocasionan estos accidentes⁹.
- b. **Ley de Dalton:** señala que la coerción que ejerce un vapor mixto es semejante a la sumatoria de la presión parcial de todos los vapores que componen la composición. En este sentido, durante la oxigenoterapia, la aplicación de O₂ al 100% y a una presión mayor a la de la atmosfera, permiten que el O₂ inspirado tenga una presión parcial mayor que la del aire en el ambiente.
- c. **Ley de Henry:** contempla que la disolución de cualquier gas en un medio en estado acuoso se produce de modo directo a la fuerza que realiza sobre el líquido en el cual se encuentra. Dentro de este contexto, el incremento de la presión parcial del O₂ en la sangre, que se produce cuando este es inhalado al 100% y a una presión de 3 ATA's, aumenta la concentración de O₂, que ya se encuentra

disuelto en el plasma, hasta alcanzar un incremento superior a 20 veces a su valor en condiciones normales.

1.2. Bases fisiológicas de la cámara hiperbárica

Las terapias hiperbáricas están fundamentadas en las leyes de Boyle-Mariotte, Dalton y Henry. En este sentido, el aumento de presión atmosférica o ambiental tiene implícita la disminución de todo tipo del volumen gaseoso inversamente proporcional a la presión absoluta¹³. En situaciones hipóxicas que se consideran de forma irreversible, la oxigenación hiperbárica a nivel plasmático puede combatir la hipoxia de los tejidos por medio de:

- a. Facilitación de la absorción del O₂ a nivel plasmático a deficientes niveles de elasticidad eritrocitaria, así como en otras modificaciones en los hematíes que no penetran en circulación de los capilares.
- b. Restablecimiento de los niveles de oxigenación hemoglobínica cuando hay niveles tóxicos con presencia de COHb, que puede bloquear la oxigenación hiperbárica.
- c. Mantenimiento de la respiración celular a nivel mitocondrial en la intoxicación por CO₂ o Cianuro de Hidrogeno [H-C≡N(g)]
- d. Mejoramiento de la hipoxia metabólica en patologías en las que se presenta una alteración del intercambio o del empleo del O₂ en sangre.

De acuerdo con Iriarte et al.¹⁶, el efecto volumétrico inducido por la ley de Boyle ocasiona que, en el cuerpo humano, el incremento de la presión atmosférica se reduzca de modo inversamente proporcional al espesor de los vacíos orgánicos aéreos que no se encuentran en conexión con las vías del sistema respiratorio como los senos paranasales, o el tubo digestivo, el oído, u otros. Tal efecto es el que hace que se reduzcan las burbujas por embolismo gaseoso.

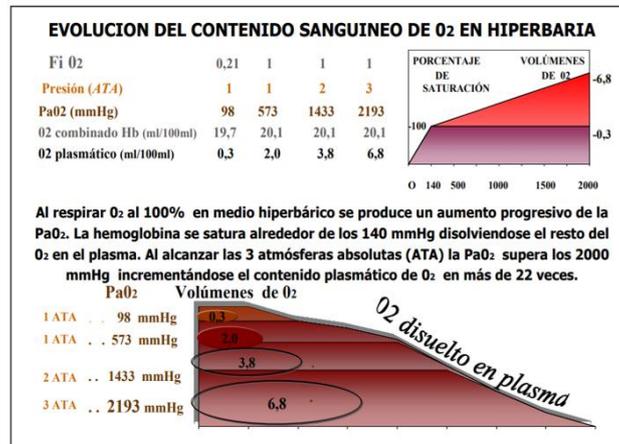
Un ejemplo de la actividad de la premisa de la ley de Dalton es lo que ocurre cuando una persona se encuentra intoxicada por dióxido de carbono (CO₂), el cual tiene una mayor afinidad por la hemoglobina que la que tiene el O₂ y el cual es capaz de desplazar la curva de segregación de los hematíes a la izquierda. En estos casos, la oxigenoterapia puede reducir la vida promedio de la COHb de cuatro o cinco horas, a quince o treinta minutos^{14,15}.

Por su parte, la ley de Henry explica la razón por la que el O₂ diluido puede llegar a espacios con baja fluidez sanguínea, hasta espacios donde los hematíes son incapaces de alcanzar, por lo que la oxigenación hiperbárica puede colaborar en aliviar casos complejos de anemia o intoxicaciones por CO (monóxido de carbono)¹⁷. Al efecto inducido por la ley de Henry se le atribuyen beneficios como:

- Reposición de la deficiencia sanguínea del tejido local o general, por diferencial de transmisión simple, que permite el acceso del O₂ por capilaridad a las células (Figura 1).
- Corrección de la hipoxia en un lugar específico, por una redistribución del O₂, debido a que la oxigenación hiperbárica ocasiona una vasoconstricción periférica compensatoria que ocurre solo en los tejidos sanos, y no en aquellos tejidos que presentan una condición hipóxica, por lo que son éstos últimos los que toman ventaja y se benefician de la cantidad de plasma que se mueve desde aquellos tejidos no isquémicos.

- Restablecimiento de la producción del tejido de granulado, el cual aprovecha por la variación entre el exceso de O₂ – niveles normales de O₂, que a su vez es un estimulante angiogénico.

Figura 2: Evolución del contenido sanguíneo de oxígeno en condición hiperbárica.



Fuente: <http://racve.es/files/2018/10/Jose-Cuellar-carinano.pdf>

- Se incrementan las defensas para combatir las infecciones, a través de mecanismos como:
 - o Ampliación de la fagocitosis de neutrófilos, la cual es dependiente del O₂. Algunos microorganismos combatidos por este mecanismo son *Pseudomonas aeruginosa* y *Staphylococcus aureus*.
 - o Actividad bactericida sobre microorganismos anaerobios sin esporulación como *Actinomyces*, *Bacteroides fragilis* y *Rhizopus*.
 - o Efecto bacteriostático sobre microorganismos anaerobios con esporulación como las especies del género *Clostridium*.
 - o Inhibición de la constitución de toxinas clostridiales
 - o Exclusión de la COHb.

De forma general, la oxigenación hiperbárica produce los efectos que se muestran en la siguiente tabla (1):

Tabla 1: Efectos clínicos de la oxigenoterapia hiperbárica^{7,9,12}

Actividad antimicrobiana
Incremento de la deformabilidad de los eritrocitos
Incremento en la conformación de la central ósea
Ascenso de la mineralización
Efecto vasoconstrictor
Hiperoxigenación
Mejoramiento de la función osteoblástica
Neovascularización
Proliferación fibroblástica

Fuente: El autor (2020).

El O₂ en la terapia hiperbárica no es almacenado, lo que hace que su concentración a nivel tisular va a depender de factores tales como el consumo cardíaco, la densidad de los capilares, el intercambio de gases a nivel pulmonar, niveles de O₂ en las arterias, perfusión y consumo tisular del O₂⁷. En la cicatrización incrementan las necesidades de O₂, por lo que, en caso de existir un área de tejido con poca oxigenación, el proceso de reparación tisular se dificultará; por lo que las células siempre necesitarán obtener el O₂ por un proceso de difusión desde los vasos sanguíneos, los cuales deben estar cerca de la zona afectada, para que la concentración no disminuya^{7,18}.

Cuando ocurre el daño a nivel tisular, entonces se produce una ruptura vascular que activa la función endotelial, la concentración de plaquetas y la vasoconstricción, por lo que la hipoxia tiene lugar durante la primera fase de cicatrización ya que induce la formación de especies reactivas de O₂ (ROS) y la suelta de citoquinas a nivel plaquetario, de fibroblastos y monocitos. Este estado hipóxico será necesario solo en los primeros minutos desde que se produce el daño tisular, ya que si se alarga se complicará la reparación tisular⁷.

Es por ello que la oxigenación hiperbárica ofrece ventajas durante la cicatrización ya que es capaz de promover la formación de vasos sanguíneos, fibroblastos y colágeno, que se encargarán de la etapa proliferativa de la cicatrización y la consecuente generación de tejido granular. En relación con el sistema inmune, la oxigenación hiperbárica permite el fortalecimiento de la actividad de macrófagos y la quimiotaxis en la zona afectada por la herida¹⁹. Esta función sobre el sistema inmune tiene relevancia para pacientes que padecen diabetes, en tratamientos inmunosupresores y aquellos con inmunodeficiencias de tipo congénito o adquiridas.

1.3. Marco legal de la oxigenoterapia hiperbárica en España

Los espacios cerrados que se encuentren sometidos a presión deben estar identificados de acuerdo con la normativa europea y de España, así como de sus equipos, como ocurre con las bombonas de gases médicos, las bombonas de buceo, bombonas industriales y domésticas, y desde luego, las cámaras hiperbáricas. La norma europea UNE-EN 14931 sobre las cámaras hiperbáricas, describe las características y variedades de funcionamiento y de seguridad necesarios para el trabajo con humanos. En este contexto, las cámaras hiperbáricas se consideran como dispositivos médicos sanitarios que deben estar adscritos a un registro EC médico particular²⁰.

El Real Decreto 1277/2003 indica las líneas a seguir para autorizar establecimientos y centros sanitarios, y define los centros para la aplicación de medicina hiperbárica como unidades asistenciales que deben estar vinculadas a los centros de tipo hospitalario, que se encuentre a mando de un médico, que tenga formación y que se dedique la administración de O₂ bajo presurización, con propósitos terapéuticos y/o diagnósticos. Por su parte, el Código Europeo para la buena práctica establece la regularización de cámaras hiperbáricas monoplaza o multiplaza, con un fin terapéutico, y describe todo lo relacionado con la cámara, accesorios, anexos, junto a consideraciones de tipo material y/o personal²⁰.

En este sentido, este Código también describe un listado de materiales y procesos que son tipificados como prohibidos, autorizados y/o recomendables. Lo mismo que presenta los requerimientos académicos, de formación y acreditación, que debe tener el personal que conformará el equipo de trabajo que utilizará las cámaras mono o multiplaza. Establece por ejemplo que para las cámaras multiplaza, será necesario médicos con formación especializada, personal sanitario o enfermero y también el operador de cámara o camarista²⁰.

Por su parte, si la cámara es monoplaza, el reglamento europeo indica que la manipulación de la cámara podrá ser ejecutada por profesionales de la medicina, pero no se deben desempeñar las dos actividades en el mismo momento, es decir, camarista y personal sanitario al unísono²⁰. En resumen, para que un centro pueda administrar medicina hiperbárica de forma fiable y legal, deberá tener toda la documentación, marcaje y registros de las cámaras hiperbáricas (monoplaza o multiplaza)²⁰.

1.4. Indicaciones y contraindicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica

De acuerdo con la Health Care Financing Administration, las patologías para las que se recomienda la aplicación de la terapia con oxigenación hiperbárica pueden ser agrupadas en función de las siguientes indicaciones^{7,20}:

a. Indicaciones preferentes

Son aquellas patologías en las que la oxigenoterapia es la única posibilidad de tratamiento eficaz, o se considera como esencial en compañía con otras terapias. Tal es el caso de:

- Accidentes de descompresión
- Embolismo aéreo o gaseoso
- Enfermedad descompresiva
- Intoxicaciones producidas por el CO
- Mionecrosis producidas por *Clostridium*

Respecto a las intoxicaciones producidas por el CO, investigaciones conducidas por Cardellach et al.²¹ indican que la modificación de la respiración mitocondrial es alargada en pacientes que han recibido O₂ a presiones iguales a la de la atmosfera, pero persiste menos en aquellos pacientes que reciben oxigenoterapia hiperbárica.

b. Indicaciones complementarias

Cuando las enfermedades no requieren de forma esencial la aplicación de O₂ hiperbárico.

- Retardos de cicatrización de heridas, implantes o fracturas: en algunas heridas o trastornos de cicatrización como los que padecen los pacientes con diabetes, se presentan mecanismos oxígeno dependientes, que evita la conformación de un tejido granular y por ende, pueden dar pie a una infección crónica. En estas circunstancias, la oxigenoterapia favorece la interrupción de esa situación que mantiene la infección, la falta de cicatrización y el trastorno vascular²⁰.
- Infecciones necróticas de los tejidos blandos: existe suficiente evidencia de la recuperación de pacientes con gangrenas cuando se les ha administrado oxígeno hiperbárico, no obstante, debe considerarse que, bajo estas circunstancias, los protocolos de actuación recomiendan desbridamiento inicial no conservador o radical, con revisiones quirúrgicas y curas frecuentes.

La oxigenación hiperbárica es capaz de coadyuvar ambientes hipóxicos ya que favorece la homeostasis de la úlcera o herida, evento necesario para que comience la cicatrización. Los tejidos periféricos a la herida suelen encontrarse en hipoxia debido a la infección por bacterias

que compiten por oxígeno tisular con el tejido que se encuentra sano, y como consecuencia inducen su pérdida²².

- Necrosis inducidas por radioterapia en tratamientos de hueso y tejidos blandos: la actividad de las presiones parciales de oxígeno en el desarrollo de los tumores es importante, ya que el metabolismo celular de los tumores es generalmente anaerobio, por lo que la hipoxia provoca variaciones genéticas que incrementan la acometividad de los tumores.

En pacientes con riesgo radio necrótico, o que se encuentran en situaciones forzadas en los que se necesita de una operación en la zona que está recibiendo la irradiación, la administración de la oxigenoterapia hiperbárica con el protocolo de "Marx", ha prevenido las lesiones radio inducidas en los tejidos que se encuentran sanos y que bordean las zonas del tumor, particularmente en radio necrosis de huesos, mucosas y/o partes blandas²².

- Osteomielitis de carácter crónico refractario
- Síndrome de aplastamiento y otras formas de isquemia de carácter traumático.

c. Indicaciones experimentales

En casos en los que se considera que la oxigenoterapia puede producir un efecto aceptable.

- Esclerosis múltiple
- Enfermedad de Crohn
- Sordera
- Sintomatología de cauma
- Envenenamiento por cloruro de carbono (CCl₄)
- Anemia grave con imposibilidad para la transfusión de sangre como ocurre con los Testigos de Jehová
- Intoxicación por cianuro/cianhídrico.
- Encefalopatía hipóxico – isquémica.

Respecto a la intoxicación por cianuro/cianhídrico, cuando ocurre inhalación de humo por incendios en áreas cerradas, los pacientes sobrevivientes pueden haber respirado gas cianhídrico que es generado durante la combustión de objetos sintéticos. En estos casos, la oxigenación hiperbárica ha resultado en recuperaciones exitosas²⁰.

De forma general, existen muy pocas restricciones para el uso de la oxigenoterapia, por lo que solo se encuentra contraindicado en enfermedades pulmonares con obstrucción crónica, desarrollo de bullas, infecciones o contagios recientes que afecten a las vías respiratorias, oído, cirugías o en situaciones de claustrofobia, y de insuficiencia cardíaca. De igual forma, se ha indicado que la oxigenación hiperbárica puede afectar al sistema nervioso central en pacientes que tengan antecedentes de epilepsia^{14,15,20,23}. La siguiente tabla (2) muestra las condiciones de la oxigenación hiperbárica para el tratamiento de algunas patologías:

Tabla 2 Indicaciones de oxigenación hiperbáricas para determinadas patologías
20,26,28,28,40

PATOLOGÍA	PRESIÓN (ATA)	FRECUENCIA		NUMERO (Sesiones)
AGUDA				
Intoxicación CO	2,5 – 3,0	qd/db		5
Aeroembolismo	2,8 – 6,0	qd		10 – 14
Mionecrosis clostridial	3,0	td x 1D/db x 4 – 5D		10
Isquemias traumáticas	2,0	Td x 2D/db x 2D/qd x 2D		9
Enfermedad descompresiva	2,8 – 6,0	qd		14
Trastornos de cicatrización	2,0 – 2,5	qd/db		60
Anemia severa	3,0			Hasta HCT > 22,9%
Infección necrotizante partes blandas	2,0 – 2,5	db/qd		30
Osteomielitis refractaria	2,0 – 2,5	qd		40
Radionecrosis	2,0 – 2,4	qd		60
Injertos/colgajos de mala evolución	2,0 – 2,5	db/qd		20 pre/20 post
Abscesos intracraneales	2,5	qd/db		
Quemaduras	2,0	td x 1D/db/qd		45
CRÓNICA		Tiempo (min)	Frecuencia	Número sesiones
Intoxicación por CO	3,0 – 2,5	90 - 150	qd/db	5
Aeroembolismo	4,0 – 2,8	150	qd/db	2 – 3
Infección necrotizante partes blandas	3,0 – 2,5	90	tb x 1D db x 2D	7 - 30
Encefalopatía post anóxica	2,0 – 1,8	90	tb x 1D/db	2
Quemaduras	3,0 – 2,5	90	tb/db	10 - 15
Sordera súbita	2,5	90	qd	15 + 10

Db: dos veces/día; tb: tres veces/día; d: día; qd: tratamiento diario

Fuente: Elaboración propia (2020).

No obstante, debe indicarse que las complicaciones de la terapia de oxigenación hiperbárica están asociadas a las variaciones de presión y los efectos toxicológicos del O₂, los cuales tienen una frecuencia reducida y se presentan relacionados con exposiciones largas, generalmente mayores a 3 horas, o en aplicaciones con presiones báticas muy altas. A pesar de ello, las lesiones que pueden presentarse suelen ser:

- Barotraumáticas, las cuales pueden tener afectación del tímpano, las cavidades huecas, los senos paranasales y los pulmones. Para ello se sugieren aplicar medidas preventivas como la limpieza de los oídos, la utilización de anticongestivos nasales y la aplicación de la maniobra de Valsalva^{20,24}. La razón por la que estas lesiones pueden ocurrir se fundamenta en que, las modificaciones que se producen dentro de la cámara hiperbárica del volumen de los gases hacen que disminuya el contenido aéreo dentro del tímpano y senos paranasales. Es comprobado que a mayor volumen de la cámara hiperbárica, menor será el inconveniente para compensar la presión; debido a esta variación es necesario que el paciente sea instruido en la maniobra de Valsalva para que

pueda compensar tal deficiencia. No obstante, en pacientes inconscientes o con alguna incapacidad para realizar la maniobra, se aplica una miringocentesis²⁰.

- Crisis de carácter convulsivas debido a que presiones de O₂ elevadas, pueden ocasionar irritación del córtex y promover la manifestación de convulsiones tónico – clónicas²⁵. Esta complicación puede ser revertida con la supresión de la mascarilla del paciente que se encuentra en una sesión de oxigenoterapia hiperbárica, sin dejar secuelas relevantes pues se limita solo a una pequeña aura postcomicial que se mantiene durante algunos minutos. Es importante destacar que este riesgo se reduce aún más si se cumplen las normativas relacionadas con los límites de presión y de tiempo²⁰.
- Efectos oculares que están asociados a constricción de los vasos retinianos por acción de la exposición a oxígeno hiperbárico. En ocasiones, algunos pacientes han manifestado fibroplasia retrolental o también llamadas cataratas, lo cual suele ocurrir en cámaras monoplasma en las que el ambiente está lleno de O₂ puro²⁰.
- Edemas en los pulmones en pacientes con cardiopatías. Esto ha dado pie a que la recomendación de oxigenación hiperbárica sea restringida en casos de pacientes con insuficiencias cardíacas²⁰.
- La entrada de aire en el sistema gastrointestinal puede producir fatigas en el abdomen. Sin embargo, esta complicación puede evitarse por medio de la realización efectiva de la respiración diafragmática o abdominal²⁰.
- La presión parcial de O₂ demasiado alta en periodos prolongados puede ocasionar los siguientes inconvenientes:
 - o Efecto Paul Bert, que es una excitación gradual del sistema nervioso central²⁵.
 - o La intoxicación por O₂ puede desencadenar una irritación cortical que conlleve a una crisis epiléptica focalizada o Jacksoniana. Los eventos asociados pueden ser las convulsiones musculares, las alucinaciones, la taquicardia, las alucinaciones y la sudoración. Cuando se presenten estas situaciones, solo basta con retirar la mascarilla y el paciente puede recuperarse rápidamente²⁵.
 - o Cuando las sesiones de oxigenación son muy frecuentes o de larga duración, se pueden presentar situaciones de toxicidad en el aparato respiratorio y como consecuencia se producirá tos seca, edema pulmonar o dolor torácico²⁵.
 - o La acumulación de N en la sangre y/o narcosis, puede ocasionar la pérdida momentánea de la conciencia²⁰.
 - o Estrés térmico producto de la presurización de la cámara. Este efecto tiende a desaparecer cuando se estabiliza la presión en el interior de la misma²⁵.
 - o Otros riesgos que existen son los asociados a explosiones, incendios o intoxicación¹⁷.

En relación con las contraindicaciones de la oxigenoterapia, debe indicarse que estas son pocas, siendo la de mayor relevancia la de neumotórax no tratado, los antecedentes de neumotórax espontáneo o las toracotomías. Así mismo, las enfermedades de carácter

infeccioso, las sinusopatías tanto crónicas como agudas, las de origen catarral del sistema respiratorio, la claustrofobia y la insuficiencia cardíaca, son otras de las contraindicaciones¹⁶.

1.5. Descripción y funcionamiento de la cámara hiperbárica

La cámara hiperbárica es un equipo hermético de estructura metálica, que en su interior permite alcanzar presiones de gases superiores a las de la atmosfera. Estas presiones que son desarrolladas en una intra-cámara, generalmente son iguales a 2.2 ATA, lo cual es la presión de la atmosfera sumada a la presión relativa que se alcanza en un entorno hiperbárico, la cual puede llegar a ser de 3 ATA²⁶. Vale indicar que 1 ATM es equivalente a 760 mmHg o 10'33 m de columna de agua. Las cámaras hiperbáricas pueden diferenciarse en dos tipos de acuerdo con su tamaño y forma de la presurización en el interior de la cámara¹⁵.

Respecto al tamaño, las cámaras pueden ser una sola plaza o monoplaza, o de varias plazas o multiplaza, sin embargo, ambos tipos son de estructura cilíndrica y con base plana que permite el anclaje directamente en el suelo.

a. Cámara monoplaza

Dado que posee un compartimiento, este tipo de cámara ofrece un tratamiento individualizado (Figura 4), en el cual la presurización es obtenida con el empleo de oxígeno al 100%. Dentro de la cámara, el paciente se coloca en una cama, y el cilindro del equipo posee un material transparente (metacrilato), que permite monitorear la evolución del paciente en cada terapia²⁰.

Existen además cámaras monoplaza fabricadas en materiales ligeros que son plegables y permiten transportarse y que se utilizan en ambientes hostiles (alta montaña, traslado de buzos entre otros) capaces de mantener una presión de 1,3 ATA. Estas cámaras no consiguen alcanzar la presión necesaria para realizar medicina hiperbárica ya que no son efectivas en tratamientos como el pie diabético y la intoxicación por CO¹⁷.

Figura 4 Cámara de oxigenación hiperbárica de una sola plaza



Fuente: <https://www.biobarica.com/> 2020. El autor tiene autorización de la empresa BIOBARICA para el uso de la fotografía de la cámara monoplaza (Anexo 3).

b. Cámara multiplaza:

Este tipo de cámaras permiten la atención a más de dos pacientes al mismo tiempo. Los profesionales de enfermería pueden ser instruidos para la utilización de este tipo de cámaras y por ende es quien puede permanecer durante la sesión de oxigenoterapia hiperbárica en el interior (Figura 5). El aire del exterior es presurizado a través de compresores que están equipados con filtros especiales con el fin de eliminar olores o partículas no deseadas, por lo que la concentración de O₂ dentro de la cámara es parecida a la concentración ambiental^{15,20,26}.

Los pacientes reciben la administración del O₂ a una dosis de 100% por medio de una máscara facial o campana, mientras que en pacientes que tienen una vía aérea artificial como una traqueotomía, tubo orotraqueal o nasotraqueal, reciben la administración del O₂ por medio de dicho dispositivo. Las cámaras multiplaza pueden estar conformadas por un compartimiento principal o bien tener dos compartimientos, en cuyo caso uno será la antecámara y el otro será el compartimiento principal en el que se alojaron los pacientes. En esta cámara principal, los pacientes se colocarán sentados, y podrán agruparse hasta ocho pacientes por sesión de oxigenoterapia, más un personal sanitario^{20,26}.

Por su parte, la antecámara estará formada por un espacio pequeño que permitirá la comunicación del espacio exterior con el compartimiento principal donde se encuentran los pacientes, por lo que su presurización y despresurización se realizará de manera independiente, lo que a su vez permitirá que el personal sanitario pueda entrar y salir sin problemas, y no afectar al desarrollo de la terapia. No obstante, para realizar la maniobra de salir de la cámara hiperbárica durante una sesión, es preciso que se realice un balance de la presión del compartimiento de la antecámara con el de la cámara principal, luego de lo cual se podrá abrir la compuerta que separa ambos compartimientos para que el personal sanitario pueda salir^{7,20}. Posteriormente, cuando la antecámara esté cerrada, entonces la persona que ha salido de allí se someterá a despresurización, hasta que alcance la presión de la atmósfera, luego de lo cual sí podrá salir. Cuando lo que ocurra sea lo inverso, es decir, que un personal sanitario desee entrar a la cámara principal por medio de la antecámara, entonces deberá presurizarse hasta que alcance la presión del compartimiento principal, y luego cuando se abra la compuerta podrá ingresar a la cámara principal²⁰.

Es oportuno mencionar que existen cámaras multiplaza que tienen un compartimiento pequeño llamado exclusiva, el cual permite que se puedan intercambiar objetos pequeños tales como medicamentos, sin que se tenga cambios de presión relevantes²⁰. Dentro de las cámaras multiplaza se pueden encontrar los siguientes equipos básicos:

- Tensiómetro manual y fonendoscopio
- Fármacos como la adrenalina, urapidilo, entre otros requeridos en situaciones de emergencia.
- Sueros de tipo fisiológico y glucosado, siempre en recipientes plásticos para evitar que se rompan con el gradiente de presiones.
- Jeringas y agujas esterilizadas.
- Apósitos y gasas esterilizadas.
- Agua y caramelos, los cuales son usados para contribuir a la equalización de los oídos.

En ambas cámaras, el tiempo de presurización va a variar dependiendo del tamaño de la cámara y de la presión que necesite ser alcanzada. Sin embargo, el tiempo es un factor crítico de control con el fin de prevenir daños al equipo.

Figura 3 Cámara de oxigenación hiperbárica



Fuente: <https://www.hospitalcliniccostabrava.com>, 2020. El autor tiene autorización. (Anexo 4)

2. Justificación

El sistema respiratorio está conformado por una variedad de estructuras que permiten que el cuerpo humano pueda utilizar el oxígeno ambiental para la realización de sus funciones fisiológicas y metabólicas como la generación de ATP (Adenosin Trifosfato), la beta oxidación de los ácidos grasos, y al mismo tiempo pueda eliminar gases que se generan por la actividad bioquímica, tales como el CO_2 . Este sistema es capaz de adaptar su ventilación, perfusión y difusión de O_2 de acuerdo con las condiciones del cuerpo humano y a la presión atmosférica del ambiente en el que se encuentre. Esta situación ha dado origen a la utilización del O_2 como tratamiento de patologías respiratorias y cardíacas, dado que la inhalación de este gas en concentración de 100% permite que se pueda optimizar su disolución en situaciones de hipoxemia en el cuerpo.

Como forma terapéutica de oxigenación, se ha popularizado en años recientes la utilización de la cámara hiperbárica para administrar oxígeno, lo cual aumenta su concentración en sangre, así como su difusión a los tejidos y arterias, con el consecuente aumento de las especies reactivas de oxígeno y nitrógeno, (ROS) y (NOS), respectivamente. No obstante, las implicaciones terapéuticas de la oxigenación hiperbárica son muy poco conocidas entre el personal sanitario y sus usuarios, a pesar de su relevancia dentro del mejoramiento de

la salud de los pacientes. Es por lo que en la presente investigación se aborda el funcionamiento de este tipo de terapias y los cuidados de enfermería asociados.

3. Objetivos

3.1. Objetivo General

El objetivo general es conocer las patologías de los pacientes a los que se les indica la oxigenoterapia hiperbárica como forma de tratamiento de la enfermedad.

3.2. Objetivos Específicos

Los objetivos específicos son los siguientes:

- Conceptualizar la terapia de oxigenación, sus beneficios, indicaciones y contraindicaciones.
- Describir el funcionamiento de una cámara hiperbárica.
- Identificar la intervención de la enfermería en la oxigenoterapia con la utilización de la cámara hiperbárica.
- Analizar las diversas aplicaciones y los efectos de la terapia de oxigenación hiperbárica.

4. Metodología

Para la realización de este trabajo, se realizó una revisión bibliográfica narrativa entre los meses de enero a abril de 2020, con el propósito de analizar y evaluar los elementos más relevantes de las aplicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica para el tratamiento de diversas enfermedades y/o patologías.

4.1. Estrategia de búsqueda

La revisión de literatura se realizó a través de búsqueda de información de bases de datos digitales tales como:

- IBECs
- Cuiden
- Pubmed

Las búsquedas se realizaron en las bases de datos electrónicas: IBECs, Cuiden y Pubmed. Además, se consultó páginas web (3) de diferentes instituciones. Como palabras clave se utilizaron términos MeSH y DeCS: oxygenation therapy (oxigenación hiperbárica), cuidados de enfermería (nursing care), atención de enfermería (nursing attention). Estas palabras también fueron combinadas en un orden lógico mediante los operadores booleanos OR y AND tal como muestra (Tabla 3). A fin de reducir el número de artículos se aplicaron los siguientes filtros: Estudios realizados en humanos, Estudios publicados en los últimos 5 años.

Tabla 3: Base de datos utilizada y palabras clave empleadas para cada una de las búsquedas

Nº de búsqueda	Base de datos	Término de búsqueda
1	IBECs	Oxigenación hiperbárica AND terapia
2	IBECs	Terapia de oxigenación hiperbárica AND Cuidados de

		enfermería
3	IBECS	Terapia de oxigenación hiperbárica AND Atención de enfermería
4	IBECS	Oxigenación hiperbárica AND enfermería
5	Cuiden	Oxigenación hiperbárica AND terapia
6	Cuiden	Terapia de oxigenación hiperbárica AND Cuidados de enfermería
7	Cuiden	Terapia de oxigenación hiperbárica AND Atención de enfermería
8	Cuiden	Oxigenación hiperbárica AND enfermería
9	Pubmed	Hyperbaric oxygenation AND Therapy
10	Pubmed	Hyperbaric oxygenation Therapy AND Nursing care
11	Pubmed	Hyperbaric oxygenation Therapy AND Nursing attention
12	Pubmed	Hyperbaric oxygenation Therapy AND Nursing

A partir de aquí se aplicaron los siguientes criterios de inclusión y exclusión y se procedió a leer el título de cada artículo (Tabla 4)

Tabla 4: Criterios de inclusión y exclusión

Criterios de inclusión	Criterios de exclusión
Documentos relacionados con la oxigenación hiperbárica.	Publicaciones no relacionadas con la fisioterapia.
Documentos con fecha de publicación no menor a 5 años	Artículos a los que no se tuvo acceso a texto completo.
Artículos publicados en todos los idiomas.	Artículos que no se centrasen en el tema.
Estudios en humanos.	Artículos repetidos.
Guías, libros o artículos publicados en cualquier país	Estudios de casos en otros países.
	Estudios con más de 5 años de antigüedad

Fuente: Elaboración propia (2020).

La búsqueda arrojó un total de 121 artículos, tras la aplicación de filtros, leer título y resumen se quedaron un total de 68 artículos. Los artículos fueron leídos para disminuir el número de publicaciones, y finalmente se seleccionaron 12 artículos válidos (Tabla 5).

Tabla 5: Artículos encontrados en las diferentes bases de datos

Término de búsqueda	Nº de art. tras aplicar filtros	Nº de art. tras leer título	Nº de art. tras leer el abstract	Nº de art. escogidos
Oxigenación hiperbárica AND terapia	22	15	13	2
Terapia de oxigenación hiperbárica AND Cuidados de enfermería	12	7	6	1
Terapia de oxigenación hiperbárica AND Atención de enfermería	7	4	3	1
Oxigenación hiperbárica AND enfermería	15	8	4	2
Hyperbaric oxygenation AND Therapy	23	14	9	1
Hyperbaric oxygenation Therapy AND Nursing care	12	8	5	3
Hyperbaric oxygenation Therapy AND Nursing attention	10	7	5	1
Hyperbaric oxygenation Therapy AND Nursing	21	18	15	1

5. Resultados

La revisión de literatura arrojó una lista de 68 artículos, que fueron analizados y según los criterios de exclusión se seleccionaron 12 de ellos, los cuales muestran los principales hallazgos relacionados con la utilización de la terapia de oxigenación hiperbárica y los cuidados de enfermería en pacientes que reciben este tipo de tratamientos (Tabla 6).

Tabla 6: Resumen de las investigaciones que han evaluado el efecto de la oxigenación hiperbárica en el mejoramiento de diversas enfermedades

Autor	Tipo de estudio	Población	objetivo	Metodología	Resultados y conclusión
Thistlethwaite et al. ³² Año: 2018	Ensayo aleatorio doble ciego, e grupos paralelos y controlado con placebo entres unidades de medicina hiperbárica.	La población estudiada fueron 31 pacientes con úlceras venosas en piernas con edad media de 70 años.	Determinar la efectividad de la oxigenación hiperbárica como tratamiento de úlceras venosas que no cicatrizan.	Loa autores siguieron un ensayo aleatorio y a doble ciego, en 3 unidades médicas donde se aplica terapia hiperbárica. Se sometieron a 30 tratamientos desde 100% O ₂ hasta 2,4 ATA durante 80 minutos, y tratamientos placebos con aire simulado a 1,2 ATA durante 8 minutos.	12 semanas después de os tratamientos se conformaron 2 grupos: pacientes completamente curados y aquellos aún con úlcera y dolor. NO hubo diferencias entre los pacientes curados, y en el resto de pacientes se evidenció mejoría significativa de las úlceras hacia su curación, por lo que los autores recomendaron el uso de esta terapia.

Autor	Tipo de estudio	Población	objetivo	Metodología	Resultados y conclusión
Koo et al. ³⁶ Año: 2020	Observacional. Prospectivo.	Se evaluaron 10 pacientes con linfedema asociado a cáncer de mama.	Evaluar el efecto de la terapia hiperbárica y de la terapia descongestiva convencional para el tratamiento de linfedema asociado a cáncer de mama.	Se conformaron 2 grupos, uno de los cuales recibió únicamente terapia descongestiva convencional mientras que el otro recibió una combinación de terapia descongestiva más oxigenación hiperbárica. En total se aplicaron 10 sesiones durante 2 semanas. Se compararon las respuestas del cuestionario de calidad de vida y valores de impedancia bioeléctrica.	No hubo diferencias en el cuestionario sobre calidad de vida, pero sí las hubo de forma significativa en el análisis de bioimpedancia siendo mejor el del tratamiento combinado que el de terapia convencional únicamente.
Kostiukow y Samborski. ³⁷ Año:2020	Observacional, descriptivo.	39 niños con trastorno del espectro autista.	Examinar si las sesiones de terapia hiperbárica mejoran parámetros psicossomáticos en niños con trastornos del espectro autista.	Los niños recibieron 40 sesiones de 60 minutos cada una, de oxigenoterapia hiperbárica. Los efectos de la terapia fueron evaluados con cuestionarios como la escala de impresión clínica global (CGIS), la lista de evaluación del tratamiento del autismo (ATEC), y la escala de calificación del autismo infantil (CARS).	Las escalas evaluadas mostraron mejoras en parámetros psicossomáticos asociados a los niños con trastorno TAE en lo relativo al discurso, lenguaje y comunicación, así como en la sociabilización, sensibilidad al sonido y al habla obsesiva.

Autor	Tipo de estudio	Población	objetivo	Metodología	Resultados y conclusión
Mo et al. ³⁰ Año: 2016	Observacional descriptivo y comparativo.	48 pacientes con abscesos rectales tratados con operación quirúrgica.	Observar y estudiar la influencia de la terapia hiperbárica en la cicatrización de herida e índices séricos asociados a pacientes con absceso rectal después de la cirugía.	Los pacientes se dividieron en dos grupos: el grupo control, que recibió los tratamientos de rutina post-operatoria, y el grupo de observación que además de recibir los tratamientos post-operatorios, recibió también la oxigenación hiperbárica. Se comparó el grado de cicatrización de la herida, el nivel de edema y los índices séricos asociados a los pacientes, en diferentes períodos después de la operación.	Los autores encontraron que el tiempo de curación de las heridas del grupo de observación fue mejor al de control, mientras que el grado de edema y el índice sérico fue inferior. De esta manera se demostró que la oxigenoterapia hiperbárica promueve la recuperación post-operatoria más eficazmente, así como que presenta un impacto muy positivo en el control de edemas e índices séricos asociados.

Autor	Tipo de estudio	Población	objetivo	Metodología	Resultados y conclusión
Biney et al ³⁸ Año: 2020	Reporte de caso y revisión de la literatura	1 paciente	Describir la utilización de la oxigenación hiperbárica en el tratamiento de una úlcera venosa.	La paciente recibió 30 tratamientos en cámara monoplasa a 2 ATA durante 90 minutos cada sesión. Su cuidado también estuvo complementado con Adaptic, Apligraf y Xeroform.	La paciente tuvo una recuperación exitosa , en menor tiempo de lo que hubiera sido habitual tras la aplicación de la oxigenación hiperbárica.
Cabrera et al ³¹ Año: 2018	Ensayo clínico, prospectivo, experimental, comparativo y controlado.	32 pacientes con diagnóstico de hipoacusia sensorineural súbita idiopática.	Determinar la influencia de la terapia de oxígeno hiperbárico en el tratamiento esteroideo de la hipoacusia sensorineural.	Se evaluaron 2 grupos de estudio, cada uno de 16 pacientes. A ambos se les administró esteroides orales, pero solo uno de los grupos recibió oxigenación hiperbárica. Seguidamente se realizaron audiometrías a los pacientes al inicio y luego 10 y 20 días del comienzo del tratamiento.	El grupo que recibió esteroides y oxigenación hiperbárica obtuvo una ganancia auditiva significativamente mayor que los pacientes del grupo que solo recibió esteroides orales, en los primeros 10 días de tratamiento.
Iglesias et al ³³ Año: 2019	Descriptivo, longitudinal, prospectivo.	Se evaluaron 98 pacientes con cardiopatía congénita.	Describir el efecto de la oxigenoterapia hiperbárica en pacientes con enfermedades coronarias.	51 pacientes recibieron tratamiento de oxígeno hiperbárico durante 10 sesiones en cámaras multiplaza a 2,2 ATA en períodos de 50 minutos.	Los autores reportaron un mejoramiento en el aprovechamiento del oxígeno, disminución del dolor en reposo. Concluyeron que la terapia hiperbárica es valiosa en pacientes con cardiopatía isquémica de carácter crónico

Autor	Tipo de estudio	Población	Objetivo	Metodología	Resultados y conclusión
Gutiérrez et al. ²⁸ Año: 2015	Observacional, descriptivo, proyectivo, transversal.	15 pacientes post-operados de reconstrucción auricular con complicación isquémica del colgajo cutáneo.	Registrar la experiencia de la utilización d la oxigenación hiperbárica en pacientes con reconstrucción auricular con isquemia del colgajo cutáneo.	Se analizaron los expedientes clínicos de pacientes post-operados con reconstrucción auricular que tuvieron complicación de tipo isquémico en el colgajo cutáneo y que recibieron 13 sesiones de oxigenación hiperbárica cada uno.	La oxigenación hiperbárica permitió el mejoramiento de los tejidos con hipoxia, por lo que la recuperación de estos pacientes fue favorable.
Janane et al. ²⁹ Año: 2015	Observacional, descriptivo y comparativo.	70 gangrenas de Fournier (GF) tratadas con desbridamiento quirúrgico y oxigenación hiperbárica.	Evaluar la eficacia del desbridamiento agresivo con la utilización de la oxigenoterapia hiperbárica.	Se recopiló información sobre la revisión física de estos pacientes, datos de sus analíticas de laboratorio, el área de desbridamiento y los medicamentos antibióticos administrados.	Falleció el 11,4% de los pacientes (8), mientras que el 62% sobrevivió. La oxigenación hiperbárica fue efectiva en el tratamiento de las gangrenas, pero el índice de puntuación de la gravedad de la gangrena no fue un predictor, por lo que no pudo correlacionarse con el desarrollo de la enfermedad.

Autor	Tipo de estudio	Población	Objetivo	Metodología	Resultados y conclusión
Wang et al. ³⁴ Año:2019	Estudio de casos.	40 pacientes con parálisis cerebral.	Estudiar la eficacia del oxígeno hiperbárico en el tratamiento de la parálisis cerebral.	20 pacientes recibieron terapia convencional, mientras que los otros 20 pacientes recibieron oxigenación hiperbárica.	Las afecciones de la parálisis cerebral mejoraron más en los pacientes que recibieron oxigenoterapia en comparación con aquellos que no la recibieron.

6. Discusión

En la revisión de la literatura se incluyeron los artículos que cumplían con los criterios metodológicos aplicados, por lo que las investigaciones consultadas estuvieron relacionadas con las aplicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica para el tratamiento de patologías como linfedema en el cáncer³⁶, gangrena gaseosa de Fournier²⁹, quemaduras³⁵, hipoacusia sensorineuronal³¹, úlceras venosas³², enfermedades coronarias³³, heridas con dificultad para su cicatrización³², parálisis cerebral³⁴, trastornos del espectro autista³⁷ y pacientes con reconstrucción auricular con isquemia en colgajo cutáneo²⁸. A este respecto Alemayehu et al.⁴⁰ ha observado que la oxigenoterapia hiperbárica reportó beneficios importantes y casos exitosos en tratamientos de pie diabético y úlceras venosas con dificultad para su cicatrización²². Así mismo se pudo observar que aquellos pacientes con osteoradionecrosis mandibular, secundaria a radioterapia, que fueron sometidos a oxigenación hiperbárica, consiguieron reducir el linfedema en menor tiempo y se favoreció la recuperación de los tejidos mediante estimulación del factor de crecimiento del endotelio vascular^{9,29,30,31,39}. Todos estos beneficios importantes y casos exitosos pasan por una buena práctica en los cuidados de enfermería, que básicamente deben estar enmarcados dentro un buen plan de gestión que incluya una buena atención y educación al paciente, consiguiendo reducir su ansiedad y temores por claustrofobia. Hemos podido verificar la importancia de la labor enfermera en la vigilancia en cada sesión de terapia para evitar complicaciones y en la evaluación permanente de la evolución de su patología³⁶.

Respecto a los estudios sobre el tratamiento de lesiones por descompresión con terapia hiperbárica¹¹, los autores son claros e indican este tratamiento como única alternativa, jugando un papel muy importante el factor tiempo, ya que se reduce la gravedad y las secuelas si se aplica dentro de las primeras 24 horas¹. Por otro lado, existen estudios que demuestran que pese a la administración de terapia hiperbárica, en la intoxicación por CO₂, pueden aparecer secuelas neurocognitivas, que todavía no está lo suficientemente claro cuáles son los mecanismos de acción de esta terapia para la reducción de las mismas²¹. Por lo que algunos investigadores han intentado emplear el tratamiento hiperbárico junto con la administración de fármacos en el abordaje de las secuelas neurocognitivas⁴⁰. Una de estas técnicas es la utilización de N-butilftalida que en animales intoxicados con CO₂ ha funcionado muy bien. En este sentido, Xiang et al.⁴⁰ indicaron que la oxigenación hiperbárica combinada con N-butilftalida mejoró de forma significativa la disfunción cognitiva en los pacientes. De igual forma, otros investigadores^{28,30,33,35} han mencionado que la oxigenación en combinación con risperidona, gangliósido, acupuntura, hipotermia, dexametasona y edaravona pueden incrementar las funciones neuropsicológicas de los pacientes que han tenido intoxicaciones por CO₂, por lo que su utilización puede mejorar el estado del paciente intoxicado por CO₂ y reducir la toxicidad neurocognitiva si se utiliza de forma combinada con los agentes adyuvantes que se han descrito⁴⁰.

Atzeni et al.⁴¹ indicaron que la aplicación de oxigenación hiperbárica tuvo un efecto significativo en la reducción del dolor en pacientes con fibromialgia que recibieron al menos 10 sesiones, en comparación con el grupo control que no recibió aplicación de oxígeno hiperbárico. Atzeni et al.⁴¹ también reportaron que enfermedades como el Parkinson pueden responder fisiológicamente de forma positiva a esta terapia, particularmente actuando sobre la producción mitocondrial de trifosfato y fosfocreatina que hacen que se produzca un aumento de energía neuronal, favoreciendo a su vez la producción de enzimas detoxificadoras como el superóxido dimutasa, que brinda protección contra los procesos de estrés oxidativo, y aumentando los niveles de glutatión que previenen el daño ocasionado en el cerebro por los

radicales libres. Existen evidencias de que la oxigenación hiperbárica aumenta la eficacia de los medicamentos que se usan para tratar esta patología^{12,15}.

Respecto a la utilidad de la oxigenoterapia en la recuperación postoperatoria, Mo et al.³⁰ señalaron que esta funcionó en la aceleración de la recuperación en pacientes que presentaron abscesos rectales luego de la cirugía, debido a que redujo el tiempo de cicatrización de las heridas y de los edemas por medio del aumento de la angiogénesis y neovascularización a su vez que aumentó la síntesis de colágeno y la distancia de difusión del oxígeno de los capilares. Janane et al.²⁹ investigaron el efecto de la terapia en gangrena de Fournier y comentaron que los principios fisiológicos derivados de la presión ambiental y de la presión parcial de O₂ son los que mejor explican la adaptabilidad de la oxigenación hiperbárica para la recuperación de pacientes con la patología mencionada. Esta terapia facilita que los leucocitos fagocíticos puedan tomar el oxígeno suministrado que les permitirá producir radicales de alta energía, y a su vez promover que los glóbulos blancos eliminen patógenos en la herida, debido al incremento que se produce por la oxigenación tisular. Al respecto, los autores recomendaron tratamientos de oxigenación para la gangrena de Fournier de dos veces al día entre 2 y 2,5 ATA, en periodos entre 90 y 120 minutos.

7. Implicaciones para la práctica de enfermería

La enfermería hiperbárica es definida como la intervención del personal de enfermería en el diagnóstico y tratamiento de enfermedades en cámaras hiperbáricas, por lo cual este personal debe proteger, promocionar y optimizar la salud del paciente⁴². Dentro de este contexto, el personal de enfermería es fundamental en la implementación de la oxigenación hiperbárica como tratamiento de las enfermedades y su rol está centrado en ofrecer los cuidados y la seguridad a los pacientes que son sometidos a tratamientos de oxigenación hiperbárica, debido a que el ingreso a las cámaras hiperbáricas puede significar para ellos situaciones de ansiedad e incomodidad³⁹.

Es por ello que el personal de enfermería debe formarse en cuidados intensivos y tratamientos hiperbáricos, de manera que brinden un óptimo servicio que refleje el dominio de las estrategias. De acuerdo con lo señalado por Baines y Sykes²⁷, el personal de enfermería con conocimiento en terapias hiperbáricas es un campo que crece actualmente y proporciona un desafío interesante para las enfermeras a la vanguardia de los tratamientos tecnológicos de enfermedades.

Gerlichová et al.⁴² describieron las tres implicaciones más relevantes de las enfermeras en la oxigenoterapia hiperbárica:

- a. Educación: tanto al paciente como a sus familiares, contribuye a maximizar la integración, los beneficios, la atención y la seguridad.
- b. Investigación: las enfermeras pueden participar junto con el personal médico, en la realización de investigaciones que conlleven a la aplicación de tratamientos y/o desarrollo de protocolos. De igual forma, aquellas que trabajan adjuntas a instituciones académicas podrán tener oportunidad de participar en proyectos básicos de investigación hiperbáricas.
- c. Manejo: el personal de enfermería es responsable de la administración de recursos entre los que se incluyen la gestión de personal, servicios, suministros y supervisión de los pacientes. Entre otras responsabilidades también destacan las actividades clínicas y educativas, y la gerencia de las instalaciones.

El equipo de enfermería que estará brindando cuidados a los pacientes en la cámara de oxigenación hiperbárica es necesario que domine las estrategias y se adapte a las condiciones de seguridad y prevención que se requieren dentro de las cámaras hiperbáricas. El personal de enfermería debe ser el encargado en todo momento de prestar apoyo tanto en el interior de la cámara como en el exterior de la misma y de preparar a los pacientes para la sesión dándoles toda la información necesaria²⁷.

Así mismo, el personal de enfermería deberá realizar las exploraciones pertinentes tales como la revisión de la historia clínica de los pacientes y las mediciones correspondientes a su presión transcutánea de O₂. En caso de úlceras y heridas, el personal de enfermería estará encargado de realizar las curas dentro del servicio de atención integral de los pacientes²⁷. Es también importante que los pacientes conozcan los protocolos de seguridad que deben seguirse en las áreas donde se realiza el tratamiento con oxigenación hiperbárica, de manera que algunas de las normas más generales son las siguientes²⁷:

- Tener a su disposición asistencia médica y del personal enfermería durante la terapia.
- El paciente debe tener previamente ingesta de alimentos adecuada, debido a que la oxigenación hiperbárica puede reducir de manera considerable, los niveles de glicemia.
- Durante la intervención de la oxigenoterapia, el paciente debe llevar vestimenta que sea 100% de algodón, y su calzado debe ser exclusivamente desechable y no plástico. La ropa fabricada con fibra sintética puede generar electricidad estática, y esto incrementa el riesgo de explosión.
- El paciente deberá de estar libre de todo tipo de cosmético tales como cremas, desodorantes, colonias, aceites, entre otros, particularmente deberá evitar aquellos de base alcohólica.
- No se podrá usar en la sesión aparatos electrónicos, llaves, relojes, bolígrafos, monedas, alhajas, lentes de contacto, entre otros que puedan tener capacidad inflamable, durante la sesión. No obstante, aquellos pacientes que, por su patología o gravedad, necesiten de algún dispositivo electrónico, éstos serán retirados con anterioridad y , siempre que sea posible, las funciones que realizan estos aparatos serán ejecutadas de forma manual por el personal de enfermería. Por su parte, con los pacientes que usan prótesis metálicas se deberá tener especial cuidado durante la sesión hiperbárica.
- Se debe realizar una correcta eualización de presiones tales como la maniobras de Frenzel, Valsalva y Deglución, entre otras.

Antes de las sesiones de oxigenación hiperbárica, el personal de enfermería deberá aplicar técnicas de relajación mediante la respiración, así como técnicas de eualización de los oídos, particularmente en la presurización de la cámara y durante su despresurización. Estas técnicas permiten equilibrar las presiones entre el ambiente de la cámara hiperbárica y el oído medio y para ello el personal de enfermería dispone de las siguientes técnicas²⁷.

- La técnica simple en la que el paciente traga agua o bosteza, comer caramelos sin llegar a masticarlos.

- Maniobra de Valsalva en la que se ocluyen los orificios nasales con el dedo pulgar e índice, se mantiene la boca cerrada y seguidamente se deberá soplar por la nariz.
- Maniobra de Toynbee que se ejecute ocluyendo los orificios nasales de la forma anteriormente descrita, y seguidamente se realiza una deglución.
- Maniobra de Frenzel o de pistón se realiza justo cuando se termina el ciclo respiratorio, momento en el que se cierra la glotis y se ocluyen los orificios nasales, y seguidamente se pronunciará una K.

Por su parte, la técnica de respiración diafragmática o respiración abdominal permitirá al paciente tener un 100% de O₂. En relación con la posición corporal durante la descompresión de la cámara, el paciente deberá adoptar una posición completamente erguida que evitará acumular burbujas de N en las articulaciones. Al respecto debe destacarse que el N se acumulará siempre que la persona no respira O₂ al 100%, bajo las condiciones hiperbáricas²⁷.

En relación con la modificación de las cavidades de aire que se producen dentro de las condiciones hiperbáricas, el personal de enfermería debe adaptar algunos parámetros antes de comenzar la sesión. Entre estos destacan:

- En las sondas y/o tubos, el globo deberá rellenarse con suero fisiológico o agua destilada, para evitar modificaciones en el volumen que están asociadas al aumento de la presión hiperbárica.
- Se debe pinzar las sondas nasogástricas con la finalidad de evitar que entre aire en el tubo digestivo. Sin embargo, se recomienda que los demás drenajes, sondas o tubos permanezcan abiertos para prevenir modificaciones en sus volúmenes durante la sesión de oxigenación.

El personal de enfermería también deberá seguir protocolos específicos durante la preparación y administración de fármacos en una sesión de oxigenación hiperbárica, en donde la vasoconstricción periférica reducirá la velocidad de absorción de las sustancias que se administren por vía subcutánea o intramuscular. En este contexto, no se recomienda usar esta vía de administración y en su lugar se deberá usar la vía intravenosa. Los medicamentos deberán ser dosificados en las jeringas en condiciones ambientales normales, con precaución de que no se formen burbujas en el interior de las jeringas, y seguidamente se introducirán en la cámara hiperbárica. Lo anterior debe seguir ese esquema por que los fármacos son influidos por el aumento en la presión²⁷.

En aquellos casos en donde se requiere la extracción de muestras, éstas deberán ser preferentemente extraídas en el exterior de la cámara, pero si se requiere urgentemente, entonces el personal de enfermería deberá prestar atención en que no se formen burbujas en la jeringa y mantener el dispositivo de recolección en posición vertical. Es muy importante que el personal de enfermería esté preparado para atender emergencias o complicaciones dentro de las cámaras hiperbáricas ya que no se recomienda disminuir el tiempo de descompresión, debido a que se producirían daños graves a las personas que están en el interior de la cámara²⁷.

8. Conclusiones

- La investigación relacionada con la oxigenación hiperbárica ha tenido gran avance dado los óptimos resultados que se han conseguido en el tratamiento de diversas patologías, sin embargo, esta modalidad terapéutica es aplicada en pocos centros en España, debido al coste económico. A ello se suma el desconocimiento de su aplicación por lo que aún existe escepticismo.
- La oxigenoterapia hiperbárica es una estrategia que no es carente de complicaciones, pero siempre que se tengan en cuenta los protocolos de seguridad y las indicaciones de uso estas complicaciones se reducen al mínimo. Los efectos secundarios además están bien definidos y son fácilmente controlables.
- La intervención del personal de enfermería en la cámara de oxigenación hiperbárica es imprescindible en la prevención de complicaciones y en la administración de cuidados al paciente, por lo que su actuación es fundamental para el desarrollo de esta estrategia terapéutica. Una de sus principales funciones ha de estar orientada a educar al paciente en la terapia a la que se someterá, así como evaluar los dispositivos que puedan estar implementados en el cuerpo del paciente y conocer su historia clínica y tratamiento ya que podrían ser alguno de ellos incompatibles con la terapia.
- La administración de oxigenación hiperbárica es el tratamiento indicado para las intoxicaciones por dióxido de carbono, sin embargo, sus mecanismos de actuación en relación con la reducción de las secuelas neuropsicológicas aún no están lo suficientemente claros.
- En el tratamiento de heridas es importante indicar que todos los estudios coinciden en el mantenimiento de la cura convencional y usar la oxigenación hiperbárica como complemento para ayudar en la cicatrización.
- La oxigenación hiperbárica complementa su acción en el aumento del transporte y transferencia de O^2 disuelto en el plasma como consecuencia de respirarlo a altas concentraciones en una cámara hiperbárica.
- Se ha observado que en el tratamiento de la gangrena gaseosa aumentó la granulación de tejidos, se controló la infección y aumentó la estimulación de la cicatrización temprana cuando se usó oxigenación hiperbárica, ya que el tratamiento aumentó la difusión de O^2 por la hemoglobina y el plasma, lo cual hizo aumentar su concentración en los sitios de anaerobiosis mejorando el poder bactericida de los leucocitos.
- Se ha demostrado que la oxigenoterapia hiperbárica promueve una recuperación postoperatoria eficaz teniendo un impacto positivo en el control de edemas y disminuyendo el tiempo de curación.
- En pacientes tratados de hipoacusia se observó que se obtuvo ganancia auditiva significativa en los primeros 10 días de tratamiento cuando al tratamiento habitual se le sumó la oxigenación hiperbárica.

- En el tratamiento de úlceras venosas con dificultad para su cicatrización se observó una mejoría significativa hacia la curación consiguiendo en varios pacientes una cicatrización de la misma.

9. Bibliografía

1. Salas González, M. Oxigenación y técnicas de medición. Rev. Méd. de Costa Rica y Centroamérica. 2016;[citado 19 May 2020];619(04):217-219. Disponible: <https://www.binasss.sa.cr/revistas/rmcc/619/art04.pdf>
2. Barret K, Barman S, Boitano S, Brooks H. Ganong Fisiología Médica. 24 ed. México: MacGraw Hill; 2013.
3. Crawford, M. Pulse oximetry. UpToDate.[citado: 19 May 2020]. Disponible en: <http://www.uptodate.com>
4. Grace, RF. Pulse oximetry. Gold standard or false sense of security? Med. J. Aust. 1994;160(10):638-644. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/8177111/>
5. Herra, E. Transporte de oxígeno. Rev. Mex. Anestesiología.1991;14:138-142. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/rma/cma-1991/cma913g.pdf>
6. Jubran, A. Pulse oximetry. Intensive Care Med. 2004; 30(11):740-745. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15278272/>
7. Berner JE, Vidal P, Will P, Castillo P. Uso de oxígeno hiperbárico para el manejo de heridas: bases físicas, biológicas y evidencia disponible. Rev. Med. Chile. 2014; 142(12): 1575 -1583. Disponible en: <https://scielo.conicyt.cl/pdf/rmc/v142n12/art11.pdf>
8. Torres P, Quintela ME. Utilización de la oxigenoterapia hiperbárica en la curación de heridas. Revisión bibliográfica. Enferm. Dermatol. 2019; 13(38): 40- 47. Disponible en: <file:///C:/Users/Sonia/Downloads/Dialnet-UtilizacionDeLaOxigenoterapiaHiperbaricaEnLaCuraci-7184191.pdf>
9. Torres JM, Domínguez AR, Navarro M, Brinquis MA, Espigares A, Pérez JF. Patologías tratadas con oxigenoterapia hiperbárica en el Hospital Central de la Defensa. Sanid. Mil.2015;71(2): 77-83. Disponible en: <http://scielo.isciii.es/pdf/sm/v71n2/original1.pdf>
10. Mora Hernandez O, Siverio González E. Oxigenoterapia hiperbárica, otro modo de respirar. Revista de Enfermería. 2011;5(3):39-43. Disponible en: [file:///C:/Users/Sonia/Downloads/33-130-1-PB%20\(3\).pdf](file:///C:/Users/Sonia/Downloads/33-130-1-PB%20(3).pdf)
11. Behnke A, Waltham W, Yarbrough OF. The value of preliminary oxygen inhalation for the prevention of decompression sickness during high altitude flight. Washington; 1939.

12. Leach RM, Rees PJ, Wilmshurst P. Hyperbaric oxygen therapy. *BMJ*. 1998; 317(7166): 1140-1143. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1114115/>
13. Desola J. Fisiología respiratoria en inmersión. En: Tresguerres. Tratado de Fisiología Humana. 4ª Ed. Madrid: McGraw Hill; 2013
14. Ernst, A., Zibrak, J. Carbon monoxide poisoning. *N. Engl. J. Med.* 1998; 339 (22): 1603. Disponible en: <https://www.nejm.org/doi/full/10.1056/NEJM199904223401616>
15. Cannellotto M, Romero-Feris D, Pascuccio MM, Jordá-Vargas L. Aplicaciones médicas de las cámaras de oxigenación hiperbárica de nueva generación. *Revista de la Asociación Médica Argentina*. 2018; 131(4): 12-20. Disponible en: <https://www.ama-med.org.ar>
16. Iriarte JI, Batle JM, Urdiain M, Caubet J, Morey MA, Collado J, Lasa V, Hamdan H, Pastor MJ, Bosch C, Sánchez J. Empleo de la oxigenoterapia mediante cámara hiperbárica en cirugía oral y maxilofacial. *Rev. Esp. Cir. Oral y Maxilofac.* 2006; 28(1): 7-24. Disponible en: http://scielo.isciii.es/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1130-05582006000100001
17. Gill, A y Bell, C. Hyperbaricoxygen: its uses, mechanisms of action and outcomes. *QJM*. 2004; 97 (7): 385-395. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/15208426/>
18. Pittman, R. Oxygen gradients in the microcirculation. *Acta Physiol (Oxf)*. [internet] 2011; [citado 21 Mayo 2020] 202(3): 311-322. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3115497/>
19. Bellavia G, Fasanaro P, Melchionna R, Capogrossi MC, Napolitano M. Transcriptional control of skin reepithelialization. *Journal of Dermatological Science*. 2014 Jan; 73(1): 3-9. <https://doi.org/10.1016/j.jdermsci.2013.08.007>
20. Desola J. Oxigenoterapia hiperbárica en el siglo XXI. Análisis crítico y reflexiones. *FMC*. 2017; 24(3): 116-133. Disponible en: <https://imtra.es/wp-content/uploads/2017/05/Desola-2017-Oxigenoterapia-hiperb%C3%A1rica-en-el-siglo-xxi-.-An%C3%A1lisis-cr%C3%ADtico-y-reflexiones.pdf>
21. Cardellach F, Miró O, Casademont J. Hyperbaric oxygen for acute carbon monoxide poisoning. *N. Eng. J. Med.* 2003; 348: 557-560.
22. Luna CL. Fundamento científico de la oxigenoterapia hiperbárica en el tratamiento del pie diabético infectado grave en medicina basada en evidencias. *Med. Int. Mex.* 2010; 26(4): 374-382. Disponible en: <https://www.medigraphic.com/pdfs/medintmex/mim-2010/mim104i.pdf>

23. Torp K, Carraway MS, Ott MC, Stolp BW, Moon RE, Piantadosi CA. Freiburger safe administration of hyperbaric oxygen after bleomycin: a case series of 15 patients. *J.J. Undersea Hyperb Med.* 2012; 39(5): 873-879.
24. Fiessler, FW; Silverman ME. Barotrauma during hyperbaric therapy: can predict patients who are predisposed based on diagnosis? *Ann. Emerg. Med.* 2004; 44(4): 15.
25. Doherty, M, Hampson NB. Partial seizure provoked by hyperbaric oxygen therapy: possible mechanisms and implications. *Epilepsia.* 2005; 46(6): 974-976.
26. Salas, E. () Oxigenoterapia hiperbárica. En: Salas E, García-Cubillana de la Cruz JM, Salmalea F. Manual de medicina subacuática e hiperbárica. Servicio de medicina subacuática e hiperbárica del Hospital General de la Defensa "San Carlos". San Fernando – Cádiz. 2007; 108-113. Disponible en: <https://www.emergensa.es>
27. Baines C, Sykes P. Professional capability within the Australian hyperbaric nursing workforce. *Australian Journal of Advanced Nursing.* 2014; 32(2): 6-8.
28. Gutiérrez C, Ferreira FE, Moreno JE, Ruiz AP, Del Hierro CE. Experiencia del uso de oxígeno hiperbárico en pacientes postoperados de reconstrucción auricular con isquemia del colgajo cutáneo. *Cirugía Plástica.* 2015; 25(2): 90-96.
29. Janane A, Hajji F, Ismail T, Chafiqui J, Ghadouane M, Ameer A, Abbar M, Albouzidi A. Terapia de oxígeno hiperbárico complementaria al desbridamiento en el control de la gangrena de Fournier: utilidad de la puntuación de un índice de severidad en la predicción de la gravedad de la enfermedad y la supervivencia del paciente. *Actas Urológicas Españolas.* 2015; 35(6): 332-338.
30. Mo B, Qing H, Ma J, Bing X. Study on the effect of hyperbaric oxygen therapy on the wound healing and the related serum indexes of rectal abscess patients after surgery. *Journal of Hainan Medical University.* 2016; 22(14): 67-69.
31. Cabrera JF, Gallardo FJ, Flores WA, Moreno AS, Aguirre A, Alfaro FA, López A, Albino M, Serrano S, Tellez DM, Alberto C, Albores EM, Nava VH, Romo JA. Efecto de la oxigenoterapia hiperbárica en el tratamiento de la hipoacusia neurosensorial súbita idiopática. *An. Orl. Mex.* 2018;63(2): 53-58.
32. Thistlethwaite KR, Finlayson KJ, Cooper PD, Brown B, Bennett MH, Kay G, O'Reilly MT, Edwards HE. The effectiveness of hyperbaric oxygen therapy for healing chronic venous leg ulcers: A randomized, double-blind, placebo-controlled trial. *Wound Repair Regen.* 2018; 26(4):324-331.

33. Iglesias González M, Estrada Pablos JG, Travieso Marcial M, Demósthenees Sterling A. Oxigenación hiperbárica en pacientes con enfermedad coronaria crónica. *Investigaciones Medicoquirúrgicas* [Internet]. 2019 [citado 2 junio 2020];11(2): Disponible en: <http://www.revcimeq.sld.cu/index.php/imq/article/view/488>
34. Wang Y, Zhu Y, Qiu B, Xu Y. Study on the effectiveness of hyperbaric oxygen nursing and treatment for children with cerebral palsy. *Acta Medica Mediterranea*. 2019;35: 657-660.
35. Ruiz J, Díaz R, Sánchez C. Nursing in a critical care hyperbaric unit at Merida, Yucatan, Mexico: report of a case of an acute pediatric burn patient. *Journal of Emergency and Critical Care Medicine*. 2019; 3(26):1-6.
36. Koo JH, Song SH, Oh HS, Oh SH. Comparison of the short-term effects of hyperbaric oxygen therapy and complex decongestive therapy on breast cancer-related lymphedema. *Medicine (Baltimore)*. 2020; 99(11):13-21
38. Kostiukow A, Samborski W. The effectiveness of hyperbaric oxygen therapy (HBOT) in children with autism spectrum disorders. *Pol. Med. J*. 2020; 48(283):15-18.
39. Biney I, Dudney T, Goldman M, Carder L, Schriver E. Successful use of hyperbaric oxygen as adjunctive therapy for a nonhealing venous ulcer in a patient with systemic sclerosis and pulmonary arterial hypertension: a case report and review of the literature. *Case Reports in Pulmonology*. 2020;24(10):121-137.
40. Alemayehu Y, Kiwanuka F, Muhamaddi M, Imanipour M, Akhavan S. Hyperbaric oxygen therapy: indications, benefits and nursing management. *International Journal of Caring Sciences*. 2019;12(1): 567-571.
41. Xiang WP, Xue H, Wang BJ. Delayed encephalopathy of acute carbon monoxide intoxication in rats: potential mechanism and intervention of dexamethasone. *Pak. J. Pharm. Sci*. 2014; 27(6): 2025-2028.
42. Atzeni F, Masala IF, Cirillo M, Boccassini L, Sorbara S, Alciati A. Hyperbaric oxygen therapy in fibromyalgia and the diseases involving the central nervous system. *Clinical and Experimental Rheumatology* S-95. 2020;123(1):94-98.
43. Gerlichová K, Matisaková I, Poliaková N. The role of nurse in hyperbaric oxygen therapy. *University Review*. 2014; 8(1-2): 14-20.

10. Anexos

Anexo 1 Cámara hiperbárica monoplaza Biobarica



Fuente: <https://www.biobarica.com/producto/camara-hiperbarica/>

Anexo 2 Cámara hiperbárica Multiplaza Clínica Costa Brava



Fuente: https://www.hospitalcliniccostabrava.com/es/especialitats/70_clinica-de-medicina-hiperbarica.html

Anexo 3 Autorización de uso de la Empresa BIOBARICA para el uso de la fotografía de la cámara monoplaza

AUTORIZACION 1:

Buenas tardes Srta Sanchez,

gracias por su mensaje.

Dirección ha accedido a la utilización de dicha fotografía siempre y cuando haga constar en el pie de la foto de la cámara hiperbárica que pertenece a nuestro centro.

Saludos,

Anexo 4 Autorización de uso del HOSPITAL CLINIC COSTA BRAVA para el uso de la fotografía de la cámara multiplaza

AUTORIZACION 2:

Hola Sonia, buen día.

Muchas gracias por contactarnos y por solicitarnos permiso para utilizar nuestras fotos. No tenemos ningún inconveniente en que las utilices y nos encantaría que nos referencies en el trabajo una vez finalizado.

Saludos cordiales

Anexo 4 Autorización Clínica Hiperbárica Colibri uso de fotografía diferencias ciclo de oxígeno



