

XXII SEMINARIO DE INGENIERÍA BIOMÉDICA

Universidad de la República - Uruguay

Docentes: Florencia Arbío; Ing. Franco Simini

Julio de 2013

EQUIPAMIENTO PARA MEDICINA HIPERBÁRICA

Autor: Rodolfo Carrero

“Monografía vinculada a la conferencia del Ing. Franco Simini y Br. Florencia Arbío sobre “La Ingeniería Biomédica” de fecha 5 de Marzo de 2013.

Rodaca08@gmail.com

Resumen: Este trabajo tiene como objetivo describir los distintos tipos de equipos para aplicación en medicina hiperbárica.

Se describe el fundamento físico en que se basa la aplicación médica y también una mención histórica de la evolución de este tipo de equipamiento.

Se detallan las diferencias constructivas y de costos entre las alternativas. Se mencionan sus aplicaciones médicas e indica el estado actual del equipamiento hiperbárico en nuestro país.

Finalmente se presenta la conclusión sobre el trabajo

1. Introducción:

Consideramos que a pesar de ser la medicina hiperbárica una técnica de concepción relativamente antigua, en nuestro país está poco difundida. Si bien existen algunos centros que la aplican, en general en el ambiente médico uruguayo se desconoce su existencia, indicaciones, aplicaciones y cualidades.

Estimamos que en la medida de que el colectivo médico conozca la técnica y sus potencialidades comenzará a indicarla a sus pacientes con el consiguiente beneficio de esta terapéutica. Considerando el elevado costo de estos equipos importados estimamos que se podría generar la motivación en algún emprendedor local para el desarrollo de productos nacionales.

Hoy día la medicina hiperbárica es en muchos países una especialidad o sub-especialidad de otras ramas de la medicina y tiene aplicaciones demostradas y documentadas en patologías como el pie de diabético, cura de heridas y úlceras, etc. Está ampliamente difundida a nivel mundial y en la región, sobre todo en Brasil, Colombia y Venezuela.

2. Desarrollo

Fundamento físico

El principio físico en que se basan los equipos que describiremos es la Ley de Henry. En esta se establece que la concentración de un gas en un líquido se rige por la siguiente fórmula: $C = P \times K$ en la cual C es la concentración de un gas, P es la presión parcial de dicho gas y K es una constante que depende de que gas se trate, de su temperatura y del líquido en cuestión. En suma, la cantidad de gas que se puede disolver en la unidad del volumen de un líquido, a temperatura constante, es proporcional a la presión con la que el gas actúa sobre la superficie libre del líquido.

Aplicación

Normalmente el oxígeno es transportado en la sangre a través de la hemoglobina y en una muy pequeña parte por el plasma. Cuando se eleva la presión a niveles hiperbáricos (por encima de 1.5 ATA) la hemoglobina no aumenta su capacidad de saturarse con O₂, el que aumenta exponencialmente es el oxígeno disuelto en el plasma.

Por ejemplo, respirando a 1 ATA, se disuelve el 0,3% de O₂ en sangre, a 2 ATA se disuelve del 3 al 4% de O₂ en sangre. Si además se respira O₂, se aumenta en 20 veces la cantidad de O₂ disuelto.

La terapéutica hiperbárica consiste en la respiración de oxígeno puro estando el paciente dentro de una cámara cerrada y resistente a la alta presión. La presión dentro de la cámara es aumentada por el operador gradualmente (proceso llamado inmersión por su analogía con las inmersiones de los buzos en el mar). Esta alta presión se logra con el suministro de un gas (usualmente aire u oxígeno, dependiendo del tipo de cámara) frecuentemente en uso médico hasta un máximo de 3 ATA (3 atmósferas), lo que equivale aproximadamente a una inmersión en agua de unos 20 metros.

Un poco de historia

La técnica de la alta presión en tratamiento de enfermedades data de mediados del siglo 17 cuando el clérigo médico Mr. Henshaw observó que las personas que vivían en las montañas presentaban aspecto más saludable que las que vivían en el llano. Esta mera observación le hizo fabricar lo que se llamó el “Vaso de Presión” que consistía en un recipiente cerrado en el cual encerraba a una persona y le suministraba aire comprimido. Él concluyó que esta técnica aliviaba las lesiones agudas.

Luego, finalizando el siglo 18 y comenzando el siglo 19 se realizaron en Europa diversos trabajos empíricos en recipientes similares llamados “Baños de Aire Comprimido” con similares conclusiones.

Fue entre los años 1837 y 1877 que se abrieron en Europa una importante cantidad de “Centros Neumáticos” en los cuales se ponían varios pacientes en una habitación hermética presurizada con aire y se estudiaron los beneficios en pacientes con afecciones pulmonares.

En 1879 se llegó a inventar un quirófano presurizado con aire, con ruedas, y dentro de este se realizaban las cirugías para tratamiento de heridas, hernias, etc.

En el año 1918 se creó el primer hospital hiperbárico, esférico, que contaba con 5 pisos de altura y 20 metros de diámetro en el cual se realizaban cirugías cardíacas, circulatorias, renales e inclusive se realizaban tratamientos contra la influenza.

Fue a partir de los años 1920 y 1930 que se comienza a correlacionar la medicina hiperbárica y su aplicación en las enfermedades de embolias gaseosas con el buceo y trabajo de mineros a grandes profundidades.

Muchos fueron los trabajos presentados documentando las experiencias en esta área hasta que en 1960 se puede documentar a ciencia cierta el primer éxito en la cura de un paciente con gangrena gaseosa y otras aplicaciones como en la reconstrucción ósea de fracturas, casos de congelación, colgajos de piel, etc.

Desde ese momento y hasta el día de hoy, múltiples centros de medicina hiperbárica se han abierto y funcionan en todas partes del mundo. En Estados Unidos, en el año 2000 se reconoció la medicina hiperbárica como una sub-especialidad de la medicina preventiva y de emergencia.

Equipamiento

Una cámara hiperbárica es un recinto cerrado que permite presurizar el ambiente en el cual se encontrará uno o más pacientes.

En una cámara hiperbárica se introduce gas de grado médico (aire u oxígeno). Mediante el uso de reguladores de presión a la entrada y restrictores a la salida, se aumenta la presión interna en la cámara de forma controlada. Variando el flujo del gas se controla también la temperatura, el tiempo de llegada a la presión deseada y el de descompresión. Estos parámetros se manejan por parte del operador desde un panel de control.

Considerando que existen pacientes dentro de estos recintos y que se manejan altas presiones y gases inflamables, se dispone de diversos elementos de seguridad y monitoreo, como ser limitadores de presión, manómetros, analizadores de FiO₂, etc.

Existen dos tipos de cámaras hiperbáricas para uso médico, las monoplaza y las multiplaza. En las primeras entra un solo paciente por vez y el operador se mantiene en el exterior, teniendo contacto visual a través del propio cuerpo de la cámara.

En las cámaras multiplaza entran más de un paciente (por lo general 8 o 10), requieren de un operador externo que puede tener contacto visual a través de circuito cerrado de TV (o alguna escotilla transparente) y de un operador dentro de la cámara junto con los pacientes.

Las cámaras monoplaza pueden presurizarse con aire u oxígeno (por lo general con O₂) y el paciente (acostado) respira el oxígeno directamente del ambiente hiperbárico, sin ayuda de máscaras.

Las cámaras multiplaza se presurizan con aire y los pacientes respiran a FiO₂ de 1 con la ayuda de máscaras. El operador dentro de la cámara deberá ayudar y cuidar que los pacientes (generalmente sentados) tengan la máscara debidamente colocada durante todo el procedimiento.

Aplicaciones

Existen gran variedad de patologías en las cuales la técnica está mundialmente desarrollada, aprobada, recomendada y documentada y otras aplicaciones que aún se encuentran en proceso de evaluación e investigación.

Dentro de aquellas ya recomendadas podemos mencionar:

- Pie de diabético
- Embolias gaseosas
- Envenenamiento por monóxido de carbono o inhalación de humo
- Envenenamiento por cianuro o derivados
- Gangrena gaseosa
- Infecciones necrotizantes de tejidos
- Isquemias agudas traumáticas, reimplantación de extremidades amputadas, etc.
- Vasculitis agudas de etiología alérgica, medicamentosa o por toxinas biológicas (arácnidos, ofidios o insectos)
- Quemaduras térmicas y eléctricas
- Lesiones por radiación: radiodermatitis, osteorradionecrosis y lesiones actínicas de mucosas;
- Osteomielitis

Es necesario resaltar que como cualquier procedimiento médico, la HBO también presenta complicaciones, efectos colaterales y limitaciones que pueden llevar a resultados no deseados. Además, una cámara hiperbárica es un equipo delicado, costoso y complejo que requiere de rigurosos niveles de seguridad, operación correcta por personal calificado, control de ambiente interno y externo, etc.

Situación en Uruguay

La mayoría de las cámaras que existen en nuestro país son multiplaza, fabricadas un tanto artesanalmente y desde el principio fueron asociadas con el buceo, en los ámbitos de La Armada Nacional y el Hospital Militar. Existe también un centro privado con dos cámaras multiplaza.

Al día de hoy está instalada solo una cámara monoplacea en el Hospital Español.

3. Conclusión

Al momento de decidirse por uno u otro tipo de cámara deberán tenerse en cuenta algunas consideraciones dado que un tipo tiene ventajas y desventajas sobre el otro y viceversa. Por ejemplo, considerando costos de instalación, las multiplaza son notoriamente más caras (una cámara para 8 o 10 pacientes oscila en los U\$S 300.000 y una cámara monoplacea alrededor de U\$S 70.000), mientras que en el costo por sesión de terapia (costo por inmersión) la ecuación se revierte dado que las monoplacea se presurizan con O₂ mientras que las multiplaza lo hacen con aire el cual se puede obtener con un compresor de aire grado médico. Además, si bien estas últimas requieren de volúmenes de gas mucho mayor para presurizar, no solo el gas es menos costoso sino que además se prorratea entre 8 o 10 pacientes.

El tiempo de instalación y de reinstalación en caso de necesidad de moverla es notoriamente inferior en las de un solo paciente, además de necesitar menor planta física.

Por otra parte entendemos que de acuerdo con la evidencia científica que existe sobre las aplicaciones de la medicina hiperbárica deberían proponerse mesas de discusión entre las autoridades que rigen el desarrollo de la salud, el colectivo médico en general, la universidad y la industria, a efectos de discutir la conveniencia o no de la aplicación de la terapéutica en el territorio nacional.

4. Bibliografía

Henshaw, In: (Simpson, A): Compressed Air as a Therapeutic Agent in the Treatment of Consumptio, Asthma, Chronic Bronchitis and Other Diseases. Sutherland and Knox, Edinburgh, 1857.

Bert, P: La Pression Barometrique. 1879; 579. (Barometric Pressure. Traducido por MS y FA Hitchcock). Republicado por Undersea Medical Society, Bethesda, 1978.

Lorrain-Smith, J. The pathological effects due to increase of oxygen tension in the air breathed. J. of Physiology. 1899; 24:19-35

Boerema I, Meyne N G, Brum-melkamp WK, Bouma S, Mensh M H Kamermans F, Stern hanf, Aalde-ren: Life without Blood. J. Cardio-vasc. Surg. 1955; 13: 133-146.

Cox R AF: Transport of a Patient with Decompression Sickness In Offshore Medicine. 1st ed. Springer-Verlag Berlin Heidelberg, 1982, p 113-114.

Foreman C: The FDA and HBO. Hyperbaric Medicine Advanced Symposium. School of Medicine. University of South Caroline. April, 2-4, 1998.

Kindwall E P: The Physiologic Effects of Hyperbaric Oxygen . In Hyperbaric Medicine Practice. 1st ed. Best Publishing Company, 1994, 17-32.

Jain K K: Hyperbaric Oxygen Therapy in Infections. In Textbook of Hyperbaric Medicine. 2nd Revised Edition. Hogrefe & Huber Publishers, 1996, 178-199.

Cianci P, Hunt T K: Long-Term results of aggressive management of diabetic foot ulcers suggest significant cost effectiveness. Wound Repair and Regeneration. The Wound Healing Society. Vol. 5 nr 2, apriljune 1997, 141-146.

www.cms.gov, buscar “Hyperbaric Oxygen”, 2013

www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/22828821; 2013

www.hyperbariclink.com/Organizations/UHMS.aspx; 2013