

UNIVERSIDAD MICHOACANA DE SAN NICOLAS DE HIDALGO

FACULTAD DE MEDICINA VETERINARIA Y ZOOTENCIA

USO DE LA OXIGENACION HIPERBARICA

ASESOR: SIMITRIO RAMIREZ CANO

TRABAJO QUE PRESENTA:

PABLO RUIZ ECHVERRIA

PARA OBTENER EL TITULO DE MEDICO VETERINARIO ZOOTECNISTA

OCTUBRE DEL 2005

INDICE

INTRODUCCION	pag 1
OBJETIVOS	pag 2
DEFINICION DE OXIGENACION HIPERBARICA (OHB)	pag 3
ANTECEDENTES E HISTORIA DE LA OHB	pag 6
METODOS DE APLICACIÓN DE LA OHB	pag 9
DESCRIPCION DE LA CAMARA HIPERBARICA	pag 10
COMPATIBIIDAD CON OTROS TRATAMIENTO	pag 11
EFFECTOS FISIOLOGIACOS	pag 12
USOS Y TRATAMIENTOS CON LA OHB	pag 17
EFFECTOS SECUNDARIOS	pag 24
CONTRAINDICACIONES	pag 25
PROTOCOLOS DE TRATAMIENTO	pag 26
CLASIFICACION DE LAS HERIDAS	pag 27
TRATAMIENTO DE HERIDAS DE DIFICIL CICATRIZACION CON OHB	pag 30
CONCLUSIONES	pag 31
BIBLIOGRAFIA	pag 32
ANEXOS	pag 34

INTRODUCCION

El oxígeno forma parte de los elementos vitales de la economía de todo organismo, de modo que su pérdida por múltiples causas, pueden comprometer de manera seria la vida de quienes hayan sufrido esta situación, de modo que el éxito de una buena terapia, es la recuperación de los niveles de concentración del oxígeno en sangre que permiten que los tejidos formados de células, sean capaces de su regeneración.

El uso de la oxigenación hiperbárica es poco conocido o casi nulo en medicina para humanos con mayor razón es desconocida en medicina veterinaria aunque este tipo de tratamiento lleve mas de cien años de conocerse y que los experimentos e investigaciones de este se realicen en animales principalmente en cerdos, perros, gatos y ratas. Este es un tratamiento coadyuvante para padecimientos que son muy difíciles de tratar. El tratamiento con oxígeno hiperbárico consiste en que el paciente entra a una cámara hiperbárica en donde se le somete a altas presiones con oxígeno al 100%. En medicina veterinaria tiene aplicaciones como son gangrena gaseosa, heridas de difícil cicatrización, colgajos de piel, anemias, pérdidas sanguíneas, osteomielitis, heridas por aplastamiento, enfermedades gastroentéricas, quemaduras, infecciones de tejidos blandos, recuperación de fracturas o heridas más rápidamente. Cabe destacar que solo se nombran tratamientos que hayan sido utilizados y hayan dado éxito porque existen otros tratamientos que están en investigación como es el caso de laminitis.

El presente trabajo de investigación, tiene como propósito el de coadyuvar a que los compañeros en tránsito de formación así como a la comunidad médica en servicio, tengan más conceptos acerca del uso y manejo de la cámara hiperbárica y sobre todo, las aplicaciones en la terapéutica médica.

OBJETIVO GENERAL

Dar a conocer al gremio veterinario el empleo de la cámara hiperbárica en algunas patologías susceptibles de ser usada por los médicos veterinarios zootecnistas.

OBJETIVOS PARTICULARES

- a) Difundir este elemento terapéutico entre la población estudiantil y en tránsito de formación.
- b) Dar a conocer la forma de funcionamiento y aplicación de esta cámara entre el gremio de médicos veterinarios zootecnistas en general.
- c) Fomentar el uso de la oxigenación hiperbárica en el gremio

DEFINICION DE OXIGENACION HIPERBARICA

hiper prefijo que indica exceso, **bari**, raíz del griego **baros** (peso, presión). De este modo, oxigenación hiperbárica (OHB) significa respirar oxígeno a presiones superiores a la presión atmosférica.¹

Es una metodología terapéutica científica respaldada por la secretaria de salud del gobierno federal y la subsecretaria de regularización y fomento sanitario de nuestro país, motivo por el cual no es una medicina alternativa.

La aplicación de la medicina hiperbárica esta basada en la utilización de oxígeno y aire a presiones por arriba de los normal, utilizando una cámara especial denominada “cámara hiperbárica”, la cual lleva una alta concentración de oxígeno a todos los tejidos del cuerpo humano con la finalidad de incrementar su capacidad de difusión y tensión, principalmente en el plasma sanguíneo, acción que genera una serie de efectos físicos y fisiológicos beneficiosos, de gran aplicación para que produzcan la energía necesaria para una optima función corporal².

Se considera al tratamiento con oxígeno hiperbárico (OHB), en el que el paciente respira oxígeno al 100% intermitentemente al tiempo que se eleva la presión de la cámara de tratamiento por arriba de la presión del mar (comité de medicina hiperbárica 1988). El tratamiento se administra en una cámara hiperbárica que esta es un cilindro metálico o de acrílico completamente sellado, el cual contiene una entrada de oxígeno, una de aire y una salida, las cámaras hiperbáticas que existen son monoplazas y multiplazas, la diferencia radica en que la multiplaza su nombre lo indica es para un solo paciente y son presurizadas con oxígeno al 100%, las multiplazas son cámaras que pueden contener 2 o mas pacientes y estas por lo general se presurizan con aire y se le administra el oxígeno por medio de una mascarilla, aunque hay veces que si se cuenta con generador de oxígeno y la cámara lo permite se presuriza con oxígeno, esto se utiliza en medicina veterinaria generalmente por la dificultad que presenta el colocar una mascarilla a un paciente.³

¹ • Hyperbaric Oxygen Therapy: A Committee Report. Bethesda: Undersea and Hyperbaric Medical Society . 1989

² • Fundamentals of Hyperbaric Medicine, Committee on Hyperbaric Oxygenation. Publication 1298. Washington D. C. National Academy of Sciences National Research Council. 1966

³ • Hyperbaric Oxygen Therapy: A Committee Report. Bethesda: Undersea and

Un paciente que recibe oxigenación hiperbárica respira al 100% oxígeno a más de una atmósfera absoluta lo cual eleva la presión parcial de oxígeno y esto hace que el oxígeno se disuelva en el plasma, el oxígeno a baja presión satura la hemoglobina de eritrocitos. El oxígeno hiperbárico tiene efectos vasoconstrictores para arterias principales en casos de edema pero el suministro de oxígeno sigue presente lo que no se sufre de un efecto isquémico en la lesión. También la oxigenación hiperbárica favorece la vascularización menor de tejidos blandos lo que nos sirve para no tener regiones isquémicas.⁴

La terapia con OHB no sólo está indicada para los pacientes que sufren determinada enfermedad, si no que puede ser utilizada por todas las pacientes con el propósito de revitalizar todos sus órganos, tonificar la piel, mejorar y estimular el sistema inmunológico, y de esta manera prevenir enfermedades, mantenerse saludables y prolongar la vida con calidad.

La terapia con oxígeno hiperbárico (OHB) es un tratamiento médico en el que todo el cuerpo se encuentra bajo una presión atmosférica mayor de lo normal y el paciente respira oxígeno al 100%. Este tratamiento se administra en una cámara presurizada. Se ha comprobado que es efectivo en el tratamiento de diversos padecimientos médicos y quirúrgicos, ya sea como tratamiento primario o asociado a otros tratamientos médicos, como los antibióticos y la cirugía.⁵

En general, el 97 por ciento del oxígeno transportado desde los pulmones a los tejidos lo hace en combinación química con la hemoglobina de los glóbulos rojos, y el resto se disuelve en el plasma. Con esta terapia, el oxígeno no sólo es transportado por la hemoglobina: también se disuelve en todos los fluidos corporales (plasma, linfa, líquido cefalorraquídeo, etc.) y puede llegar aún a zonas donde la circulación es pobre o está bloqueada.

El éxito del tratamiento con oxígeno hiperbárico radica en la factibilidad que presenta el plasma sanguíneo (que es el líquido donde flotan los glóbulos rojos) de permitir la dilución del oxígeno, incrementando de diez a quince veces la concentración de este elemento, lo que produce un incremento cuatro veces mayor de difusión de oxígeno desde los capilares funcionales a las células,

Hyperbaric Medical Society . 1989

⁴ • Ruiz E.P. Memorias del XXXII congreso de la AMMVEPE. Morelia Michoacán 2001

⁵ • Ruiz E. P. Memorias del XXXII congreso de la AMMVEPE. Morelia Michoacán 2001

independientemente de que el nivel de oxígeno llevado por la hemoglobina de los glóbulos rojos permanezca igual.

De esta manera las células lejanas a los capilares y que sufren hipoxia (bajo aporte de oxígeno) se ven revitalizadas con el oxígeno hiperbárico, pueden cumplir nuevamente sus funciones, se multiplican y piden más oxígeno por lo que se forman nuevos vasos sanguíneos (neovascularización), efecto indirecto del oxígeno hiperbárico, con lo que se revitaliza el tejido, el órgano y el paciente.

La Undersea and Hyperbaric Medicine Society la define como “una técnica terapéutica que utiliza aire u otras mezcla de gases a una presión mayor que la atmosférica por intervalos cortos, durante días o meses, para tratar diversos estados de enfermedad. Su efecto terapéutico puede regularse en función de sus variables de aplicación: la presión máxima alcanzada, la duración de la inhalación, y la frecuencia y número total de exposiciones⁶.

Es importante aclarar que la OHB no debe incluir la aplicación local de oxígeno, la cual tiene otro mecanismo de actuación distinto, y cuya eficacia no esta demostrada.

Durante muchos años (la primera referencia se remonta al siglo XVII), la OHB fue utilizada sin conocerse su mecanismo de acción, lo que llevo a usarla en múltiples indicaciones, muchas de ellas inadecuadas y algunas rocambolescas, lo que condujo al lógico desprestigio de la misma.

⁶ Fundamentals of Hyperbaric Medicine, Committee on Hyperbaric Oxygenation. Publ 1298. Washington D. C. National Academy of Sciences National Research Council. 1966

ANTECEDENTES E HISTORIA DE LA OHB

La aplicación de aire bajo presión (aire hiperbárico) para intentar tratar ciertas enfermedades data de 1662, cuando Henshaw, investigador británico, construyó una cámara de madera provista de dos fuelles de órganos musicales que permitían comprimir el aire.

El aire a presión, en un esfuerzo por tratar varias enfermedades respiratorias fue conocido por el año 1662, y el uso del oxígeno a presión en la medicina se reportó por primera vez por Beddoes en 1794. El primer artículo sobre el uso del oxígeno a presión en la medicina fue escrito por Fontaine en 1879.

Fue hasta 1962 cuando un comité ad honorem se dio cita para evaluar formalmente el uso del oxígeno a presión, a este comité se le exigió preparar una revisión crítica sobre las bases fisiológicas en la administración de oxígeno a presión, sus limitaciones, peligros y seguridades. Su primer trabajo "oxigenación hiperbárica potencialidades y problemas" fue publicado por este comité en 1966.⁷

En 1967 el congreso de los EE.UU. le pidió a la asociación de protección al fuego que formulara todas las medidas de seguridad para el uso de las cámaras hiperbáricas.

Algunas publicaciones poco rigurosas, en los años siguientes, y ciertas aseveraciones no fundamentadas sobre resultados inciertos, han provocado una corriente general de escepticismo alrededor de su papel real en terapéutica.

En 1939, Albert Behnke comunicó el primer uso clínico de la OHB mediante la inhalación intermitente con oxígeno al 100% bajo presión para tratar la enfermedad por descompresión⁽⁴⁾. En torno a la década de los años 60 se empiezan a sentar las bases fisiológicas de la OHB, demostrándose que es capaz de combatir las infecciones producidas por gérmenes anaerobios, y de mejorar la oxigenación tisular de forma independiente a la cantidad de hemoglobina. De hecho, su primer uso no relacionado con el buceo, y casualmente relacionado con la cirugía, le corresponde a Boerema, cuando en el año 1956 utilizó una gran sala de operaciones presurizada para realizar procedimientos que requerían la interrupción de la circulación al cerebro y otros órganos vitales, intervenciones que de otro modo hubieran sido imposibles en la era previa al bypass cardiopulmonar. Como consecuencia de la novedad, se produjo un injustificado optimismo, instalándose numerosas cámaras hiperbáricas por todo el mundo, pero con el desarrollo eficiente del bypass cardiopulmonar en la década de los años 70, esta indicación quedó obsoleta. Para paliar este problema, los encargados del manejo de estas cámaras hiperbáricas (en algunos casos no médicos) comenzaron a tratar una amplia variedad de cuadros con

⁷ • Davis JC : Undersea and Hyperbaric Society – reporte del comité científico 1989

OHB, en muchos casos basándose en fundamentos sin una base científica reconocida, lo que condujo en muchos casos al fracaso, y, como consecuencia de ello produciéndose un gran desencanto. Actualmente, una vez que se comienzan a publicar trabajos con el suficiente rigor científico, se está empezando a valorar la OHB en su justo punto. De hecho, la propia Undersea and Hyperbaric Medicine Society se encarga periódicamente de elaborar unos informes en los que se recogen las series clínicas y experimentales en los que la OHB ha demostrado su beneficio, de tal manera que en EE.UU. los seguros médicos comenzaron ya hace años a financiar dichos tratamientos.

Por el contrario, en las últimas décadas se han producido una cifra realmente importante de publicaciones, muchas de ellas controladas, que establecen con rigor las bases reales de la OHB. Las bases de datos bibliográficas más populares (Medline, Excerpta Medica, Current Contents) recogen varios miles de referencias. Existen también algunos libros y manuales generales de gran calidad (Davis, Kindwall, Oriani et al, Wattel y Mathieu), así como revisiones generales en prestigiosas revistas. La OHB tiene hoy una gran difusión en Rusia, y en Estados Unidos, donde el número de cámaras hiperbáricas supera la cifra de 200. Su difusión en Europa es moderadamente amplia en Italia, Francia y Alemania. En España, el Comité Coordinador de Centros de Medicina Hiperbárica (CCCMH) agrupa a 9 centros hospitalarios de medicina hiperbárica, de acuerdo a las recomendaciones de su homólogo el European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM). El CCMH posee una página WEB que contiene mayor información en castellano sobre los principales aspectos de la medicina hiperbárica.

La Sociedad de Medicina Hiperbárica y Subacuática (Undersea and Hyperbaric Medical Society) radicada en Maryland es una institución científica que rige la práctica de la Medicina Subacuática e Hiperbárica a nivel internacional. La UHMS recomienda el uso de la oxigenación hiperbárica (OHB) en una enfermedad determinada, después de evaluar los protocolos de tratamiento donde fue demostrada su efectividad. Esta sociedad ha aprobado una serie de indicaciones para el uso de la OHB en la práctica médica, que puede ser tratamiento coadyuvante o indicación absoluta⁸.

La moderna oxigenoterapia hiperbárica es una rama de la medicina relativamente nueva. Puede considerarse que el interés en esta área comenzó con los reportes de Churchill-Davidson en 1955 con respecto a sus aplicaciones en radioterapia, y los de Boerema en 1956 describiendo su utilización en forma conjunta con la cirugía cardíaca, posteriormente demostrando la posibilidad de mantener vivos cerdos cuya sangre fue reemplazada totalmente con solución salina, respirando oxígeno a tres

⁸ • Fundamentals of Hyperbaric Medicine, Committee on Hyperbaric Oxygenation. Publ 1298. Washington D. C. National Academy of Sciences National Research Council. 1966

atmósferas absolutas de presión.

Brummelkamp y sus colaboradores describieron su utilización exitosa en la gangrena gaseosa, y la escuela de Smith y Sharp en Glasgow con el tratamiento de la intoxicación por CO con oxígeno hiperbárico. Con el correr de los años fueron describiéndose nuevos trabajos acerca de la utilidad del oxígeno hiperbárico en el tratamiento de diversos procesos patológicos. Podríamos decir entonces que el desarrollo de esta área de la medicina ha sido realmente importante recién en los últimos 20 a 30 años⁹.

La asociación de Ingenieros mecánicos diseña los códigos de fabricación de equipos para el uso de pacientes en tratamientos con oxígeno a presión. En 1972 los directores del programa Medicare hicieron una lista de las condiciones y enfermedades en las cuales era justificado el uso del oxígeno a presión en una intervención médica. Este comité, más adelante, definió la oxigenación hiperbárica como ***“el tratamiento en el cual una persona es sometida a presiones atmosféricas mas elevadas que las del nivel del mar***, el uso del oxígeno tópico no reúne esta definición.

En 1976 se estableció un comité encargado de todo lo concerniente en la aplicación de oxígeno hiperbárico (U.H.M.S) “Under sea and Hiperbaric Medical Society”. Esta asociación es una organización científica internacional fundada con el propósito de intercambiar datos y fisiología en el uso del oxígeno.

⁹ Kindwall EP, Goldmann RW: Hyperbaric medicine procedures . Madison, Wisc, St Lukes Hospital. 1984

METODOS DE APLICACION DE LA OXIGENACION HIPERBARICA

La oxigenoterapia hiperbárica (OHB), posee un conjunto de efectos fisiológicos que afectan a toda persona sometida al medio hiperbárico, junto a un amplio lote de efectos terapéuticos, fundamentados en el aumento del transporte de oxígeno plasmático junto a una mejor disponibilidad tisular, aplicables en determinados estados patológicos, y sus efectos secundarios están bien delimitados y su presentación es rara si la OHB es aplicada por manos expertas, de la forma y en el momento adecuados.

DESCRIPCIÓN DE LA CAMARA HIPERBÁRICA

Es un recipiente especialmente diseñado con diversos accesorios de control y protección que soporta elevadas presiones ambientales, con gases o líquidos, con fines médicos o de investigación.

La OHB puede aplicarse de 2 formas distintas según el tipo de cámara que se utilice (monoplaza o multiplaza).

Las cámaras monoplaza son en esencia tubos de plexiglás que están comprimidos con oxígeno al 100% a presiones de hasta 3 atmósferas absolutas (ATA). Tienen como ventaja su menor costo y necesidad de espacio. Por el contrario, sus inconvenientes son el mayor riesgo de explosión al estar presurizadas con oxígeno a muy altas presiones. Además, por su pequeño tamaño solo es apta para un solo enfermo, que no puede recibir asistencia del exterior.

Las cámaras multiplaza son espacios grandes que permiten acomodar entre 2 y 14 pacientes más el personal asistente. Están presurizadas con aire comprimido hasta 6 ATA, y los pacientes respiran O₂ puro mediante una mascarilla hermética o un casco integral. Aunque al paciente le llegue una concentración muy alta de oxígeno, la presión ambiental de ésta es normal, por lo que no existe apenas riesgo de explosión. Su tamaño permite no solo tratar a varios enfermos, sino que a éstos los puedan acompañar personal sanitario.¹⁰

Existe otra forma de administrar oxígeno a alta presión de forma local mediante pequeñas cámaras presurizadas con oxígeno a alta presión, diseñadas específicamente para introducir una pierna o un pie. Aunque tienen la ventaja de su bajo coste y gran manejabilidad no se deben considerar como OHB, ya que sus supuestos beneficios no se basan en los efectos fisiológicos que supone la respiración de oxígeno a altas presiones. Mientras que algunos autores han comunicado buenos resultados en la cicatrización de heridas en el pie diabético (aunque usándolas en combinación con otro tipo de terapias (láser, etc.), lo que hace difícil conocer si el beneficio es por el oxígeno local o por las otras terapias, existen otros autores que mediante estudios randomizados demuestran que no solo no son beneficiosas, sino que pueden disminuir la liberación de oxígeno en el miembro afectado.

¹⁰ • Ruiz E. P. Memorias del XXXII congreso de la AMMVEPE. Morelia Michoacán 2001

COMPATIBILIDAD CON OTROS TRATAMIENTOS

Instituciones alrededor del mundo, consideran a la oxigenación hiperbárica (OHB) como un instrumento de vanguardia sumamente efectivo para combatir enfermedades. En otras palabras, la aplicación de oxigenación a través de la cámara hiperbárica, de ninguna manera se puede considerar como un recurso sustitutivo de las terapias señaladas para patologías diagnosticadas, es decir, que este método de recuperación de los niveles de oxígeno, se debe de considerar como un adyuvante o auxiliar en la terapéutica médico veterinario.

La OHB es una terapia singular, que no implica la exclusión o la duplicidad de recursos y tratamientos médicos, ya que siempre constituye una terapia compatible con los métodos ya antes utilizados por la medicina convencional. La OHB no es medicina alternativa, ni sustitutiva de otros tratamientos médicos, es complementaria a ellos.

La terapia de oxigenación hiperbárica esta aprobada por el FDA (Food & Drugs Administration) y AMA (American Medical Association) de Los Estados Unidos de Norte América y por un sinnúmero de instituciones de salud gubernamentales en Europa, Rusia, Asia, Sudamérica, Cuba.

EFFECTOS FISIOLOGICOS

Cuando se respira oxígeno en un ambiente hiperbárico se incrementa hasta en 23 veces la cantidad de oxígeno disuelto en el plasma, logrando que los tejidos hipóxicos, que reciben irrigación sanguínea, aunque ésta sea escasa, puedan beneficiarse de ésta fuente de oxígeno necesaria para su metabolismo, con lo que se restituyen los mecanismos de cicatrización, la neocolagenización, la neovascularización etc.

El objetivo de la OHB es administrar oxígeno puro a una presión tal, que no requiere de la hemoglobina como transporte y que al ir disuelto en el plasma, favorece el metabolismo celular. Por otro lado sabemos que ciertos antibióticos como los aminoglucósidos precisan de una tensión de oxígeno tisular superior a 40 mm de Hg para poder actuar en el foco de la infección, acción que se facilita con la OHB¹¹.

La OHB se combina 2 mecanismos complementarios: por un lado, una alta presión ambiental, y por otro lado, la respiración de un O₂ puro. Esto condiciona dos efectos distintos: un efecto volumétrico debido al aumento de la presión ambiental, y un efecto volumétrico debido al aumento de la presión parcial de O₂ que el paciente respira.

El efecto volumétrico se debe al aumento de la presión ambiental y se basa en la Ley de Boyle-Mariotte, la cual postula que en el organismo humano, la elevación de la presión ambiental disminuye, de forma proporcionalmente inversa, el volumen de todas las cavidades orgánicas aéreas que no están en contacto con la vía respiratoria (vejiga urinaria, tubo digestivo, oído, senos paranasales, etc.). Este efecto es reversible al cesar la hiperpresión.

Aunque por una parte este efecto puede ser beneficioso, y en él se basa una de las principales indicaciones de la OHB: la disminución del volumen de las burbujas en caso de embolismo gaseoso, en otras ocasiones este efecto es perjudicial para el paciente, y como veremos, es el responsable de la mayor parte de los efectos indeseables de la OHB.

En el caso concreto del embolismo gaseoso, las burbujas de N₂ disueltas en el plasma se comportan como cavidades aisladas del exterior, por lo que el aumento de la presión ambiental, disminuye su volumen. Además, el aumento de la presión parcial del O₂ y la disminución de la de N₂ contribuyen a acelerar la reabsorción de los émbolos gaseosos.

El efecto solumétrico se debe al aumento de la presión parcial del O₂ y se basa en la Ley de Henry, que

¹¹ • Fisher. Brenda S. : revista Mundo Medico, junio 1991. pag 11-19

sostiene que al respirar O₂ puro en una ambiente hiperbárico se produce un aumento progresivo de la presión arterial, venosa y tisular de O₂. A este efecto solumétrico se deben la mayor parte de los beneficios terapéuticos de la OHB:

- Corrección de la hipoxia tisular general o local, por gradiente de difusión simple. En condiciones normales el O₂ se transporta en los eritrocitos. La OHB realiza un aporte adicional de O₂. Es un O₂ disuelto en el plasma, y no sujeto a la regulación metabólica del O₂ eritrocitario (puede incluso liberar oxígeno a las células aun en ausencia de hemoglobina). Por tanto, es un O₂ que accede por capilaridad, transferido a favor de gradiente por difusión simple.
- Corrección de la hipoxia local por redistribución de O₂. Cuando la hiperoxia causada por la OHB es muy marcada, el organismo se defiende de ella produciendo una vasoconstricción periférica compensatoria. Esta situación tiene la particularidad de que, pese a existir vasoconstricción, los niveles de oxígeno periférico son superiores a los normales, de hay que se denomine vasoconstricción no hipoxemiante. Esta vasoconstricción solo ocurre en tejidos sanos, y no en tejidos hipóxicos, lo que hace que éstos últimos se beneficien del volumen plasmático desviado desde los tejidos no isquémicos. Se trata de “robar al rico para repartir entre los pobres”, por lo que algunos autores lo denominan “efecto Robin-Hood”.
- Estímulo de la cicatrización y de la angiogénesis. Como posteriormente veremos, la OHB restablece la formación de tejido de granulación, que en tejidos hipóxicos se encuentra frenada. Asimismo, la alternancia hiperoxia/normoxia constituye un buen estímulo angiogénico.
- Aumento de las defensas frente a infecciones. Aunque más adelante lo analizaremos con más detalle, este efecto se produce por diferentes mecanismos:
 - Aumento de la fagocitosis de los neutrófilos Esta fagocitosis es O₂-dependiente. Es importante en algunas infecciones crónicas por gérmenes aerobios, en especial las producidas por *Staphylococcus aureus* y por *Pseudomonas aeruginosa*.
 - Acción bacteriostática sobre gérmenes anaerobios no esporulados (principalmente *Bacteroides fragilis*, *Actinomyces* y *Rhizopus*).
 - Acción bactericida sobre algunos gérmenes anaerobios esporulados (principalmente sobre algunas especies del género *Clostridium* causantes de infecciones necrosantes de partes blandas).
 - Bloqueo de la formación de toxinas clostridiales. Como luego veremos, el tratamiento

de la gangrena gaseosa es una de las principales indicaciones de la OHB, y su importancia radica en que la mortalidad precoz y fulminante de la gangrena gaseosa, no se debe a la infección o la necrosis en sí misma, sino a la hemólisis provocada por varias de las toxinas clostridiales. El efecto beneficioso de la OHB se basa en que la producción de toxinas necesita la existencia de bajos potenciales de oxidación-reducción, por lo que el aumento de este potencial frena de inmediato la producción de toxinas.

- Eliminación rápida de la carboxihemoglobina (HbCO). La HbCO que se forma en las intoxicaciones agudas por CO, es mucho más estable que la oxihemoglobina, con la que compite. La OHB consigue disminuir esta estabilidad (en aire a ambiente es de 8-9 horas, mientras que con oxígeno hiperbárico se reduce a pocos minutos).

Oxigenación hiperbárica (OHB) Efectos generales¹²

1.- Físicos:

Cambio en el volumen de los gases.

Cambio en la densidad de los gases.

Cambio en la presión parcial de los gases.

Incrementa el gradiente y la distancia de difusión de los gases.

2.- Fisiológicos:

Elevación de:

pO₂ alveolar: 2193 mmHg.

pO₂ arterial: 1800 mmHg.

pO₂ venoso: 150 - 200 mmHg.

O₂ disuelto el plasma: 6,6 vol %.

3.- Activación de los procesos biosintéticos y reparativos.

Estimulación de la actividad fibroblástica.

¹² • Fundamentals of Hyperbaric Medicine, Committee on Hyperbaric Oxygenation. Publication 1298. Washington D. C. National Academy of Sciences National Research Council. 1966

Aumento en la síntesis de colágeno.

Neovascularización.

4.- Normalización del balance energético.

Supresión de la hipoxia.

Restablecimiento de la cadena respiratoria mitocondrial.

Optimización del régimen metabólico celular.

Restauración del equilibrio intra y extracelular.

5.-Activa mecanismos de defensa:

Bactericida y bacteriostático según tipo de flora.

Estimula la quimiotaxis y la fagocitosis.

Reduce la producción de alfa toxina.

Estimula la síntesis de prostaglandinas e interferones.

6.- Modifica la estructura y funciones de la biomembrana:

Favorece la entrada de calcio.

Incrementa las defensas antioxidantes.

Favorece la neuroconducción.

Renovación de los ácidos grasos de membrana elevando su resistencia.

Incremento de la peroxidación lipídica.

7.- Inmunomodulador:

Hasta 2 ata, inmunoestimulador.

De 2,5 a 3 ata, inmunosupresor.

8.- Desbloqueador de la hemoglobina:

Desplaza al monóxido de carbono (CO) y al cianuro (CN-) de la hemoglobina.

9.- Normalización de la coagulación.

Desaglutinador de plaquetas.

Reduce el sickling de los hematíes.

Hemólisis de los hematíes "viejos".

Reducción de los niveles de serotonina.

10.- Sensibilidad de receptores hormonales:

Hormonas sexuales.

Insulina (eleva).

Catecolaminas (disminuye).

11.- Regulador de la función gastrointestinal:

Estimula la producción de moco en el tubo digestivo.

Favorece el peristaltismo.

Disminuye la producción de gases.

USOS Y TRATAMIENTOS CON OHB

El hecho de que la OHB se halla recomendada en diferentes situaciones, no en todos los casos con igual grado de indicación, obliga a establecer 3 grados de indicaciones:

Indicaciones preferentes. Enfermedades en las que la OHB constituye el único tratamiento eficaz, o bien posee un efecto esencial, junto a otras intervenciones terapéuticas.

Indicaciones complementarias. Enfermedades en las que la OHB no es imprescindible ni esencial, pero donde posee una acción beneficiosa contrastada en estudios clínicos y experimentales.

Indicaciones experimentales. Situaciones en que la OHB puede tener un efecto terapéutico aceptable o interesante, en algún aspecto de la enfermedad, basado en una hipótesis terapéutica consistente, con un sistema de control y de evaluación de resultados definido y aplicable, y dentro del contexto de estudios controlados

Indicaciones preferentes.

- Embolismo gaseoso.
- Enfermedad por descompresión.
- Síndrome de hiperpresión intratorácica del buceador.
- Intoxicación aguda por monóxido de carbono.
- Miocardio necrosis clostridial-gangrena gaseosa.

Indicaciones complementarias.

- Infecciones necrosantes de partes blandas no clostridiales.
- Síndrome de aplastamiento y síndromes compartimentales.
- Osteomielitis crónicas refractarias.
- Retardos de cicatrización.
- Lesiones radioinducidas de hueso, partes blandas y mucosas.

Indicaciones experimentales.

- Retinopatías oclusivas agudas.
- Sordera súbita.
- Encefalopatía hipoxico-isquémica.
- Esclerosis múltiple.
- Enfermedad de Crohn.
- Intoxicación por cianuro.

Grandes anemias refractarias a transfusiones.

Quemaduras de 3° grado

EMBOLISMO GASEOSO

Ciertos traumatismos y algunas técnicas medicoquirúrgicas instrumentales (hemodiálisis, circulación extracorpórea, ventilación mecánica), pueden permitir la entrada en el torrente circulatorio de una cierta cantidad de aire. El pronóstico de EG arterial es más grave que el venoso, y depende en gran medida del volumen de aire inoculado y de la demora en aplicar un tratamiento adecuado¹³.

HIPERTENSION INTRATORAXICA

Intoxicación aguda por Monóxido de Carbono (I.C.O.): La presencia de CO desplaza hacia la izquierda la curva de disociación de la hemoglobina, compromete el transporte de oxígeno, tiene acción celular letal directa y provoca desmielinización del SNC. Superada la fase inicial, y después de un período de normalidad absoluta aparente de varias semanas, puede presentarse un cuadro neurológico degenerativo que se caracteriza por parkinsonismo, extrapiramidalismo, y lesiones desmielinizantes consideradas irreversibles, que pueden sumir al intoxicado en situación vegetativa.

MIONECROSIS CLOSTRIDICA

Infecciones necrosantes de partes blandas no clostridiales. Traumatismos agudos de las partes blandas. Síndrome de aplastamiento y síndromes compartimentales. La muerte se produce por insuficiencia renal aguda, por liberación masiva de mioglobina que se precipita en el tubo renal, produciendo necrosis tubulointersticial, a lo que se añade sobre infección del compartimiento, sepsis y shock séptico.

La terapia con oxígeno hiperbárico produce inhibición e inactivación de las toxinas en infecciones por *Clostridium perfringens* (gangrena gaseosa), a la vez que elimina bacterias anaeróbicas. Favorece la fagocitosis y la lisis oxidativa de los leucocitos. Potencializa la actividad de los amino glucósidos. Tiene

¹³ • Fundamentals of Hyperbaric Medicine, Committee on Hyperbaric Oxygenation. Publ 1298. Washington D. C. National Academy of Sciences National Research Council. 1966

un efecto post-antibiótico prolongado cuando se le combina con tobramicina para combatir la Pseudomonas aeruginosa.¹⁴

ANEMIA

La anemia se produce cuando el número de glóbulos rojos portadores de oxígeno cae por debajo del nivel normal. Por esto, el cuerpo no obtiene el oxígeno que necesita para funcionar con normalidad.

Las terapias de oxigenación hiperbárica ayudan increíblemente a recuperar la salud, combatir la depresión, evitar transfusiones de sangre innecesarias, maximizar las actividades de la vida diaria, entre otras cosas.

El objetivo de estas terapias es administrar oxígeno puro a una presión tal, que no requiera de la hemoglobina como medio de transporte y que al ir disuelto en el plasma favorezca el metabolismo celular.

Si un paciente se encuentra severamente anémico, o por razones religiosas no puede recibir transfusiones de sangre, las terapias de OHB han mostrado ser muy efectivas manteniendo con vida a la persona hasta que su cuerpo produce las suficientes células sanguíneas¹⁵.

HERIDAS POR APLASTAMIENTO

Este tipo de lesiones son muy difíciles de tratar, debido a que los pequeños vasos sanguíneos son lastimados y los tejidos se hinchan obstaculizando el flujo de la sangre a lo que puede sobrevenir una gangrena.

La OHB ayuda a proveer oxígeno a los tejidos dañados. Así como también reduce la hinchazón y promueve el crecimiento de nuevos vasos sanguíneos. A menudo estas lesiones tienen fracturas asociadas y éstas pueden llegar a infectarse. La OHB ayuda al saneamiento de las fracturas evitando infecciones.

HERIDAS DE DIFÍCIL CICATRIZACIÓN

¹⁴ • Fundamentals of Hyperbaric Medicine, Committee on Hyperbaric Oxygenation. Publication 1298. Washington D. C. National Academy of Sciences National Research Council. 1966

¹⁵ • Fisher. Brenda S. : revista Mundo Medico, junio 1991. pag 11-19

Pacientes con diabetes, problemas circulatorios o insuficiencia crónica de las venas son propensas a desarrollar heridas que no se curan. Estos pacientes pueden llegar a sufrir por meses. Frecuentemente requieren de múltiples intervenciones quirúrgicas, incluso hasta amputaciones. El gasto en el tratamiento de éstas heridas suele ser muy costoso.

La OHB promueve la curación incrementando la oxigenación de la herida, desinflamando y reduciendo la infección. Esto también tiene un efecto directo de curación promoviendo la proliferación de fibroblastos que son células especiales que forman las cicatrices.

EFEECTO ANTIINFLAMATORIO

La OHB produce constricción vascular con lo que se evita la extravasación de líquidos desde los capilares, disminuyendo los edemas. Lo singular es que éste efecto se establece sin hipoxia. Por esta razón es aplicable en las isquemias traumáticas y en el síndrome compartimental. Ayuda a reducir el edema intersticial en tejidos injertados y los mantiene oxigenados revitalizándolos, así como disminuye el tiempo de recuperación postraumática y posquirúrgica. El postoperatorio de las cirugías plásticas es totalmente garantizado con la oxigenación hiperbárica.

Efecto similar se produce en heridas por quemaduras reduciendo significativamente la cantidad de líquidos requeridos para éstos pacientes que se recuperan maravillosamente

GANGRENA GASEOSA

La Gangrena Gaseosa es una infección poco común de una herida, es rápidamente progresiva y en ocasiones puede ser fatal. Es producida por una familia de bacterias que viven en la tierra y que producen burbujas de gas en los tejidos infectados. Estas bacterias producen una toxina que es muy dañina para el tejido infectado y además es muy toxica para el paciente¹⁶.

La oxigenación hiperbárica trabaja en una acción directa matando la bacteria mediante el oxígeno así como también inactivando y destruyendo la toxina, en un porcentaje muy alto evitando la amputación.

INFECCIONES NECROTIZANTES

¹⁶ • Davis JC : Undersea and Hyperbaric Society – reporte del comité científico 1989

Las infecciones Necrotizantes (bacteria que se come la carne) son horribles, destructivas. Son causadas por un tipo de bacteria virulenta streptococcus y staphylococcus que producen una toxina que daña y mata las células. Estas progresan a una tasa alarmante, tanto que hasta en ocasiones avanzan varias pulgadas por hora. La OHB detiene la producción de toxinas al mismo tiempo que inactiva las toxinas existentes. Cualquier tejido maltratado por éste tipo de toxina, debe de ser quirúrgicamente tratado.

INJERTO DE TEJIDOS

La OHB mejora la neovascularización al incidir en el eje hipoxia-hiperoxia que es el mecanismo más favorecedor de la neovascularización, así como en el aporte de oxígeno a estos territorios en principio comprometidos por la hipoxia

OCLUSION DE LA ARTERIA DE LA RETINA

La oclusión de la arteria central de la retina provoca la inmediata ceguera del ojo afecto. En esta situación el aporte de oxígeno a la retina se realiza a expensas de la escasa difusión del oxígeno procedente de los vasos coroideos. Es fundamental mantener el máximo aporte de oxígeno mientras dura la oclusión de la arteria central de la retina. Es una urgencia que requiere el tratamiento de OHB antes de las 48 horas

OSTIOMIELITIS Y OSTEORADIONECROSIS

Nos referimos a las osteomielitis refractarias que mantienen, a pesar del tratamiento médico-quirúrgico correcto, una persistencia de las fístulas de más de tres o cuatro meses de evolución.

Las osteoradionecrosis son lesiones que asientan en tejidos postirradiados en los que existe un serio compromiso hipóxico. Recordemos que los protocolos de radioterapia de los tumores que asientan en el suelo de la boca, lengua y cuello, son cada vez más agresivos, lo que aumenta la posibilidad de que provoquen la necrosis del hueso y tejidos adyacentes. En ambas afecciones óseas, la OHB actúa aumentando la oxigenación de éstos tejidos hipóxicos, mejorando la biodisponibilidad de los antibióticos a nivel local y acelerando el proceso de cicatrización

en niveles inimaginables¹⁷.

RETARDO DE LA CICATRIZACION

Algunos enfermos portadores de vasculopatías periféricas (arteriosclerosis, arteriopatía diabética, síndrome posttrombótico, tromboangeítis obliterante, vasculitis por esclerodermia, isquemias postraumáticas) presentan trastornos tróficos de larga evolución, que persisten a pesar de haber agotado todos los recursos terapéuticos conservadores e invasivos.

La cicatrización es un proceso oxidependiente, pues con presiones tisulares de oxígeno inferiores a 40 mmHg, la neovascularización, la producción de fibroblastos y la formación de colágeno están disminuidas o abolidas. Por el mismo mecanismo se inhibe la formación de radicales libres intralisosomiales, resultado de la actividad fagocítica de los granulocitos polinucleares, y se mantiene el círculo vicioso hipoxia-infección, retardo de cicatrización-hipoxia. Una situación especial la constituye el llamado pie diabético, en cuyos enfermos coinciden diferentes circunstancias (macroangiopatía, microangiopatía, neuropatía e infección) responsables de frecuentes amputaciones, a pesar de tratamientos combinados medicoquirúrgicos. Otra situación también especial la constituyen los injertos y colgajos, que se implantan en territorios hipóxicos, irradiados e infectados, así como los reimplantes. En todas estas situaciones la hipoxia tisular en las primeras horas es la responsable de gran número de fracasos terapéuticos.

La OHB aumenta la presión tisular de oxígeno estimulando con ello la neovascularización, la proliferación de fibroblastos y una producción de colágeno más estable al potenciar el paso de prolina a hidroxiprolina y restaurar la función bactericida de los macrófagos. Es decir, la OHB restaura los procesos de angiogénesis, autoreparación y autodefensa abolidos por la hipoxia mantenida, lográndose en muchos casos la cicatrización del proceso.

REVITALIZACION Y NEOVASCULARISACION

El éxito del tratamiento con oxígeno hiperbárico radica en la factibilidad que presenta el plasma sanguíneo (que es el líquido donde flotan los glóbulos rojos) de permitir la dilución del oxígeno,

¹⁷ • Hyperbaric Oxygen Therapy: A Committee Report. Bethesda: Undersea and Hyperbaric Medical Society . 1989

incrementando de diez a quince veces la concentración de este elemento, lo que produce un incremento cuatro veces mayor de difusión de oxígeno desde los capilares funcionales a las células, independientemente de que el nivel de oxígeno llevado por la hemoglobina de los glóbulos rojos permanezca igual.

De esta manera las células lejanas a los capilares y que sufren hipoxia (bajo aporte de oxígeno) se ven revitalizadas con el oxígeno hiperbárico, pueden cumplir nuevamente sus funciones, se multiplican y piden más oxígeno por lo que se forman nuevos vasos sanguíneos (neovascularización), efecto indirecto del oxígeno hiperbárico, con lo que se revitaliza el tejido, el órgano y el paciente.

No existen dudas sobre su indicación no solo preferente, sino urgente, en aquellos pacientes casos que desarrollen una Mionecrosis clostridial-Gangrena gaseosa.

Es muy importante tener presente que su aplicación en estos casos no debe descuidar o retrasar el tratamiento antibiótico y quirúrgico. Además, si la cámara hiperbárica se encuentra en otro centro hospitalario hay que valorar los riesgos del transporte en estos pacientes en situación crítica.

La OHB aporta beneficios importantes en el tratamiento de la mionecrosis clostridial, ya que se ha demostrado que los clostridios detienen su crecimiento a una presión de 3 ATA aunque este efecto cesa al retronar a un ambiente normal⁽¹⁰⁾. Estudios in vitro demuestran que la OHB tiene un efecto bacteriostático, aunque este efecto beneficioso se inhibe por la presencia de una catalasa presente la sangre y el músculo desvitalizado, por lo que para que la OHB actúe de forma optima es necesario desbridar la zona eliminando restos hemáticos y tejido necrótico⁽¹¹⁻¹²⁾.

Se define la osteomielitis crónica refractaria como el fracaso después del desbridamiento quirúrgico y del tratamiento antibiótico apropiado durante al menos 6 semanas.

Su uso se fundamenta en el hecho de que en modelos experimentales en animales la existencia de bajas presiones parciales de oxígeno reduce la capacidad fagocítica sobre las bacterias, recuperándose ésta al aumentarse la presión de oxígeno con la OHB.¹⁸

¹⁸ • Hyperbaric Oxygen Therapy: A Committee Report. Bethesda: Undersea and Hyperbaric Medical Society . 1989

EFECTOS SECUNDARIOS

Están relacionados con los cambios de presión y los efectos tóxicos del oxígeno. Son poco frecuentes y solo se suelen presentar en largas exposiciones (> 3 horas) o cuando se aplican presiones más altas de lo habitual. En cualquier caso, suelen ser leves y transitorias.

Lesiones barotraumáticas. Están en relación con el efecto volumétrico y pueden afectar al tímpano, senos paranasales y pulmones. Se previenen mediante una serie de medidas preventivas como mantener limpios los oídos y el uso de descongestivos. En aquellos casos en los que no es posible la limpieza de los oídos, o cuando el paciente este obnubilado, una solución factible consiste en colocar una aguja o sonda para miringotomía.

Crisis jacksonianas. Las altas presiones de O₂ causan irritación del cortex. Pese a su espectacularidad tienen poca importancia ya que ceden al suprimir la OHB, sin dejar secuelas, salvo un aura postcomicial que puede mantenerse durante varios minutos. El riesgo se minimiza si se cumplen unas normas en cuanto al tiempo y límites de presión.

Efectos oculares:

Miopía hiperbárica. Se debe al efecto volumétrico, y revierte espontáneamente en unos días. Como curiosidad: en pacientes hipermétropes, como son la mayoría de ancianos que se someten a OHB, esta miopía actúa de forma compensatoria, mejorando su capacidad visual, y siendo motivo de una “sobrevaloración de los beneficios de la OHB.

Cataratas. Se ha descrito una aceleración de la evolución en pacientes que ya las padecen, pero no se produce ningún efecto similar sobre el ojo sano. En adultos no se produce la fibroplasia retrolental que ocurre en los ojos inmaduros de los lactantes sometidos a altas concentraciones de oxígeno en las incubadoras.

Edema agudo de pulmón. Recientemente se han comunicado 3 casos de edema agudo de pulmón, uno de ellos con desenlace fatal, en pacientes cardíopatas sometidos a OHB por pie diabético, por lo que debe aconsejarse con precaución en pacientes en insuficiencia cardíaca o con fracciones de eyección bajas ¹⁹.

¹⁹ • Fisher. Brenda S. : revista Mundo Medico, junio 1991. pag 11-19

CONTRAINDICACIONES

No existen contraindicaciones absolutas.

Las contraindicaciones relativas son:

- Neumotórax con mecanismo valvular,
- Toracotomías previas
- Antecedente de neumotórax espontáneo.
- Hipersusceptibilidad a los episodios convulsivos,
- Enfermedades infecciosas y catarrales de vías respiratorias altas,
- Dispepsias flatulentas
- Sinupatías agudas o crónicas.
- Insuficiencia cardíaca o fracción de eyección baja.
- Claustrofobia.

La presencia de un neumotórax con mecanismo valvular, la existencia de totacotomías, el antecedente de neumotórax espontáneo, hipersusceptibilidad a los episodios convulsivos, así como las enfermedades infecciosas y catarrales de vías respiratorias altas, las dispepsias y la sinupatías agudas o crónicas, obligan a aumentar la cautela.²⁰

²⁰ • Fisher. Brenda S. : revista Mundo Medico, junio 1991. pag 11-19

PROTOCOLOS DE TRATAMIENTO

Para el tratamiento con oxígeno hiperbárico se necesitan los siguientes elementos:

- Cámara hiperbárica
- oxígeno en cilindros o generador de este
- Compresor
- Oxímetro
- Baumanómetro

El protocolo de tratamiento varía dependiendo del padecimiento que se está tratando y la severidad del caso como un ejemplo²¹ :

- gangrena gaseosa: 3 ata (atmósferas absolutas) por 90 min. 3 veces al día el primer día y posteriormente 2 veces al día por 10 días.
- lesiones por aplastamiento: 2.2 ata por un periodo de 90 min. Por 15 días.
- Quemaduras: 2.5 ata por un periodo de 90 min. Por 15 días.
- Osteomielitis: 2.5 ata por un periodo de 90 minutos los primeros 3 días 2 veces al día y 15 días una vez al día.
- Heridas con problemas de cicatrización: de 2 a 2.5 ata por 60 a 120 min. Por 20 días.
- Anemia: depende del criterio médico y la causa de esta.
- Colgajos de piel: 2.2 ata por 90 min. Por 20 días.

²¹ • Ruiz E. P. Memorias del XXXII congreso de la AMMVEPE. Morelia Michoacán 2001

CLASIFICACIÓN DE LAS HERIDAS

Heridas abiertas:

En este tipo de heridas se observa la separación de los tejidos blandos, de la piel. Son las más susceptibles a la infección.

Heridas cerradas:

Son aquellas en las que no se observa la separación de los tejidos, generalmente son producidas por golpes; la hemorragia se acumula debajo de la piel (hematoma), en cavidades. Deben tratarse rápidamente porque pueden comprometer la función de un órgano o la circulación sanguínea.

Heridas simples:

Son heridas que afectan la piel, sin ocasionar daño en órganos importantes. Ejemplo: Arañazo o cortaduras superficiales.

Heridas complicadas:

Son heridas extensas y profundas con hemorragia abundante; generalmente hay lesiones en músculos, tendones, nervios, vasos sanguíneos, órganos internos y puede o no presentarse perforación visceral.

CLASIFICACIÓN SEGÚN EL ELEMENTO QUE LAS PRODUCE

Heridas cortantes o incisas:

Producidas por objetos afilados como latas, vidrios, cuchillos, que pueden seccionar músculos, tendones y nervios. Los bordes de la herida son limpios y lineales, la hemorragia puede ser escasa, moderada o abundante, dependiendo de la ubicación, número y calibre de los vasos sanguíneos seccionados.

Heridas punzantes:

Son producidas por objetos punzantes, como clavos, agujas, anzuelos o mordeduras de serpientes. La lesión es dolorosa, la hemorragia escasa y el orificio de entrada es poco notorio; es considerada la más peligrosa porque puede ser profunda, haber perforado vísceras y provocar hemorragias internas. El peligro de infección es mayor debido a que no hay acción de limpieza producida por la salida de sangre

sal exterior. Los tétanos, es una de las complicaciones de éste tipo de heridas.

Heridas cortos punzantes:

Son producidas por objetos agudos y afilados, como tijeras, puñales, cuchillos, o un hueso fracturado. Es una combinación de las dos tipos de heridas anteriormente nombradas.

Heridas laceradas:

Producidas por objeto de bordes dentados (serruchos o latas). Hay desgarramiento de tejidos y los bordes de las heridas son irregulares.

Heridas por armas de fuego:

Producidas por proyectiles; generalmente el orificio de entrada es pequeño, redondeado, limpio y el de salida es de mayor tamaño, la hemorragia depende del vaso sanguíneo lesionado; puede haber fractura o perforación visceral, según la localización de la lesión.

Raspaduras, excoriaciones o abrasiones:

Producida por fricción o rozamiento de la piel con superficies duras. Hay pérdida de la capa más superficial de la piel (epidermis), dolor, tipo ardor, que cede pronto, hemorragia escasa. Se infecta con frecuencia.

Heridas avulsivas:

Son aquellas donde se separa y se rasga el tejido del cuerpo de la víctima. Una herida cortante o lacerada puede convertirse en avulsiva. El sangrado es abundante, ejemplo. Mordedura de perro.

Heridas contusas:

Producidas por piedras, palos, golpes de puño o con objetos duros. Hay dolor y hematoma, estas heridas se presentan por la resistencia que ofrece el hueso ante el golpe, ocasionando la lesión de los tejidos blandos.

Magulladuras:

Son heridas cerradas producidas por golpes. Se presenta como una mancha de color morado.

Amputación:

Es la extirpación completa de una parte o la totalidad de una extremidad.

Aplastamiento:

Cuando las partes del cuerpo son atrapadas por objetos pesados. Pueden incluir fracturas óseas, lesiones a órganos externos y a veces hemorragias externa e interna abundantes.

TRATAMIENTO DE HERIDAS DE DIFÍCIL CICATRIZACIÓN CON OHB

En este tipo de heridas el paciente puede sufrir por mucho tiempo y con eso decrementar su estado general de salud o verse comprometidas algunas de las extremidades y en casos extremos la vida misma. Por lo que es importante dar tratamiento a este tipo de afecciones, el tratamiento generalmente incluye limpiezas quirúrgicas, antibióticos, antiinflamatorios, etc. pero muchas veces no hay una respuesta adecuada a los tratamientos convencionales por lo que se recomienda el uso de OHB.

Como ya sabemos el tratamiento con oxígeno hiperbárico va a aumentar la presión parcial de oxígeno y con ello se fomentará la vascularización menor, también se sabe que forma un efecto de neovascularización y un efecto inmunoestimulador a 2 ata.

Con el tratamiento de oxigenación hiperbárica y el uso correcto del tratamiento convencional el paciente tendrá una recuperación de menos tiempo que si no se utilizara el tratamiento de OHB.

El protocolo que se seguirá para este tipo de padecimiento es:

20 sesiones a 2 ata a 2.5 ata de 60 a 120 minutos. (Los rangos de 2 a 2.5 ata y de 60 a 120 min. dependen del criterio médico dependiendo de la severidad del caso)²²

²² • Ruiz E. P. Memorias del XXXII Congreso de la AMMVEPE. Morelia Michoacán 2001

CONCLUSIONES

- El uso de la oxigenación asistida por el método de OHB, puede resultar un recurso del médico veterinario zootecnista que le permita la recuperación más rápida de los tejidos dañados.
- Para el manejo de la cámara hiperbárica se necesita un entrenamiento a nivel técnico y para poder dar el tratamiento como médico se necesita la especialidad.
- un inconveniente es el costo de una cámara hiperbárica que es alto, así como el costo del tratamiento por lo que clínicamente solo es viable en pequeñas especies o equinos que son las ramas de la medicina veterinaria que sí tienen el recurso económico para adquirir este servicio.
- La aplicación de oxígeno por medio de la cámara hiperbárica, no causa por sí sola, el estado de estrés en el paciente ni tampoco se requiere de medicación previa de ninguna clase.
- Este tratamiento es útil siempre y cuando sea indicado por el médico veterinario zootecnista previa valoración del caso clínico.

BIBLIOGRAFIA

- Davis JC : Undersea and Hyperbaric Society – reporte del comité científico 1989
- Fisher. Brenda S. : revista Mundo Medico, junio 1991. pag 11-19
- Ruiz Echeverria Pablo. Memorias del XXXII congreso de la AMMVEPE. Morelia Michoacán 2001
- Kindwall EP, Goldmann RW: Hyperbaric medicine procedures . Madison, Wisc, St Lukes Hospital. 1984.
- Fundamentals of Hyperbaric Medice, Comimitte on Hyperbaric Oxygenation. Publ 1298. Washinmgton D. C. National Academy of Sciences National Research Council. 1966
- Sheffield, PJ: Tissue oxygen measurements with respect to soft- tissue wound heling normobaric and hyperbaric oxygen. HBO 1985
- Myers Ram , Schnitzer BM: Hyperbaric oxygen use update 1984.
- www. Equineox.com
- Grossman A, Richard MD: Hyperbaric Oxygen in the treatment. 1978
- Borema I. Meyne NG. Life without blood .1960
- Hyperbaric Oxigen Terapy: A Committee Report. Bethesda: Undersea and Hyperbaric Medical Society . 1989
- Randall David, Burggren Warren, French Kathleen. Fisiologia Animal, edit. Mc Graw Hill. 1998
- Blood D.C., Studdert V.P. Diccionario de Veterinaria, edit. Interamericana Mc. Graw Hill. 1994
- Desola J. Revista Enfermedades Infecciosas. Oxigenoterapia Hiperbárica en Patología Infecciosa. Volumen 4. 1986
- Desola J. Comité Coordinador de Centro de Medicina Hiperbárica. Mayo Clinic Scottsdale. Tratamiento combinado e interdisciplinario de las infecciones necrosantes de las partes blandas. Octubre de 1994.
- www.mrhorse.com/info/print.php?sid=591
- www.pittsburghhyperbaric.com/conditions.htm
- Hurt. T. K. Oxygen and Heading, American Journal of Surgery. Vol 118. Octubre de 1969
- Strauss MB. Role of Hiperbaric Oxigen therapy in acute ishchemias and crush injuries. An orthopedic perspective .HBO Review 1981

- Borema I. Life without blood (study of the influence of high atmospheric pressure and hypoxemia on dilution of the blood). Journal Cardiovascular Surgery. 1960
- Gabb G. Robin E. Hyperbaric oxygen a therapy in search of diseases .1987

ANEXOS

- Figura No. 1 Se observa la cámara hiperbárica monoplaza que describe su conformación física.
- Figura No. 2 Se observa una cámara multiplaza de la universidad de Tennessee
- Figura No. 3 Cámara monoplaza movable para el uso en pequeñas especies.
- Figura No. 4 Vista lateral de una cámara monoplaza equina
- Figura No. 5 Vista por dentro de una cámara monoplaza en el pasillo de en medio es un lugar para el caballo y en el pasillo lateral es el lugar para el tender y el entrenador.
- Figura No. 6 Panel de control de la cámara hiperbárica monoplaza
- Figura No. 7 Rampa que se utiliza para subir equinos a la cámara hiperbárica
- Figura No. 8 cámara multiplaza movable equina
- Figura No. 9 cámara multiplaza vista por dentro con las divisiones para el uso en 2 caballos
- Figura No. 10 Aquí se observa el manejo de un caballo para la introducción a la cámara hiperbárica
- Figura No. 11 Se observa dos caballos en la cámara hiperbárica
- Figura No. 12 Vista de dos caballos en una cámara hiperbárica multiplaza en el carril de en medio los dos caballos y los dos carriles laterales son para tenders y entrenadores
- Figura No. 13 Amarre que se le realiza a un caballo para su manejo en la cámara hiperbárica
- Figura No. 14 cámara hiperbárica de investigación
- Figura No. 15 Vista interior de la cámara hiperbárica de investigación
- Figura No. 16 Paciente en tratamiento con oxígeno hiperbárico
- Figura No. 17 Vista frontal de la cámara hiperbárica de investigación
- Figura No. 18 cámara de investigación monoplaza con monitoreo
- Figura No. 19 Herida por traumatismo con necrosis que fue tratada exitosamente con OHB
- Figura No. 20 Cachorro con edema en el miembro anterior izquierdo tratado con oxigenación hiperbárica y antibióticos
- Figura No. 21 Lesión infectada con mionecrosis paciente apto para el tratamiento con OHB
- Figura No. 22 cámara multiplaza para uso humano en el servicio de medicina hiperbárica del Sanatorio La Luz
- Figura No. 23 cámara monoplaza de uso humano



Figura 1



Figura 2



Figura 3



Figura 4



Figura 5



Figura 6



1. Figura 7



Figura 8



Figura 9



Figura 10



Figura 11



Figura 12



Figura 13



Figura 14

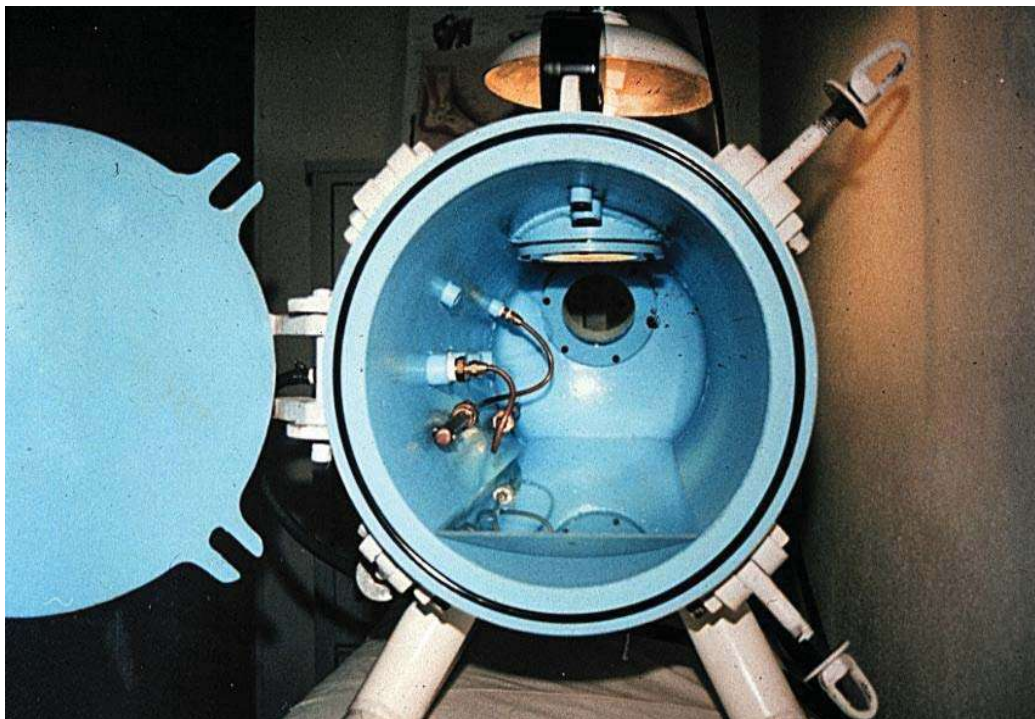


Figura 15

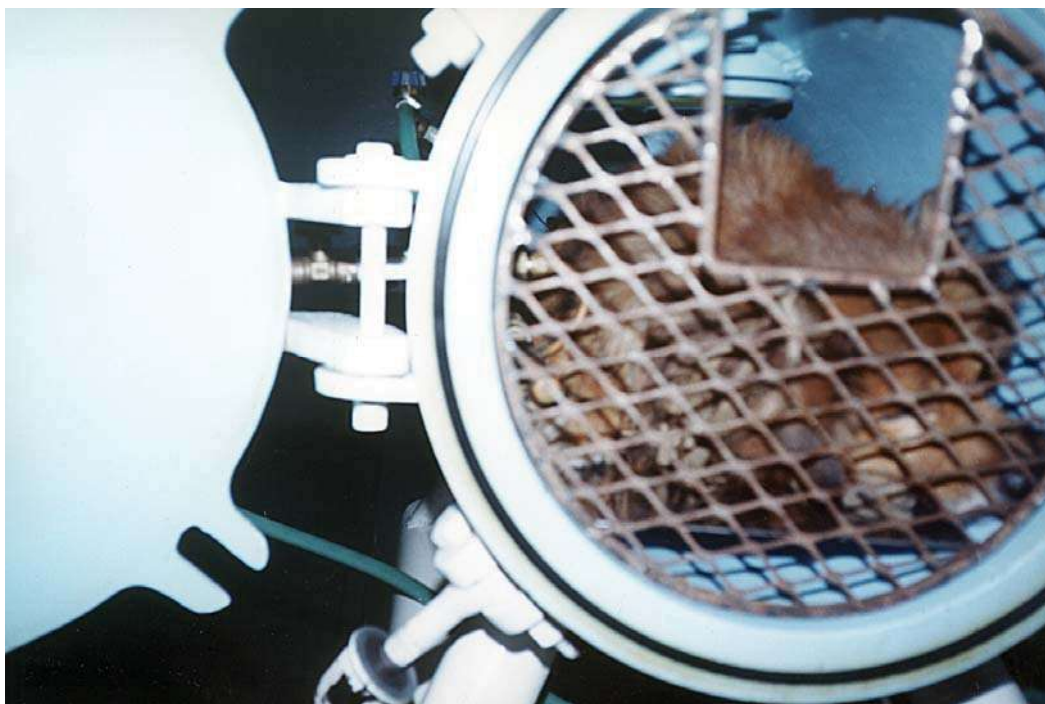


Figura 16

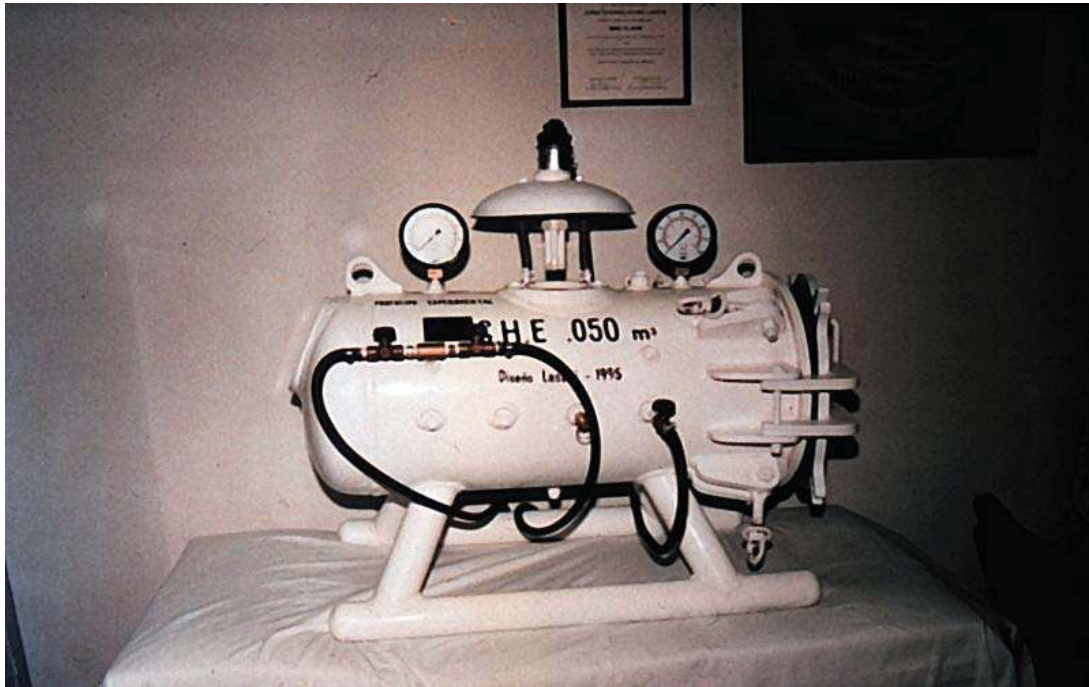


Figura 17

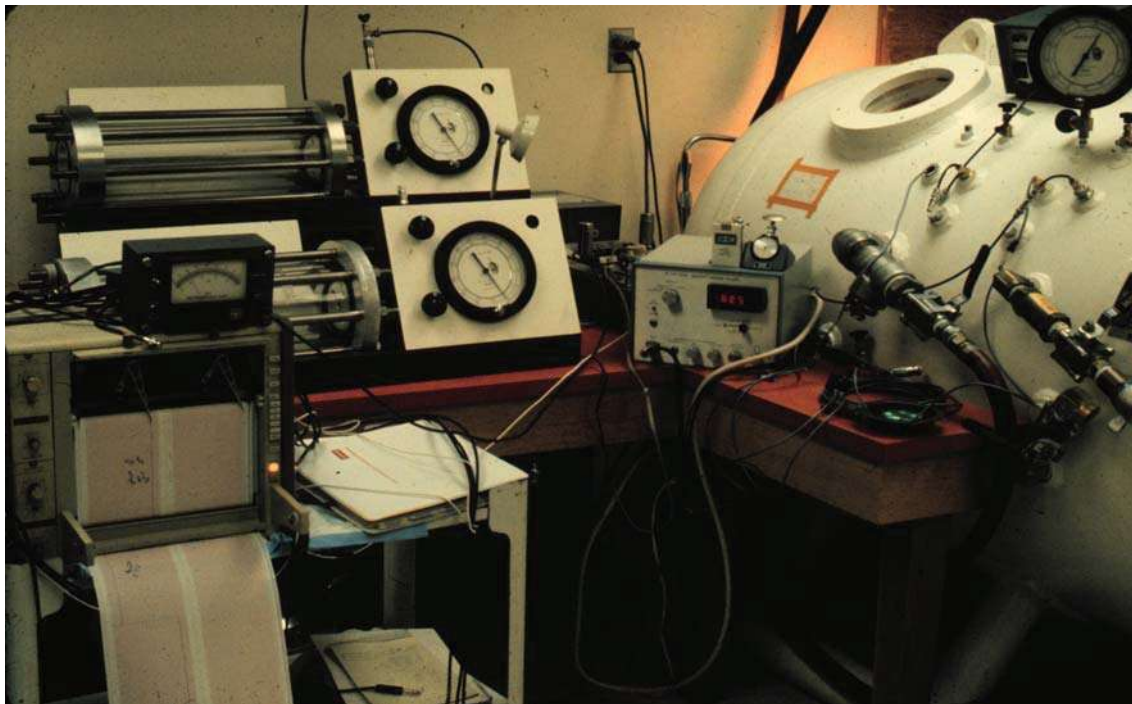


Figura 18



Figura 19



Figura 20



Figura 21



Figura 22

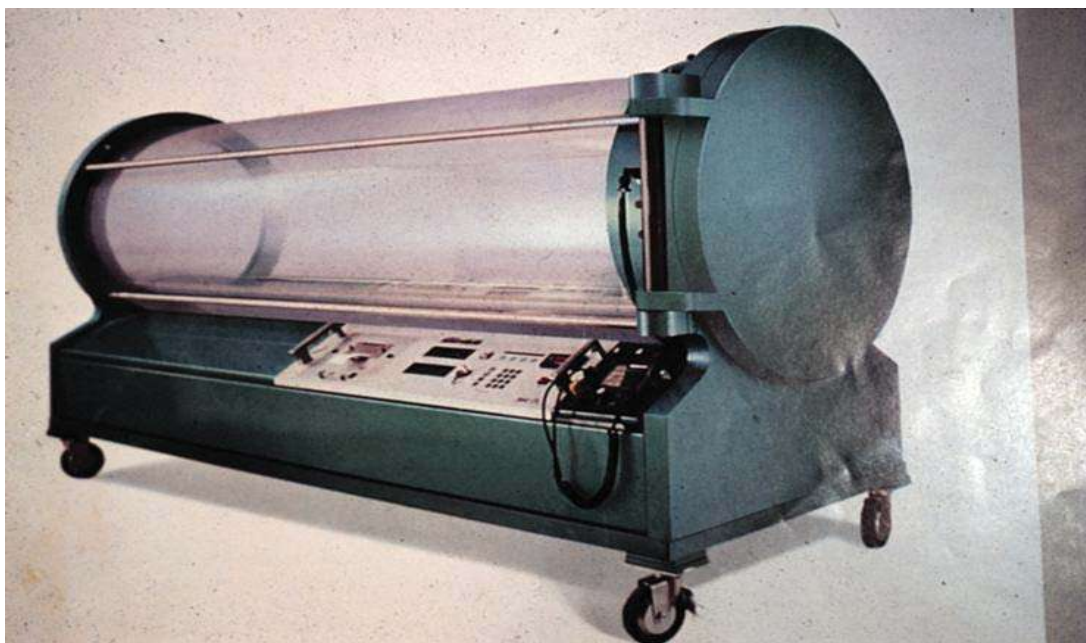


Figura 23