

A.- ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN.

Para la realización de esta investigación tomamos como base el siguiente material bibliográfico:

Electrocardiógrafo computarizado con presentación de las diferentes ondas de observación cardíacas (1998) elaborado por Sánchez Julio y Solano Gerardo en la Universidad Dr. Rafael Bellosó Chacín (URBE). Este trabajo de investigación tiene como objetivo registrar las actividades eléctricas del corazón, detectando así transmisiones anormales de los impulsos cardíacos. En la actualidad estos resultados son mostrados en una cinta de papel milimetrado, presentando la limitante de no poder visualizar múltiples ondas simultáneamente ni almacenar los datos concernientes a las mediciones obtenidas del paciente, factor que se solventa con la utilización de un electrocardiógrafo computarizado.

Simulador de pulsaciones cardíacas (1996) elaborado por González Soto, Isabel María en la Universidad Dr. Rafael Bellosó Chacín (URBE). En esta investigación se estudiaron las características y las formas de ondas que genera el corazón en su actividad bioeléctrica, por medio del electrocardiograma. Se determinó la onda P, el complejo QRS, y la onda T., siendo luego de gran utilidad al momento de probar los electrocardiógrafos una vez implantados.

B.- REVISION DE LA LITERATURA.

El médico británico Henshaw, en 1662 fue el primero en utilizar la terapia hiperbárica. La cámara desarrollada por él era un cuarto hermético al cual llamó “domicilium”, éste tenía condiciones de presión y clima variable, era presurizada por dos grandes fuelles. Su aplicación antecedió al descubrimiento del oxígeno en 1775 por Priestley. Henshaw preconizaba que era buena para ayudar a la digestión, para promover la respiración insensible, para facilitar la respiración y la expectoración y por consiguiente para prevenir la mayoría de las afecciones pulmonares y que debía ser utilizado en época de buena salud. Sin embargo no usaba ningún principio de su acción.

Para 1834, Junot construyó una cámara hiperbárica en Francia para tratar afecciones pulmonares usando presiones de 2 a 4 ATA.

En 1837 Pravaz construyó la más grande cámara de esos tiempos y pacientes con una gran variedad de enfermedades fueron tratados.

Paster para 1861, en sus estudios de investigación describe la acción del aire y el O₂ sobre los microorganismos, hablando de “aerobios” y “anaerobios”. Mas adelante, en 1862 Jourdanet realizó los primeros estudios sobre la terapéutica de baja presión.

Fontaine desarrolla la primera cámara hiperbárica móvil en 1877. En 1979 aplica la cirugía por vez primera dentro de una **Cámara Hiperbárica**, efectuando 27 operaciones quirúrgicas, muriendo en su propia cámara por lo que puede considerarse la primera víctima de la **Oxigenoterapia**

Hiperbárica (OTHB). La OTHB ha sido empleada históricamente desde comienzos de siglo para el tratamiento del barotrauma en buzos, en el llamado síndrome de descompresión, situación que constituye su principal indicación a la fecha y respecto a la cual no existen controversias sobre su utilidad.

Al inicio de este siglo se diseñaron modelos de **Cámaras Hiperbáricas** para uso simultáneo de 20 - 30 pacientes, para el manejo de accidentes submarinos. En los años ´60 aparecen las cámaras monoplaza, y se comienza a extender su uso a otras patologías que tuvieran en común la isquemia tisular; ya en los ´70 se establecen modelos que permiten acceso y asistencia directa al paciente durante el procedimiento y a través de intercomunicadores, perfeccionando su manejo a través de microprocesadores. En la última década se han diseñado modelos portátiles (Gamow Bags) relacionados con servicios de atención de urgencia para intoxicaciones por conocido de carbono, y síndrome de aplastamiento con isquemia traumática, entre otros.

Mientras que Perrins 1965 (Inglaterra) mostró la efectividad del OHB en la osteomielitis.

Salzman y Cols en 1966 (E.U.) mostraron la efectividad del OHB en los pacientes con ACV de tipo isquémico.

En 1970 Boschetty y Cernoch (Checoslovaquia) usaron el OHB para la esclerosis múltiple.

Para 1971 Lamm (Francia) uso el OHB para tratar la sordera súbita.

Mientras que Thurston 1973 mostró que el OHB reduce la mortalidad en el infarto cardíaco.

En la pasada década de los 70 se extiende la Medicina Hiperbárica a Japón, la Unión Soviética y a Colombia. Y se desarrolla la Undersea Medical Society (Sociedad Medica Acuática) con sede en Washington (E.U.).

En la década de los 80 se extiende la MHB a China.

Para 1983 se forma el American College of Hyperbaric Medicine (Colegio Americano de Medicina Hiperbárica) (presidente fundador, Neubauer, en la Florida).

Mientras tanto en 1986 La Undersea Medical Society (UMS) (Sociedad Medica Acuática), agrega la palabra Hyperbaric (Hiperbárica) (UHMS) y alcanza 2.000 miembros en 60 países.

Jain en 1987 (Suiza) demostró el alivio de la espasticidad en la hemiplejía debida al trauma usando OHB y fisioterapia.

La International Society of Hyperbaric Medicine (Sociedad Internacional de Medicina Hiperbárica) se forma en 1988.

La Armada Nacional de Colombia en 1991 organiza en Bogotá y Cartagena el primer Congreso Internacional de Medicina Hiperbárica, recibiendo la colaboración de cinco de los mejores científicos de los Estados Unidos en este Campo.

C.- FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

El diseño de la interfaz para el monitoreo de pacientes bajo tratamiento en una **cámara hiperbárica**, esta basada en desarrollo de dos medios diferentes que persiguen un solo propósito, el **Hardware** que en este caso son los dispositivos electrónicos que permiten el desarrollo de la interfaz electrónica y el **Software** que no es más que la interfaz de usuario. Para entender el funcionamiento de una **cámara hiperbárica** es necesario tener bien claro la fundamentación teórica de la misma.

1.- INTERFAZ.

Se define como la creación de enlaces permanentes entre aplicaciones diferentes bajo el mismo sistema operativo, que permite la elección del conjunto de informaciones de origen y el lugar donde se quieren reproducir. El diseño y construcción de interfaces constituyen una parte principal del trabajo de los ingenieros, programadores y consultores.

1.1.- OBJETIVOS DE LAS INTERFACES.

Los sistemas de interfaz tienen muchos objetivos, pero los más importantes son:

Eficiencia al lograr enlaces exactos, con los diferentes archivos (origen y destino).

Eficiencia demostrada en el intercambio de datos.

Mostrar un diseño adecuado para favorecer el intercambio de datos.

1.2.- FORMATOS Y FUNCIONES DE LA INTERFAZ.

Cada interfaz posee una estructura y diferentes funciones. Los mensajes de datos de un dispositivo o programa posee un formato en particular (encabezado, cuerpo, entre otros).

A nivel de hardware, las señales electrónicas activan funciones; los datos son leídos, grabados, transmitidos, recibidos, analizados para verificar errores, etc. La parte de software las instrucciones son diseñadas para activar el hardware y realizar como por ejemplo: métodos de acceso, protocolo, protocolo de enlace de datos, etc. Y en niveles superiores, los datos transferidos o transmitidos pueden por si solo requerir la ejecución de funciones como la estructura cliente/servidor, la estructura programa a programa, entre otras.

2.- SISTEMA DE MONITOREO.

Los sistemas de monitoreo son aquellos que permiten la evaluación de una señal o variable de forma constante, además de las alteraciones que sufre la misma cuando se ve afectada por agentes externos. Este tipo de sistema se puede observar tanto en los procesos llevados a cabo manualmente como en los llevados a cabo de forma automática, siendo más empleados los segundos.

El implantar sistemas de monitoreo es una técnica que pone en prueba el desarrollo tecnológico que día a día ofrecen los campos de electrónica y la computación, utilizando en su instalación equipos, sensores de interfaz

comunicacional entre equipos periféricos y la computadora, manejo de programas de funcionamiento del sistema. Además, los resultados de un proceso determinado pueden visualizarse de forma rápida en el campo y la sala de control, por lo que se obtienen resultados de gran confiabilidad y precisión. Esto permite ahorrarse el trabajo o tareas ejecutadas normalmente por el hombre.

El computador monitor es la pieza fundamental de este tipo de sistema, ya que debido a la exactitud en los resultados del proceso y la transmisión de información en el momento oportuno le permiten al usuario tomar las medidas correctivas indispensables al instante en que la variable analizada presente alguna variante o anomalía.

Autores como Willard, Merrit y Dean (1947, pág. 920) concuerdan con lo antes expuesto, ya que establecen que en los procesos industriales cada día se requiere de este tipo de sistema, para así mantener una supervisión constante de todos los procesos y de esta forma poder detectar y corregir inmediatamente las alteraciones que se presenten.

La importancia de los sistemas de monitoreo radica fundamentalmente en que estos contribuyen a que exista menos posibilidad de error, aumente el tiempo de producción y se incrementa la operación del sistema.

3.- LA CAMARA HIPERBARICA.

La Cámara Hiperbárica (C.H.) es un recipiente que permite aumentar la presión en su interior mediante la inyección de aire comprimido o mezclas prescritas de gases especiales. Existen diversos tipos de instalaciones hiperbáricas:

Simuladores de buceo.

Cámaras Hiperbáricas para tratamiento de accidentes de buceo.

Cámaras de Oxigenación Hiperbárica (C. O. H.).

3.1.-TIPOS DE CAMARAS HIPERBARICAS.

Básicamente se describen dos modalidades de Cámara Hiperbárica usadas para tratamiento de accidentes de buceo:

a).- Cartucho/Cámara monoplaza.

b).- Cámaras multiplaza.

A).- CÁMARA HIPERBÁRICA MONOPLAZA / CARTUCHO.

Se trata de una cámara cilíndrica de forma ligeramente troncocónica. En uno de sus extremos posee una escotilla circular de entrada, al mismo tiempo, permite en caso necesario y mediante un acoplamiento tipo bayoneta adaptado a las Cámara Hiperbárica Multiplaza. En el interior del cartucho existe una camilla montada sobre rieles. Algunos modelos están dotados de mascarilla que permitirá la administración de oxígeno. En el exterior, encontramos un pequeño cuadro de mandos con las válvulas y manómetros necesarios para el control del tratamiento. Aquellas cámaras provistas de

maskarillas de oxígeno poseen unas botellas de almacenamiento de oxígeno adosados en su exterior. En lo referente al suministro de aire comprimido puede ser:

Desde batería de botellones adosada en el exterior.

Procedente de un compresor.

Equipo de botellas de buceo.

Una manilla construida con material plástico transparente y resistente a la presión nos permite visualizar al paciente.



FIGURA 2. Cámara Hiperbárica Monoplaza.
Fuente: <http://www.arrakis.es/~icas/camara.htm>

INDICACIONES:

El uso de estos cartuchos es muy polémico como veremos más adelante; se considera como única indicación la aparición de un síndrome de sobreexpansión pulmonar con embolia gaseosa cerebral masiva lo que precisa una recompresión inmediata del accidentado.

VENTAJAS:

Pequeño tamaño que permite disponer de Cámara Hiperbárica en cualquier lugar donde se realicen las inmersiones.

Posibilidad de usar aire comprimido procedentes de las botellas de buceo.

Bajo coste, siendo este el móvil principal de su existencia.

INCONVENIENTES: **AISLAMIENTO DEL ACCIDENTADO.**

Esto es altamente peligroso en caso de que el paciente presente vómitos, convulsiones o paro cardiorespiratorio. En estas condiciones el buzo no podrá recibir asistencia médica.

RECHAZO PSÍQUICO: Claustrofobia.

El caudal de aire necesario es importante; es decir, se necesita un gran número de botellas de buceo y no siempre están disponibles.

Es muy pesado a pesar de su relativo pequeño tamaño. No puede ser transportado en una ambulancia y muchos menos en un vehículo normal.

EN CASO DE ACCIDENTE:

Si es LEVE, es preferible el traslado a una cámara multiplaza aun cuando ésta se encuentre lejos del sitio del accidente, en esto deberá prevalecer el buen criterio médico de cuan lejos deberá ser el máximo permisible.

Si es GRAVE, es una imprudencia temeraria confinarlo aislado en el interior del cartucho.

Este tipo de equipo sólo permite tratar a un buceador a la vez. Considerando que el buceo se practica en parejas, es posible encontrarnos con más de un accidentado y en este caso sólo uno de ellos es susceptible del tratamiento.

B).- CÁMARA HIPERBÁRICA MULTIPLAZA.

Son Cámaras Hiperbáricas con espacio suficiente en el interior del habitáculo para dos o más pacientes. La cámara multiplaza acomoda hasta 18 pacientes con medidas de 9 pies de ancho x 40 de largo dividido en 3 compartimentos. Estos son: compartimiento para cuidado crítico, compartimiento para tratamiento ambulatorio y compartimiento de entrada y salida.

La existencia de una gran oferta de Cámara Hiperbárica multiplaza nos permite clasificarlas del siguiente modo:

Según su movilidad.

Fijas: Es el caso de la Cámara Hiperbárica multiplaza instalada en un gran Centro de buceo u Hospitales.

Móviles: Cuando la Cámara Hiperbárica está instalada sobre un furgón o remolque.

Según su diseño.

De un solo compartimiento: No son recomendables pues no permiten la entrada o salida de personal.

De dos compartimientos: Diseñadas con cámara y antecámara.



FIGURA 3. Cámara Hiperbárica Multiplaza.

Fuente: [Http://www.asempr.org/pages/ehiperbaric.htm](http://www.asempr.org/pages/ehiperbaric.htm).

INDICACIONES:

Tratamiento de las enfermedades disbáricas y accidentes de buceo.

Adiestramiento de buceadores y test.

Descompresión en superficie.

Tratamiento de oxigenoterapia hiperbárica.

VENTAJAS:

El paciente no quedará aislado en el interior de la cámara, y por esto será posible atenderlo en caso de vómitos, convulsiones, paro cardiorrespiratorio, etc.

Las dimensiones son amplias, por lo que resulta relativamente cómoda permitiendo desenvolverse con facilidad en su interior y no suele existir el rechazo psíquico como en el caso de los cartuchos.

3.2.- PRINCIPIO TERAPEUTICO.

FUNDAMENTO DE LAS TÉCNICAS DE RECOMPRESIÓN.

Consistente en provocar una reducción del tamaño de una burbuja gas que se ha introducido en el interior del sistema vascular, o que, por el contrario, se ha introducido en el seno de los tejidos como consecuencia de un proceso de desaturación de éstos, incrementando por encima de los límites de compatibilidad.

FISIOPATOLOGÍA DEL EMBOLISMO GASEOSO.

Cabría distinguir entre aquellas burbujas que se encuentran en el interior de los vasos (burbujas intravasculares), y las que están fuera (burbujas extravasculares), a lo cual se referencia:

Burbujas intravasculares.

Según (La Academia de Ingenieros del Ejercito, sección de actividades anfibias), normalmente se trata de macroburbujas, no pudiendo adoptar una morfología esférica tal como se comportan normalmente aquellas que se forman en el seno de un líquido, sino que más bien adoptarán la forma cilíndrica con dos casquetes semiesféricos en los extremos. Por todo ello, la reducción del tamaño de la burbuja, que se determina por efecto de la recompresión, vendrá dada por un acotamiento del cilindro. Un factor muy importante que desempeñan estas burbujas cilíndricas se puede referir a la existencia de una tensión superficial que determina una resistencia por frotamiento contra las paredes vasculares, que puede llegar a contrarrestar a la propia presión sistólica de la sangre produciendo un verdadero enclavamiento de la burbuja en el interior del vaso.

Una burbuja "enclavada" (para la Academia de Ingenieros del Ejercito, sección de actividades anfibias), es una burbuja estable, que si llega a afectar a un vaso importante determinará una obstrucción total de dicho vaso, con afectación isquémica de un territorio muy extenso. Generalmente el pronóstico de estas burbujas intravasculares es mucho más serio que el de las burbujas extravasculares, y suelen precisar de la adopción de recompresiones muy urgentes y más intensas. Este tipo de burbujas es característico de los cuadros de embolia gaseosa producidos por sobrepresión pulmonar.

Al determinarse una obstrucción total del aporte sanguíneo de un vaso es perfectamente concebible que se puedan iniciar fenómenos de agregación plaquetaria, con producción de trombos sólidos y diversas alteraciones de las constantes de coagulación sanguínea, especialmente en los casos en que no se aplica una recompresión terapéutica de forma inmediata al accidente que lo ha determinado.

De acuerdo con la Ley de Boyle-Mariotte, ($P_0 \cdot V_0 = P_1 \cdot V_1$) al incrementar la presión ambiental se obtendrá una reducción del tamaño de estas burbujas que será inversamente proporcional a las presiones absolutas, y que como se indicó anteriormente, en este caso de burbujas intravasculares de forma cilíndrica, afectará a la altura del cilindro, siendo importante considerar que al producirse esta reducción de la altura del cilindro, disminuirá su superficie, y por tanto disminuirá la tensión superficial que determina el "enclavamiento" del embolo, por lo que se llegara a conseguir una restauración casi total de las necesidades de riego sanguíneo de este territorio. Presumiblemente, esta emigración del embolo como consecuencia de la recompresión coincide plenamente con una mejoría dramática del cuadro clínico, que se determina a los pocos minutos de haber comenzado la recompresión.

Burbujas extravasculares.

Según (La Academia de Ingenieros del Ejercito, sección de actividades anfibias), al contrario que las anteriores, casi siempre son microburbujas, y adoptarán una figura esférica apareciendo en el seno de diversos tejidos como consecuencia de un estado de sobresaturación de gases inertes al existir una exposición previa a las altas presiones. Debido a la forma esférica que presentan, las disminuciones de volumen que tengan lugar como consecuencia de la recompresión las efectuarán conservando la misma figura geométrica de la esfera, y afectarán fundamentalmente a los diámetros de ésta.

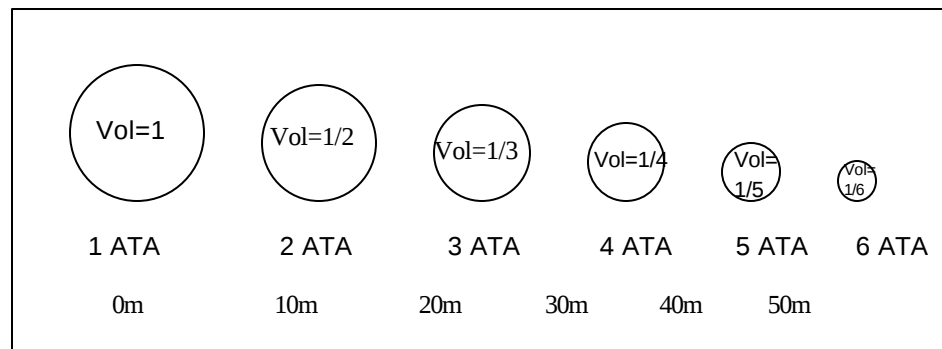


FIGURA 4: Variación del volumen de las burbujas con los incrementos de presión.

Fuente: Academia de Ingenieros del Ejercito. Sección de actividades anfibias. Curso Zapador Anfibio. El buceo Autónomo y Cámaras Hiperbáricas.

Por ser estas burbujas extravasculares no es previsible que se produzcan alteraciones en la coagulación, ni los agregados plaquetarios que fueron expuestos para las burbujas intravasculares, produciendo sintomatología

típica y característica dependiente de las funciones específicas que presente el tejido, en el seno del cual se ha formado la burbuja.

Generalmente, el pronóstico es mucho más benigno que las anteriores, y no precisa de unas medidas tan inmediatas y urgentes como en el caso anterior, aunque esta rapidez en la actuación tiene igualmente gran importancia a la hora de valorar la vuelta a la normalidad del accidentado, y las posibles secuelas definitivas que podrán persistir una vez finalizado el tratamiento.

Un factor muy importante que es preciso tener en cuenta al hablar de estas burbujas extravasculares se puede referir a la producción de una microlesión en el tejido, en el seno del cual aparecen, con la afectación funcional o de carácter orgánico que puede persistir con el tiempo, y que explicación las secuelas definitivas y permanentes. Cuando estas burbujas aparecen el seno de tejidos nerviosos con función altamente especializada, tal como sucede en el caso de la médula espinal, se producirán unas "microdislaceraciones" con afectación sensorial y motora, caso de ser en la sustancia blanca de la médula, por alteración de las fibras de conducción nerviosa ascendentes o descendentes, o bien trastornos puramente motores cuando está afectada la sustancia gris medular. La existencia de innumerables burbujas a diferentes niveles medulares determinarán una mayor amplitud y extensión de los síntomas hasta llegar a afectación de la médula como un todo dando lugar a un cuadro de tetraplejia con afectación de todas las fibras.

Parece muy importante señalar que una recompresión inmediata dará lugar a una desaparición de los síntomas, de forma absoluta, y por el contrario un retraso en la recompresión determinará una mayor lentitud en la desaparición de los síntomas, hasta el punto de llegar a inactivar el proceso de la recompresión, probablemente por la invasión por tejido conjunto de las zonas ocupadas por microburbujas.

Estos tratamientos de la enfermedad descompresiva y del cuadro de sobrepresión pulmonar plantean numerosas cuestiones que normalmente son ampliamente debatidas y que incluso llegan a determinar disparidad de criterios, por tanto en lo que se refiere a las cámaras hiperbáricas en sí mismas, como a las medidas terapéuticas que podrían ser empleadas en caso de no disponer de estas instalaciones, tipos de tablas a utilizar, recompresiones efectuadas en el agua, etc. Desde estas líneas parece muy importante señalar que la recompresión es, sin duda alguna, el medio terapéutico más eficaz que se puede emplear en uno de esos casos, y que el pronóstico vital y de restitución funcional está relacionado muy directamente con la rapidez de instauración de la recompresión. Parece evidente que conseguir la reducción del volumen de la burbuja gaseosa antes de que se hayan producido fenómenos de coagulación intravascular o de organización de las microlesiones que aparezcan en el seno de tejidos nerviosos, va a suponer una desaparición inmediata y total de los síntomas neurológicos. Por el contrario, un retraso en la aplicación de la recompresión va a traer consigo un retardo considerable en la desaparición de síntomas, una mayor

frecuencia de lesiones residuales que pueden llegar a incapacitar funcionalmente al accidentado, así como una mayor posibilidad de riesgos vitales.

TRATAMIENTO DE ENFERMEDADES DISBARICAS.

El objetivo de la recompresión mecánica en los accidentes de buceo es disminuir el tamaño de las burbujas. Por otra parte el empleo de oxígeno normo o hiperbárico ayuda de manera eficaz a la desnitrogenización de la burbuja y a la lucha contra la isquemia.

Para conseguir unos resultados eficaces en los tratamientos de los accidentes de buceo por presencia de burbujas de gases inertes dentro de los tejidos del organismo, han sido propuestas diferentes tablas de tratamiento en las que es posible apreciar unas grandes diferencias, tanto en las presiones que son empleadas para las recompresiones como en los tiempos:

Tablas francesas (4 Atas/30 mts).

Tablas inglesas y rusas (hasta 15 Atas).

Tablas americanas (6 Atas/50 mts).

Tablas de Godman y Workman (2.8 Atas de oxígeno puro desde los 18 mts).

Según la Escuela Naval Venezolana en nuestro país están en vigor las tablas de tratamiento americanas, de la US NAVY y existen dos variantes las

que utilizan aire comprimido pudiendo utilizar oxígeno en algunas de sus faces, y las que utilizan oxígeno. (Escuela Naval Venezolana).

Las primeras se refieren a las tablas de tratamiento **1 y 1-A, 2 y 2-A, 3 y 4**. Las tablas referidas en segundo lugar son las tablas **5 y 5-A, 6 y 6-A**. Para llegar a conseguir una base de aplicación de las tablas terapéuticas es preciso distinguir entre accidente LEVE o TIPO I y accidente GRAVE o TIPO II.

En un ACCIDENTE LEVE los síntomas suelen referirse a una afectación de estructuras no vitales, como la piel y las articulaciones, y por lo tanto, la sintomatología estará referida a picores, dolores musculares, mas o menos extensos, manchas de piel, dolores articulares, etc.

Por el contrario, en los ACCIDENTES GRAVES síntomas son indicativos de la existencia de burbujas, gaseosas a nivel de algún órgano importante generalmente es el sistema nervioso central el que se encuentra más afectado, y podríamos referirnos a inconsciencia, convulsiones, alteraciones visuales, vómitos, nauseas, disnea, dolores precordiales afasias, sorderas, etc.

3.3.- OXIGENOTERAPIA HIPERBARICA.

Considerada por la Undersea Medical Society (Sociedad Médica Acuática) como una "modalidad de tratamiento médico", en la cual el paciente es introducido en una cámara y respira oxígeno a presiones superiores a la atmosférica.

Es la administración de oxígeno puro a pacientes bajo efectos de presión atmosférica aumentada la mayor parte de las veces al doble de la presión atmosférica al nivel del mar normal.

La presión absoluta es la presión atmosférica más la presión adicional que le agregamos y se mide con un barómetro de mercurio. La presión relativa es la presión adicional que le añadimos con una cámara hiperbárica o con otros equipos.

Esta terapia es administrada en un cilindro llamado Cámara Hiperbárica. En el cual el nivel de oxígeno y la presión atmosférica son cuidadosamente controladas.

La terapia está diseñada para hacer llegar el suministro de oxígeno a tejidos isquémicos o enfermos que responden al aumento de los niveles de oxígeno, llevándose a cabo el aumento del volumen de oxígeno que se disuelve en el plasma sanguíneo.

El segundo efecto básico o mecánico del oxígeno hiperbárico en el cuerpo humano lo es, el disminuir el tamaño de la burbuja de tipo cilíndrico y circular en los accidentes de buceo, donde los niveles de nitrógeno aumentan, ya sea por exposición fuera de los límites o ascenso muy rápido a la superficie.

La terapia no solamente es efectiva en el tratamiento de esas condiciones, sino que su costo es efectivo porque podría acortar el tiempo de hospitalización. El tratamiento ofrecido a todo tipo de paciente con condiciones médicas que tengan indicación.

Durante el tratamiento el paciente es sometido a la inhalación de oxígeno al 100% y presurizado. En otras palabras, el aire comprimido presuriza el ambiente de la cámara mientras el paciente respira oxígeno puro vía una máscara, una tienda de cabeza o tubo endotraqueal.

La Undersea Medical Society publicó en 1977 un libro titulado "Hyperbaric Oxygen Therapy" que ha sido actualizado posteriormente en 1983. Las indicaciones de la oxigenoterapia han sido divididas en dos categorías:

INDICACIONES ACEPTADAS ACTUALMENTE.

- 1.- Necrosis por radiación: osteoradionecrosis y necrosis por radiación de tejidos blandos.
- 2.- Enfermedad descompresiva.
- 3.- Intoxicación aguda por monitoreo de carbono.
- 4.- Gangrena gaseosa.
- 5.- Embolia gaseosa aguda.
- 6.- Ostomielites refractaria.
- 7.- Infecciones de tejidos blandos flora mixta (aerobia/anaerobia) con necrosis tisular y infecciones bacterioides refractaria.
- 8.- Crush síndrome con isquemia aguda traumática.
- 9.- Injertos y colgajos de piel.
- 10.- Micosis refractarias (Micormicosis/actinomicosis/canibolus coronato).
- 11.- Intoxicación aguda por cianuro.
- 12.- Edema cerebral agudo.

INDICACIONES EXPERIMENTALES O INVESTIGACIONALES.

- 1.-** Traumatismos craneales y lesiones de la espina.
- 2.-** Accidente cerebro-vascular agudo (trombótico o embólico).
- 3.-** Abscesos intracraneales e intradominales.
- 4.-** Meningitis.
- 5.-** Esclerosis múltiple.
- 6.-** Injertos óseos.
- 7.-** Cicatrización de fracturas.
- 8.-** Intoxicación aguda por tetracloruro de carbono.
- 9.-** Intoxicación por sulfuro de hidrogeno.
- 10.-** Lepra lepromatosa.
- 11.-** Colitis pseudomembranosa.
- 12.-** Proctitis, enteritis, cistitis, mielitis, postradiación.
- 13.-** Hematuria y crisis de células en hoz.
- 14.-** Insuficiencia arterial retinal aguda.
- 15.-** Retinopatía.
- 16.-** Pioderma gangrenoso.

Dos trastornos son listados de "consideración especial":

- a).- Quemaduras.
- b).- Cuando no es posible la transfusión sanguínea (testigos de Jehová).

Las condiciones médicas que responden al oxígeno hiperbárico y que son aprobadas por la Sociedad Médica Submarina e Hiperbárica ("[UHMS](#)"),

ubicadas en el Hospital Bethesda en Maryland son: Embolia de Aire o Gas Inhalación de Monóxido de Carbono y Humo Isquemias Traumáticas Agudas, tales como: Lesiones de Aplastamiento, Síndrome de Compartimiento, Gangrena Gaseosa, Enfermedad de Descompresión (DCS), Varios Tipos de Anemia Infecciones Necrotizantes de los Tejidos Blandos (Subcutáneos, Músculos y Fascia), Osteomielitis Refractaria a Tratamiento Osteoradionecrosis (Tejidos Dañados por Radiación), Injerto de Piel (Comprometidos), Quemaduras, Promueve la Curación de Lesiones de la Piel.

Conozcamos entonces los cinco (5) efectos terapéuticos básicos al aumentar el volumen de oxígeno disuelto en el plasma. Estos son los siguientes:

A).- RESTAURACIÓN DEL METABOLISMO AERÓBICO A LOS TEJIDOS NECESITADOS DE OXÍGENO: Osteoradionecrosis Osteomielitis crónica, enfermedades diabéticas vasculares, enfermedades vasculares periferales úlceras crónicas y otras úlceras que no cura no cicatrizan.

B).- DESINTOXICANDO LOS TEJIDOS: alivian efectos clostridiales de la gangrena gaseosa envenenamiento por monóxido de carbono inhibe o evita la propagación de hongos invasivos.

C).- AUMENTO EN LA FAGOCITOSIS: contracturas infecciosas anaeróbicas facistis no crotizante.

D).- CREANDO VASOCONTRICCIÓN QUE A SU VEZ REDUCE LA:

edema hipoxia secundaria combate el síndrome de compartimiento y de lesiones por aplastamientos, quemaduras, injertos de piel y colgajos de tejidos comprometidos.

E).- ALTERACIONES DE VOLUMEN DE GAS: evitando que pasen burbujas de gas en la circulación pulmonar en casos de descompresión y embolia.

A través del mundo se continúan los estudios en estos nuevos tratamientos llevándose a cabo investigaciones clínicas en: efectos en sobredosis de drogas germinación migraña fatiga compleja función de las plaquetas enfermedades de descompresión y otros aspectos del ambiente hiperbárico.

En resumen, el oxígeno hiperbárico es la administración de oxígeno puro en un ambiente de presión atmosférica aumentada, tratamiento de oxígeno sistémico extendiéndose a todo el organismo y brindando los siguientes beneficios: aumento en la cantidad de oxígeno a los tejidos dañados o isquémicos promueve la formación de vasos sanguíneos y microcirculación reducción del edema complementa la acción antibiótica promueve curación y cicatrización de heridas ayuda a preservar y viabilizar los tejidos estimula la nueva formación de tejido óseo disminuye el tamaño de las burbujas en la enfermedad por el síndrome de descompresión en los buzos reduce los efectos de sustancias tóxicas específicas.

EFFECTO DE LA PRESION SOBRE LA SOLUBILIDAD DEL O₂ EN LA SANGRE.

Sólo una pequeña cantidad de O₂ (0.32 volúmenes por 100 cc de sangre) se disuelve en la sangre a la presión atmosférica normal. Pero bajo condiciones hiperbáricas es posible disolver suficiente O₂, por ejemplo; 6 vol. % en el plasma, la cantidad O₂ es suficiente para los requisitos usuales del organismo. En este caso la oxihemoglobina podrá pasar incambiable de la circulación arterial a la venosa debido a que el O₂ disuelto físicamente es utilizado más rápidamente que el O₂ unido a la hemoglobina.

EFFECTO DEL OXIGENO HIPERBARICO SOBRE LA CAIDA DE LA PRESION DE O₂ CAPILAR.

La extracción promedio de oxígeno para los tejidos es de 5 volúmenes por %, esta extracción produce una extraordinaria caída de presión de 60 mm de Hg (de 100 cae a 40 mm de Hg) del final del capilar arterial al final del capilar venoso. A 2000 mm de Hg el contenido de O₂ es aproximadamente de 25 vol% (20 + 5). La extracción de 5 vol% causa una caída de presión de 1900 mm de Hg. Cada una de las diferencias representa el mismo número de moléculas de O₂, en el primer caso transportada por la Hemoglobina y el segundo caso por el plasma. Los requerimientos de las células pueden finalmente ser expresados como un cierto número de moléculas de O₂ por minuto.

EFFECTOS GENERALES DEL OXIGENO HIPERBARICO SOBRE EL CUERPO HUMANO SANO.

Los efectos importantes de la hiperoxia sobre el cuerpo humano sano varían de acuerdo a la presión usada y a la duración de la exposición. A menos que se aclare, OHB se refiere al O₂ al 100%.

EFFECTOS DE LA HIPEROXIA.

1.- Transporte y metabolismo del O₂.

- a.- Inactivación del papel de la hemoglobina en el transporte del O₂ y el CO₂.
- b.- La combustión biológica del metabolismo normal del O₂.

2.- Sistema respiratorio.

- a.- Supresión de los cuerpos carótidos y aórticos con depresión de la ventilación.
- b.- Barrido del Nitrógeno con aumento de la susceptibilidad al colapso pulmonar.

3.- Sistema cardiovascular.

- a.- Bradicardia.
- b.- Gasto cardíaco disminuido e igualmente el flujo sanguíneo cerebral

4.- Vasos periféricos.

- a.- Vasoconstricción de los vasos sanguíneos periféricos: cerebro, riñón, ojo.
- b.- Resistencia periférica elevada.

5.- Metabólicos y bioquímicos.

- a.- Aumento de los iones CO y H con descenso del PH en los tejidos.
- b.- Inhibición de la respiración celular.
- c.- Inhibición de la actividad enzimática: enzimas que contienen grupos sulfidrilos.
- d.- Aumento de la producción de radicales libres.

SISTEMA CARDIOVASCULAR:

El OHB produce una disminución del gasto cardíaco debido a la bradicardia más que a una reducción del volumen. La presión sanguínea permanece constante. El flujo sanguíneo para la mayoría de los órganos cae por la caída del gasto cardíaco excepto en los ventrículos derecho e izquierdo del corazón. No hay deterioro de la función de ninguno de estos órganos a causa de la presión de O_2 elevada para compensar la reducción del flujo sanguíneo. La vasoconstricción puede ser vista como un mecanismo regulador para proteger los órganos sanos de una exposición excesiva de O_2 . Usualmente la vasoconstricción no se efectúa en los tejidos hipóxicos.

El flujo sanguíneo dérmico se disminuye en respuesta a la hiperoxia; esto ha sido medido por un flujómetro doppler de láser (Hammarlund y Cols 1989), estos autores también demostraron que la reducción del flujo sanguíneo no ocurrió en la vecindad de una úlcera crónica de piel y que la respuesta vasoconstrictora se restableció después de que la úlcera curó.

SISTEMA RESPIRATORIO:

El OHB suprime la reactivación respiratoria al CO_2 . Después de una depresión inicial de la respiración hay una hiperventilación. El OHB deprime reversiblemente la ventilación, muy probablemente tiene un efecto directo sobre los quimiorreceptores carotídeos del CO_2 .

SISTEMA NERVIOSO:

La vasoconstricción y la reducción del flujo sanguíneo cerebral no producen ningún efecto observable clínicamente en adultos sanos cuando se usan presiones de 1.5 a 2 ATA. Las presiones mayores de 3 ATA por períodos prolongados pueden producir convulsiones como resultado de una toxicidad del O_2 . El efecto del O_2 hiperbárico es más pronunciado en los estados de hipoxia/isquemia del cerebro. El OHB reduce el edema cerebral y mejora la función de las neuronas inactivas por la isquemia-hipoxia. La mejoría de la función cerebral es reflejada por la mejoría de la actividad eléctrica del cerebro.

MICROCIRCULACION:

El OHB mejora la elasticidad de los eritrocitos y reduce la agregación plaquetaria. Esto combinado con la habilidad del plasma para transportar el O_2 disuelto a las áreas donde los glóbulos rojos no llegan, tienen un efecto benéfico sobre la oxigenación de muchos tejidos hipóxicos en diferentes trastornos circulatorios.

EFFECTOS BIOQUIMICOS DEL OXIGENO HIPERBARICO.

Efectos del OHB sobre el equilibrio ácido/básico:

La presión parcial del O₂ aumentada en la sangre trastorna la reducción de la oxihemoglobina a hemoglobina. De los álcalis que neutralizan el transporte de CO₂, 70% se originan de la hemoglobina. Como un resultado del oxígeno hiperbárico y debido a un incremento de la solubilidad del CO₂ hay una retención de CO₂ lo que produce una pequeña elevación de los iones de H en los tejidos. El oxígeno hiperbárico reduce la producción excesiva de lactato en los estados hipóxicos así como durante el ejercicio.

EFFECTO DEL OXIGENO HIPERBARICO SOBRE LAS ENZIMAS.

Inactivación de la ciclo-oxigenasa: Esto ocasiona una disminución de la producción de la prostaciclina en los tejidos hiperóxicos. Un estudio hecho por Yamaga y Cols 1984, en arterias umbilicales humanas mostró que la exposición breve de las arterias a la hiperóxia produce una disminución del 30% de la actividad de la ciclo-oxigenasa, en contraste con un aumento del 49% de la actividad en los segmentos arteriales hipóxicos.

Incremento de la actividad de la lecitina colesterol acyltransferasa: Cuando el oxígeno hiperbárico fue usado en unión con un tocoferol en conejos con arteriosclerosis experimental (Kosukhin, 1984) hubo un incremento de 3 a 5 veces en la actividad de la lecitina colesterol acyltransferasa. Al mismo tiempo hubo alteración en el radio lineolato/oleato

con una disminución de los fosfolípidos, ácidos grasos libres y triglicéridos y hubo una disminución de 1.5 veces de colesterol libre.

Tirosina hidroxilasa: El aumento del O_2 satura esta enzima y luego se incrementa el ciclo de las catecolaminas. Neff y Costa 1966, expusieron ratas al O_2 al 100% durante dos horas y encontraron que las catecolaminas en el cerebro y en el corazón se doblaron.

Succínico dehidrogenasa (SDH) y citocromo oxidasa: Estas enzimas son activadas por el oxígeno hiperbárico. Su nivel disminuye en el hígado y riñones de pacientes con obstrucción intestinal. Belokurov 1980, notó que la actividad de la SHD y de la citocromo oxidasa no normalizaron después de una corrección quirúrgica de una obstrucción intestinal, pero el oxígeno hiperbárico después de la cirugía sí normalizó los niveles de estas enzimas.

Glicógeno fosforilasa: La administración del oxígeno hiperbárico durante largo tiempo produce un incremento en la actividad de esta enzima en el hígado y en los músculos de ratones delgados (Das y Hems 1974).

EFFECTO DEL OXIGENO HIPERBARICO SOBRE EL METABOLISMO CEREBRAL.

Los efectos importantes del oxígeno hiperbárico son sobre el cerebro. La mayoría de las investigaciones sobre este tópico han sido dirigidas a la intoxicación por el O_2 . Se cree que el período pre-convulsivo de la oxitoxicidad está caracterizado por alteraciones en varias funciones

fisiológicas cerebrales interrelacionadas, tales como la actividad eléctrica, flujo sanguíneo, presión tisular de O_2 , y actividad metabólica. La relación de estos cambios para el desarrollo de convulsiones inducidas por el O_2 no se ha clarificado. Sin embargo algunas observaciones interesantes se han hecho sobre el efecto del oxígeno hiperbárico sobre el metabolismo cerebral en ausencia de signos clínicos de oxi-toxicidad.

EFFECTOS DE LA PRESION SOBRE VARIOS SISTEMAS DEL ORGANISMO.

Efectos Hematológicos y Bioquímicos: Una exposición de 14 días a 5.2% de O_2 y una presión de N de 4.0 ATA mostró que ocasionaba hemocentración con leve incremento de la hemoglobina, hamatocrito, recuento de glóbulos rojos, proteínas plasmáticas y colesterol debido a un incremento del volumen plasmático con diuresis (Alexander y Cols, 1973). Se ha observado pérdida de líquido intracelular pero este retorna parcialmente durante el periodo de post-exposición (Jhonson y Cols, 1973). Se ha observado pérdida de peso en los buzos comprimidos a 49.5 ATA (488 metros de agua de mar) en ambientes de oxígeno-helio (Reymond, 1980). Esta pérdida mostró ser de 3.7 a 10.2 kilos en 14 días de exposición hiperbárica.

Se presentó diuresis en todos los buceos de saturación y estuvo asociada con natruresis a presiones mayores de 31 ATA. Tres mecanismos pueden ser causantes de la diuresis:

Inhibición de la liberación de la ADH.

Inhibición de la reabsorción tubular de sodio (la presión inhibe el transporte transcapilar activo del sodio).

Inhibición de la acción hidrostática de la hormona antidiurética (ADH) sobre los túbulos.

La pérdida de líquidos inducida por buceo/pérdida de peso puede añadirse sustancialmente a la diuresis inducida por la presión, ya que la sensación de sed está alterada en ambiente hiperbárico, y ya que el desequilibrio de los líquidos reduce el peso del buzo, las contramedidas para contrarrestar la pérdida de líquidos deben ser tomadas durante el buceo de saturación (Hope y Cols, 1988).

Efecto sobre el metabolismo del amonio: Las exportaciones largas al oxígeno hiperbárico producen un incremento en la urea sanguínea en los buzos de la Armada de los Estados Unidos. Esto fue interpretado como evidencia de una hiperamonemia a causa de que la urea es formada con amortiguadores de amonio (Gilman y Cols, 1978).

Efecto sobre las plaquetas sanguíneas: Es bien conocido que durante y después del buceo el número de plaquetas circulantes se disminuye. Estudios in vitro han mostrado que entre 10 y 40 bares las plaquetas cambian su forma y a 60 bares han mostrado características morfológicas de completa reacción de liberación. La agregación plaquetaria está inhibida por

la presión alta in vitro. El oxígeno hiperbárico disminuye la agregación plaquetaria (Price y Cols, 1986).

Cambios en el sistema respiratorio y en los gases sanguíneos: La respiración de mezclas que contengan O_2 a presiones mayores de 60 bares produce cambios moderados en la respiración, comparados con el patrón respiratorio a la presión ambiental. A presiones entre 80 y 100 bares el transporte de O_2 probablemente esté comprometido por cambios en la afinidad de la hemoglobina. Respirando, altas concentraciones de O_2 (presión de oxígeno sobre 500 mbares) se produce retención tisular de CO_2 lo cual produce una hiperventilación. Sin embargo si la persona está en ejercicio se reduce la actividad quimiorreceptora empeorando la ventilación alveolar (Alvana 1974).

Cambios rápidos en la presión ambiental producen desigualdad entre los volúmenes inspiratorios y espiratorios; la compresión causa hipercapnia mientras la descompresión causa hipocapnia. La presión causa los siguientes efectos sobre la respiración:

La posición del buzo (la cabeza hacia arriba causa menor disnea que la posición prona).

La actividad física incrementa la retención de CO_2 .

La densidad del gas (a mayor densidad de la mezcla gaseosa respirada mayor resistencia en la vía aérea, debido a que los

requerimientos de energía son mayores para respirar mezclas gaseosas de alta densidad).

Si el buzo utiliza una careta, la respiración del gas podrá producir una carga pulmonar estática aproximadamente de 0 a + 10 cm de agua independiente de la colocación del buzo en el agua (Hickey y Cols, 1987). El aumento en la ventilación observada en animales de experimentación a presiones extremadamente altas con mezclas de O_2 – helio es responsable de la fatiga de los músculos respiratorios, y puede producir una falla respiratoria (Burnet y Naraki, 1988).

Durante una exposición de 14 días en un ambiente de altas presiones de nitrógeno con presiones de O_2 inspirado de 4 ATA se produce adaptación (Lambertson y Wright, 1973). Esta modificación del control respiratorio está ejemplarizada por una disminución de la respuesta ventilatoria al CO_2 . La respuesta disminuida está más relacionada a la densidad del gas que se respira a la influencia narcótica del nitrógeno respirado.

Los múltiples buceos afectan tanto la capacidad vital como la tasa del flujo rotatorio forzado de volúmenes pulmonares pequeños. El estrechamiento de la vía aérea puede ser secundario a la pérdida de la elasticidad pulmonar inducida por el buceo (Davey y Cols, 1984).

Los estados hipóxicos generalmente no se presentan en los buzos, sin embargo la respuesta de los buzos a la hipoxia es igual a la de los que no bucean. El efecto de exposiciones repetidas con presiones de O_2 al 100% (tales como las encontradas cuando se bucea con O_2) puede afectar los

quimiorreceptores periféricos de O_2 . Sin embargo 10 buzos de más de 200 horas de buceo con O_2 al 100% no presentaron una alteración de la respuesta ventilatoria hipóxica (Melamed y Kerem, 1988).

Efectos sobre el sistema cardiovascular.

La exposición a los ambientes hiperbáricos causa varias alteraciones en la actividad eléctrica del corazón de los mamíferos. Las arritmias se consideran debidas a un aumento en el tono parasimpático (Eckenhoff y Knight, 1984). El aumento en la presión hidrostática también disminuye la excitabilidad y la conducción por un efecto directo sobre la membrana celular de las fibras miocárdicas. Las exposiciones hiperbáricas en gatos anestesiados a 350 metros de agua de mar respirando helio y O_2 afectan la excitación-contracción cardíaca (Doubt y Evans, 1982).

Bengo y Cols 1988, estudiaron la distribución del gasto cardíaco en ratas conscientes durante la exposición hiperbárica a 5 bares durante 60 min. El flujo sanguíneo correspondiente a la caída del gasto cardíaco, pero la caída fue más pronunciada en el ventrículo izquierdo (50%).

Cambios en el sistema endocrino:

Los siguientes cambios pueden suceder a exposiciones mayores de 4 ATA mientras se respira 6.2% de N_2 en el O_2 :

- 1.- Aumento en los niveles circulantes de epinefrina, norepinefrina y dopamina (Wrong y Ross 1975).

2.- Disminución de la secreción de la hormona antidiurética (HAD) con una excreción inalterable de aldosterona.

3.- Reducción en la fertilidad de los ratones machos expuestos a 50 ATA respirando helio-O₂ durante un ciclo de espermatogénesis. Se apreció una reducción de la tasa de embarazos en un 65% acoplándolos durante 2 semanas a ratones hembras no presurizadas. (Hawley y Cols, 1986).

4.- Disminución de los niveles sanguíneos de tirosina.

5.- Aumento en la insulina y en los niveles de angiotensina I en el plasma (Leach y Cols, 1973).

Las reacciones endocrinas que se presentan en los buzos pueden ser debidas a reacciones emocionales más que a efecto directo de la narcosis del nitrógeno (Vaernes y Darragh, 1982).

EFFECTOS DEL AMBIENTE DE ALTA PRESION SOBRE EL SISTEMA NERVIOSO.

Efectos neurosicológicos: Hay una creencia folclórica entre los buzos de que la “borrachera de las profundidades” o atontamiento es producida por un prolongado buceo con aire comprimido. La existencia de este síndrome fue documentada durante una prueba sicométrica en Australia (Edmonds 1985), este hallazgo no pudo ser extrapolado a otros grupos de buzos.

Adolfson 1965, mostró un deterioro de la función motora y mental cuando se bucea a 10 y a 13 ATA (respirando aire en reposo). Cambios marcados en

la percepción, genio, y consciencia fueron notada por encima de 3 ATA de presión. Sí hacían ejercicio el deterioro mental se apreciaba a 4 ATA.

Fowler 1973, estudió el efecto del aire hiperbárico a 7 ATA sobre la memoria a corto plazo y a largo plazo y no encontró ninguna alteración. Sin embargo a 10 ATA la memoria a largo plazo desmejoró pero se recupero cambiando la mezcla a He-O₂ (80/20). La memoria reciente o a corto plazo no cambió. Truit y Gottlieb 1976, sometieron ratones a 6 ATA con aire y con O₂ y no encontraron alteración en la memoria aprendida. Solamente cuando convulsionaron por el O₂ ocurrió disfunción cerebral notada en la dificultad en el aprendizaje.

Frankenhauser y Cols 1960, estudiaron el efecto del OHB a 3 ATA sobre el comportamiento sicomotor en 10 individuos y lo compararon al comportamiento a 1 ATA respirando aire. No hubo diferencia significativa en el tiempo de reacción simple o compleja durante los 30 minutos de exposición. Biersner y Cols 1976, estudiaron la asociación entre el efecto pulmonar y psicológico cuando se respira O₂ intermitente a 2 ATA en 4 buzos. Un buzo respiró nitrógeno normoxico (N₂ = 90% O₂ = 10%) como control. Los test psicológicos incluyeron ejecuciones sicomotoras simples y complejas, memoria a corto término, asociación de palabras tanto fáciles como difíciles, cambios de comportamiento. La exposición al OHB fue realizada hasta que hubo una reducción del 10% de la capacidad vital. La mayoría de las pruebas psicológicas no se alteraron.

Un modelo de aprendizaje lento fue propuesto para la explicación de los efectos conductuales de la narcosis con el nitrógeno. Este modelo y conceptos básicos han sido sometidos a una extensiva revisión por Fowler y Cols 1985, en un estudio adicional Fowler y Cols mostraron estrategias de ensayo las cuales podían ser modificadas por la narcosis.

Esto es consistente con la hipótesis que juegan las variables estratégicas en el modelo de proceso lento de la narcosis del gas inerte. El status neuropsicológico de los buzos de la marina de los E.U. ha sido estimado por Curley 1988, con buceos simulados a profundidades entre 198 y 335 mam. Alteraciones visuales transitorias en la focalización se presentaron en la superficie y se resolvieron en 10 días.

Overman y Cols 1989 fallaron para encontrar déficit en la memoria en moncos expuestos a buceos repetitivos que inducían a las convulsiones.

Narcosis del Nitrógeno:

Behnke notó en 1935 que los humanos sometidos a compresión con aire por encima de 5 ATA presentaban síntomas similares a la intoxicación alcohólica. Como los síntomas no ocurrieron con He-O₂, concluyó que era el N₂ el causante de esta sintomatología. Muchos investigadores han estudiado esta anomalía la que Cousteau llamó "rapto de las profundidades", los síntomas de la narcosis del N₂ son: euforia, habilidad mental disminuida, dificultad en asimilar y bradipsiquia.

Hay muchas explicaciones pero la más convincente es la de la solubilidad de los lípidos. Bennett y Cols 1969, usaron estudios con potenciales evocados auditivos para establecer el grado de narcosis inducida por el buceo a profundidades.

Ellos presentaron evidencia de que la narcosis del aire la ocasiona el N_2 y que el O_2 no tiene un efecto sinergista con el N_2 . Algunos gases nobles que han sustituido al N_2 también presentan narcosis pero en un grado muchísimo menor que el N_2 . Aunque la causa de la narcosis es el N_2 y la elevación del CO_2 en los tejidos como resultado de una hipoventilación y una mala eliminación del CO_2 . Incrementando la presión parcial del O_2 y la densidad de la mezcla respirada se ocasiona retención del CO_2 en el tejido cerebral lo que potencializa sinérgicamente la narcosis del nitrógeno (Bennett 1965).

Para evitar la narcosis del N_2 , la mezcla de O_2 -He es usada para bucear a profundidades mayores de 50 metros.

Síndrome Nervioso de Alta Presión:

El término “síndrome nervioso de alta presión” es usado para describir los efectos adversos de alta presión sobre el sistema nervioso. El uso de heliox para bucear a profundidades mayores de 200 metros ha producido diferentes síntomas a los de la toxicidad del O_2 e incluye los siguientes:

El temblor es usualmente visto por encima de profundidades mayores de 20 ATA y mioclonías son vistas en ratones sometidos a presiones de 80 a 90 ATA.

Cambios en EEG son manifestados por encima de presiones de 25 ATA.

Mareos, vértigo y vómito pueden ocurrir.

Las convulsiones se presentan con presiones de 80 a 100 ATA.

La patofisiología del síndrome nervioso de alta presión (SNAP) no es clara. El síndrome es primeramente el resultado de una excesiva presión per se o por el cambio de presión per se. La presencia de He no juega un papel importante en este síndrome (Harris y Cols 1985). Estudios neurosicológicos han mostrado que el efecto de la alta presión es sobre las áreas subcorticales y esto ha sido confirmado por estudios neuroanatómicos, no hay efecto directo sobre la corteza cerebral. Las convulsiones han sido observadas en animales de experimentación sometidos a 66-91 ATA. Son convulsiones motoras tónico-clónicas. Susceptibilidad no diferencial fue observada entre el sistema límbico, el tallo cerebral, o la corteza cerebral durante el monitoreo EEG (Garcia-Cabrera 1988). Los efectos anestésicos y de la alta presión son antagónicos, la presión revierte el efecto del etanol el cual actúa como un anestésico general.

La frecuencia del temblor del síndrome nervioso de alta presión es de 8-12 Hz, el cual es el mismo que el del temblor fisiológico. El temblor no desaparece con la adaptación a las profundidades.

El SNAP es influenciado por varios factores ambientales como la velocidad de compresión, las mezclas gaseosas usadas y las presiones o profundidades.

CONTRAINDICACIONES DE LA OXIGENOTERÁPIA HIPERBÁRICA.

La contraindicación absoluta para los tratamientos con oxigenoterapia hiperbárica (OHB) es el neumotórax no resuelto quirúrgicamente antes de iniciar la descompresión.

Existen una serie de condiciones en las que se debe tener precaución con la OHB, pero que no representan contraindicaciones:

Infecciones vías respiratorias/sinusitis crónica/enfisema con oxígeno/historia de neumotórax espontáneo/cirugía de oído/cirugía torácica/fiebre alta/lesiones asintomáticas de tórax observables a rayos x/infecciones viricas/esferocitosis congénita/neuritis óptica/mujeres embarazadas en los tres primeros meses (por peligro de fibroplasia retrolental).

En todos estos procesos se debe valorar la urgencia o no del tratamiento con OHB en cada caso.

TEST Y DESCOMPRESION EN SUPERFICIE.

DESCOMPRESIÓN EN SUPERFICIE.

Otra finalidad de la Cámara hiperbárica es la realización de la descompresión en superficie. Estos métodos de descompresión en superficie consisten en reducir las paradas en agua al mínimo o eliminarlas, efectuándose la mayor parte de la descompresión en la cámara hiperbárica.

VENTAJAS:

1.- Comodidad y seguridad del buzo en situaciones de frío intenso, mala mar, agotamiento físico.

2.- Empleo de oxígeno puro, lo que reduce considerablemente el tratamiento de descompresión.

3.- En casos de emergencia, cuando el buceador con equipo autónomo agotado emerge a superficie para obtener un nuevo equipo cargado. En este caso la descompresión siguiente al intervalo en superficie es preferible hacerlo en cámara.

La descompresión en superficie pueda hacerse con dos métodos diferentes:

1.- DESCOMPRESIÓN CON OXÍGENO.

El intervalo en superficie es de 5 minutos, lo que incluye:

1 minuto desde 9 mts a superficie.

3 $\frac{1}{2}$ minutos para embarcar y desvestir al buzo.

$\frac{1}{2}$ minuto para recomprimir al buzo a 12 mts en la cámara.

2.- DESCOMPRESIÓN CON AIRE.

En este caso el intervalo en superficie debe ser menor de 3 $\frac{1}{2}$ minutos.

Este método de descompresión en superficie solo es empleado cuando no se dispone de oxígeno en la cámara. No ofrece ahorro de tiempo de descompresión, solo supone mayor comodidad para el buzo.

En caso de agotarse el oxígeno podemos continuar con una descompresión en superficie con aire, para ello pasamos en 2 minutos de la Tabla VII a la VIII, sin tener en cuenta el tratamiento que llevaba respirando oxígeno.

TEST.

Otro empleo de la cámara hiperbárica es la realización de pruebas para la selección de alumnos en los cursos de buceo. Estas pruebas suelen ser del tipo:

a).- Soportar 4 Kgrs/cm² en cámara respirando aire.

b).- Respirar oxígeno a presión de 1.8 Kgrs/cm² durante 20 minutos.

Estas pruebas pueden permitirnos valorar el psicotipo del aspirante. El buceador debe ser una persona equilibrada emocionalmente y con una capacidad intelectual media. Los problemas y sorpresas que se presentan bajo el agua, tal vez canales en tierra, sólo pueden ser atajados si se mantiene la serenidad, en todo momento. Por este motivo es importante observar la conducta del futuro escañandrista en un medio adverso y estresante como la cámara hiperbárica.

La recompresión en la cámara hiperbárica durante la selección de aspirantes también nos valora el funcionamiento del oído, elasticidad timpánica, y la permeabilidad tubarica, lo que permitirá equilibrar la presión existente en la caja del tímpano y el exterior, caso de un buen funcionamiento de las estructuras arriba mencionadas.

4.- ELECTROCARDIOGRAFO.

El Electrocardiógrafo existe en base a estudios y pruebas previamente realizados de ramas tan diversas como la medicina la electrónica y algunas otras. Nuestro proyecto realizara las mismas funciones del electrocardiógrafo pero con las ventajas que nos proporciona la computadora y la tecnología que tiene que ver con la elaboración del proyecto. No pretendemos elaborar dispositivos que pongan en riesgo la integridad del ser humano, por lo tanto las pruebas que se harán deberán ser exactas confiables y seguras para lograr un éxito rotundo en el mismo.

El electrocardiograma es una gráfica que muestra la actividad del músculo cardiaco y su interpretación debe realizarse por un cardiólogo especializado, siendo en ocasiones muy laboriosa.

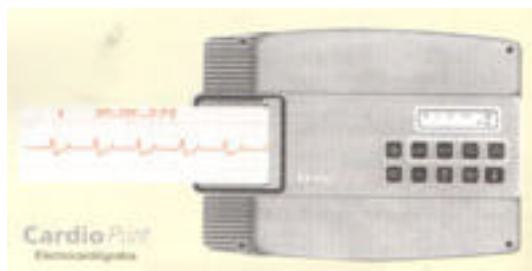


FIGURA 5: Electrocardiograma.

Fuente: [Http://www.mercymiami.com/spanish/special/cardiac/celectro.html](http://www.mercymiami.com/spanish/special/cardiac/celectro.html).

Lo novedoso y práctico de este proyecto es el utilizar una computadora personal donde se lleva acabo el procesamiento y registro final de la señal del electrocardiograma, mostrándose el resultado del proceso con las

capacidades y ventajas que da el sistema de cómputo y que podrían auxiliar grandemente al especialista.

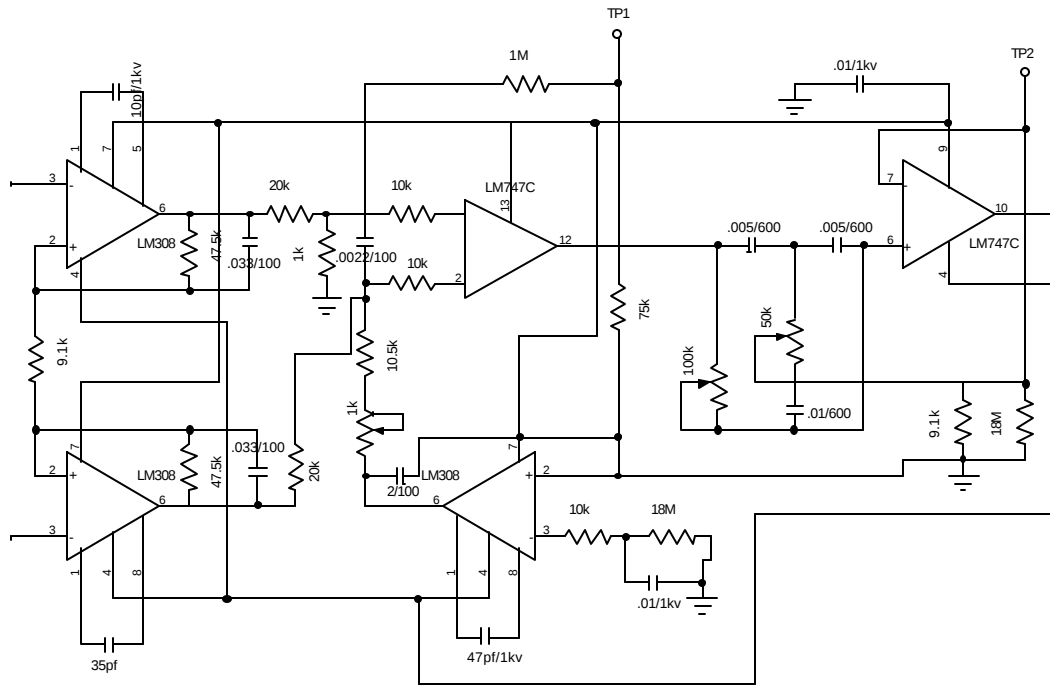


FIGURA 6: Diagrama del Electrocardiógrafo.

Fuente: Girón y Graterol (2001). "Diseño de una interface para el monitoreo de un paciente sometido a tratamiento en una Cámara Hiperbárica".

Otras etapas que forman el sistema son:

Circuito de Protección y Aislamiento.- Protege al paciente de corrientes peligrosas que se pudieran generar en el electrocardiógrafo. Proporciona un aislamiento entre los electrodos, la máquina y las líneas de alimentación.

Selector de Electrodo.- Su función es determinar cuales electrodos son necesarios para una derivación particular. Esta es la parte del electrocardiógrafo en las que se hacen las conexiones para la terminal central.

Señal de Calibración.- Es una señal de 1mV que puede ser introducida en el electrocardiógrafo por el operador, simplemente presionando un botón y dando oportunidad a la calibración del equipo.

Preamplificador.- Aquí inicia la amplificación del ECG. Esta etapa debe tener muy alta impedancia de entrada y alta razón de rechazo de modo común. Esto se logra usando amplificadores operacionales en su arreglo diferencial.

Circuito de Aislamiento.- Esta circuitería contiene una barrera al paso de corriente de 60 Hz. Por ejemplo: Si el paciente tiene contacto con la línea de 120 V. esta barrera lo protegería de corrientes peligrosas que fluirían por el paciente y el amplificador a la tierra del dispositivo de registro.

Convertidor Analógico/Digital.- En este circuito se hace la conversión de señal para hacer posible que la computadora pueda procesar los datos que a ella lleguen.

5.- TEMPERATURA.

Se puede decir que la temperatura es el grado de calor o frío de los cuerpos. Según Castell, la temperatura del cuerpo humano se puede establecerse midiendo la temperatura de forma rectal, bucal o axilar; en los dos últimos casos la temperatura medida es inferior en 0.5°C a la rectal. Esta es normalmente inferior a 37°C por la mañana y es más elevada por la tarde.

Uno de los primeros intentos para hacer un estándar de temperaturas ocurrió alrededor de AD 170, cuando Galeno, en sus notas médicas, propone un estándar de temperatura "neutral" completando cantidades iguales para la ebullición del agua y el hielo. Sobre cualquier lado de esta temperatura tenía cuatro grados de calor y cuatro grados de frío respectivamente.

No fue hasta 1724 que Gabriel Fahrenheit usó mercurio como líquido termométrico. La expansión térmica del mercurio es amplia y suavemente uniforme, esto permite que no se adhiera al vidrio y permanece líquido ante un amplio rango de temperaturas. Su apariencia plateada hace que sea fácil de leer. Fahrenheit midió el punto de ebullición del agua obteniendo 212. Después adjudicó el punto de congelamiento del agua a 32 así que el intervalo entre el punto de congelamiento y ebullición del agua puede ser representado por el número racional 180. Temperaturas medidas sobre esta escala son designadas como **grados Fahrenheit (°F)**.

En 1745 Carlos Linneo de Upsala, Suecia, describió una escala en la cual el punto de congelamiento del agua era 100 y el punto de ebullición cero haciendo esto una escala centígrada. Anders Celsius (1701-1744) usó la escala al revés en la cual cero representó el punto de congelamiento y 100 el punto de ebullición del agua, manteniendo los 100 grados entre los dos puntos. En 1948 el término Grado Centígrado fue reemplazado por el de Grados Celsius. Temperaturas medidas sobre una escala centígrada, con el punto de congelamiento del agua como cero, son designadas como **grados Celsius (°C)**.

En 1933, El Comité Internacional de Pesos y Medidas adoptó como punto fijo el punto triple del agua, (la temperatura a la cual el hielo, agua líquido y vapor coexisten en equilibrio), este valor es 273,16, la unidad de temperatura de esta escala fue llamada Kelvin, por Lord Kelvin, y su símbolo es K. (no utiliza grados).

En esta investigación medimos la temperatura del paciente durante todo el tratamiento a través de un circuito que cumple la función de un termómetro digital.

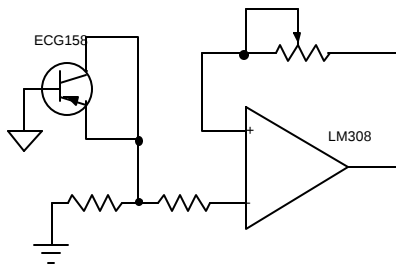


FIGURA 7: Diagrama del Termómetro.

Fuente: Girón y Graterol (2001). "Diseño de una interface para el monitoreo de un paciente sometido a tratamiento en una Cámara Hiperbárica".

6.- PRESION ARTERIAL.

La presión arterial es la fuerza ejercida por la sangre circulante sobre las paredes de las arterias provocando en ellas una distensión o tono denominado tensión arterial.

Existen dos tipos de presión arterial:

Presión arterial Sistólica: Es la presión existente en las arterias como consecuencia de la contracción de los ventrículos, es decir, en la sístole ventricular (presión máxima).

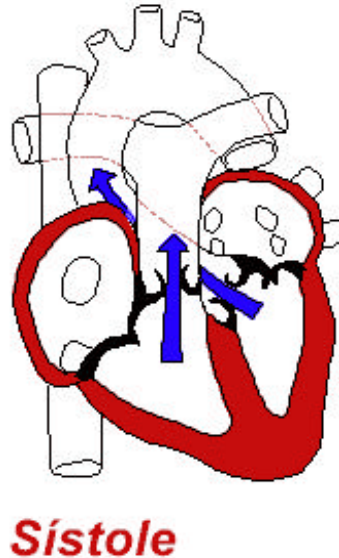


FIGURA 8: Sístole Ventricular.

Fuente: [Http://www.2.uca.es/escuela/ciencias_salud_alg/multimedia/presion_arterial/fact_controlan/index.htm](http://www.2.uca.es/escuela/ciencias_salud_alg/multimedia/presion_arterial/fact_controlan/index.htm).

Presión arterial Diastólica: Es la presión existente en las arterias en el momento en que los ventrículos se encuentran relajados, es decir, durante la diástole ventricular (presión mínima). La diferencia entre ambas presiones recibe el nombre de presión diferencial y representa la presión del pulso.

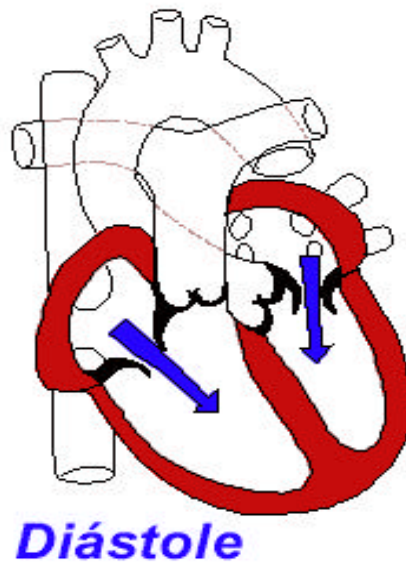


FIGURA 9: Diástole Ventricular.

Fuente: [Http://www.2.uca.es/escuela/ciencias_salud_alg/multimedia/presion_arterial/fact_controlan/index.htm](http://www.2.uca.es/escuela/ciencias_salud_alg/multimedia/presion_arterial/fact_controlan/index.htm).

La presión arterial se mide en milímetros de mercurio (mm Hg) y se registra en fracciones, anotándose en primer lugar la cifra correspondiente a la presión arterial sistólica y en segundo lugar, la correspondiente a la presión arterial diastólica, p. ej. 120/80.

En esta investigación le tomamos la presión arterial al paciente durante todo el tratamiento a través de un circuito que cumple la función de un tensiómetro digital.

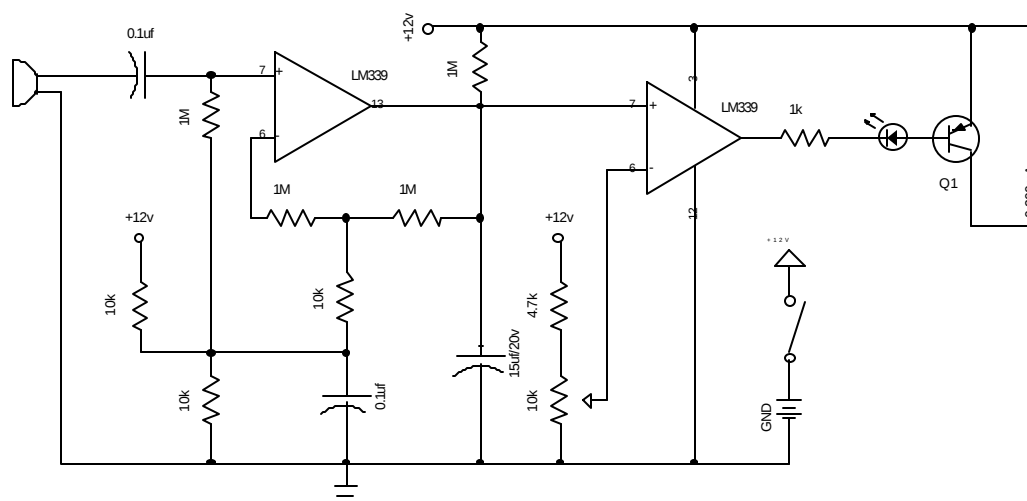


FIGURA 10: Sensor de sonido. (Tensiómetro)

Fuente: Girón y Graterol (2001). "Diseño de una interface para el monitoreo de un paciente sometido a tratamiento en una Cámara Hiperbárica".

El mantenimiento de una adecuada presión arterial es de gran importancia para el buen funcionamiento del sistema circulatorio. La hipertensión es la alteración más frecuente de la presión arterial y supone un factor de riesgo importante.

La presión arterial está causada por las contracciones periódicas del ventrículo cardíaco izquierdo en su función de bombear la sangre hacia todo el organismo a través de las arterias.

Se denomina tensión arterial a la resistencia que ofrecen las paredes de las arterias al paso de la sangre impulsada por el corazón.

En cada latido del corazón se produce una onda de presión máxima llamada presión sistólica, cuando la sangre es impulsada por la arteria pulmonar y la aorta, mientras que la presión mínima o la llamada presión

diastólica es la que se detecta cuando el corazón está totalmente distendido y lleno de sangre.



FIGURA 11: Tensiómetro

Fuente: www.salonhogar.com/ciencias/biologia/circulatorio/tension.htm.

PRESION NORMAL

La presión sanguínea puede variar considerablemente en diversas circunstancias. Por lo general, aumenta con la edad y también con el estrés. Al efectuar la medida de la presión se dan dos valores: la máxima (presión sistólica) y la mínima (presión diastólica).

Así, para una persona adulta (joven o de mediana edad) se considera que una presión normal es de 120 y 80 (que se expresa por 120/80), donde, evidentemente, 120 es la presión máxima y 80 la mínima. Se puede considerar que sufre cierta hipertensión (tensión sanguínea elevada) si alcanza 140/90, y requiere tratamiento médico sin demora si sus valores son 160/95.

HIPERTENSION

Existe hipertensión cuando el corazón bombea sangre hacia las arterias con una fuerza superior a la necesaria para mantener un flujo sanguíneo continuo. Hay dos formas distintas de hipertensión: la esencial y la secundaria. Se denomina hipertensión esencial (la más frecuente) aquella que se presenta sin que exista razón aparente que la motive; no obstante, hay factores que comparten quienes padecen esta forma de hipertensión: además de existir cierta predisposición hereditaria, por lo general se trata de personas con un peso excesivo, fumadores y sometidos a situaciones de estrés. La llamada hipertensión secundaria es aquella que está causada por ciertas afecciones, como las enfermedades renales y los trastornos hormonales; también son causa de hipertensión secundaria el embarazo y la toma de anticonceptivos orales.

No existen síntomas característicos de la hipertensión moderada, pues sólo se aprecian palpitaciones y dolor de cabeza cuando la presión alcanza valores muy altos. Por dicha razón, es aconsejable que las personas mayores y con predisposición a sufrir hipertensión controlen su presión arterial de forma regular, preferentemente con una periodicidad mensual

Complicaciones

El principal peligro de una presión alta mantenida durante muchos años consiste en el accidente cardiovascular. El continuado ejercicio forzado del corazón produce lesiones en el interior de las arterias coronarias

favoreciendo el depósito de sustancias grasas (ateroma) y el estrechamiento y posible bloqueo que puede dar lugar a una trombosis coronaria. La persona hipertensa tiene, además, un elevado índice de riesgo de sufrir insuficiencia cardíaca congestiva o apoplejía. Los riñones también se ven afectados por una tensión elevada, pudiendo producirse una insuficiencia renal crónica que, a su vez, es causante de hipertensión, con lo cual se crea un círculo vicioso de difícil tratamiento.

Tratamiento.

Los fármacos que el médico suele prescribir para el tratamiento de la hipertensión son, por lo general, betabloqueantes, diuréticos y vasodilatadores. Los betabloqueantes actúan reduciendo la acción de la adrenalina, los diuréticos estimulan la producción de orina, lo cual facilita la pérdida de sal por los riñones, y los vasodilatadores disminuyen la resistencia de las paredes arteriales. Estos fármacos deben tomarse siempre bajo prescripción facultativa, siguiendo las indicaciones con exactitud.

La dieta tiene una influencia considerable en el tratamiento de la hipertensión. Debe evitarse el consumo excesivo de sal y de alimentos muy condimentados.

COMO CONTROLAR LA HIPERTENSION

Si una persona sufre hipertensión esencial o mantiene de forma prolongada una presión elevada, puede adoptar una serie de medidas que redundarán positivamente en un mejor control de su tensión.

Dejar de fumar o, por lo menos, reducir el consumo de tabaco, pues la nicotina actúa de forma rápida, aumentando la presión sanguínea.

Reducir la cantidad de sal en las comidas y evitar el consumo de embutidos y salazones.

Evitar el estrés, huyendo de las preocupaciones que lo causen, del trabajo obsesivo y del ejercicio violento y agotador.

Si su peso es excesivo, seguir una dieta adecuada para alcanzar el peso ideal o, por lo menos, para no sobrepasarlo en demasía.

Consumir alcohol de forma muy moderada.

Practicar algún tipo de ejercicio moderado, preferentemente al aire libre.

HIPOTENSION

De mucha menor frecuencia que la hipertensión, la presión sanguínea baja (hipotensión) constituye un trastorno que tiene escasa importancia.

Cuando aparece de forma súbita puede provocar aturdimientos, mareo e incluso desmayo.

La forma más habitual es la denominada hipotensión postural, que se presenta al levantarse rápidamente de la cama o de un sillón. El cambio brusco de posición causa, como acto reflejo, una contracción de los vasos sanguíneos con la consiguiente falta de irrigación del cerebro.

Entre las causas de hipotensión cabe mencionar algunas enfermedades, como la diabetes y la arteriosclerosis, y la sobredosificación de algunos fármacos destinados a combatir la hipertensión.

7.- PULSACIONES.

El pulso es la expansión y contracción intermitente, repetida, rítmica y regular de las arterias, que se produce por la onda de presión causada por la impulsión de la sangre desde el corazón. En un adulto el número habitual de latidos por minuto oscila entre 50 y 100. Ciertas variaciones del ritmo constituyen la manifestación de trastornos.

Al tomar el pulso, con cada latido se aprecia la actividad del corazón, que impulsa la sangre a través de las arterias hacia todo el organismo. La fuerza inicial de cada latido se transmite a lo largo de las paredes de la totalidad del sistema arterial, que se expanden debido a su elasticidad, contrayéndose seguidamente.

En esta investigación utilizamos un circuito para poder medir las pulsaciones cardíacas del paciente durante su tratamiento.

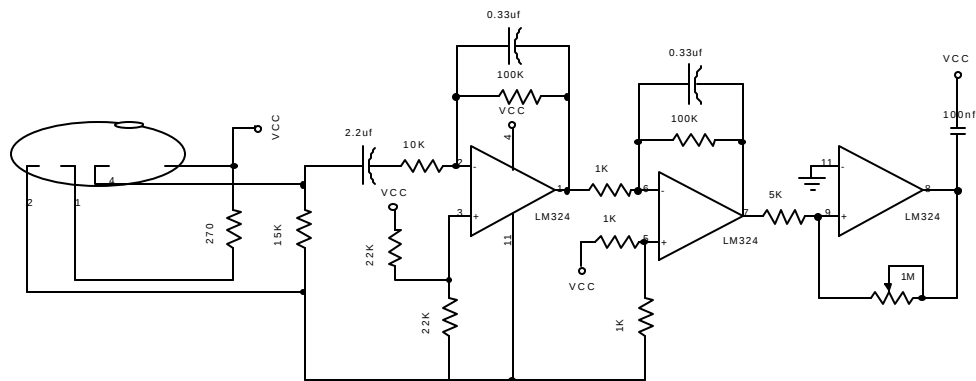


FIGURA12: Sensor de pulsaciones Cardíacas.

Fuente: Girón y Graterol (2001). "Diseño de una interface para el monitoreo de un paciente sometido a tratamiento en una Cámara Hiperbárica".

PUNTOS DE PALPACION DEL PULSO

El pulso se puede palpar con facilidad en diferentes puntos situados cerca de la superficie del cuerpo. El punto de palpación más habitual es el de la arteria radial de la muñeca, que se percibe en la superficie de ésta. Es conveniente tomar el pulso en este punto con uno o dos dedos (índice y corazón), pero no con el pulgar, ya que como este dedo tiene su propio pulso se puede confundir con el de la persona a la que se está examinando.



FIGURA 13: El pulso medido en la muñeca.

Fuente: [Http://www.uol.com.br/odia/ciencia/ci210102.htm](http://www.uol.com.br/odia/ciencia/ci210102.htm).

Otro punto donde el pulso puede percibirse con claridad es el de la arteria braquial, que se encuentra en la parte interna de la articulación del codo. También se puede utilizar el de la arteria temporal, por delante del pabellón auricular; el de la arteria carótida primitiva, ubicada en el cuello, a dos centímetros y medio debajo del ángulo de la mandíbula, y el de la arteria facial, en el borde inferior de la mandíbula.

Del mismo modo, la mayoría de personas puede encontrar su pulso en las ingles, en la parte posterior de las rodillas, en la parte interna del tobillo y sobre el pie.

INDICACIONES DEL PULSO

Indirectamente, el pulso permite conocer el estado de las arterias. Así, algunas enfermedades como la arteriosclerosis (endurecimiento, pérdida de elasticidad y tendencia a la obstrucción de las arterias) puede detectarse mediante el pulso: si éste es débil, o es difícil de encontrar, puede indicar la presencia de este trastorno. Esto puede comprobarse, por ejemplo, en las piernas, cuyas arterias son las más predispuestas a padecer este tipo de enfermedad.

El pulso también es índice del funcionamiento del corazón, ya que la frecuencia de cada pulsación se corresponde con cada bombeo de éste. Sin embargo, cuando los latidos del corazón son demasiado débiles para transmitirse con fuerza a lo largo de todo el sistema arterial, se establece una diferencia entre la frecuencia cardíaca y el pulso.

Cuando una persona llega a experimentar hasta 120 o más pulsaciones por minuto, se considera que padece una taquicardia, que es una respuesta normal tras un ejercicio físico intenso o ante la fiebre, aunque también puede deberse a un defecto del sistema bioeléctrico del corazón.

Una frecuencia lenta, o bradicardia, puede ser normal, en especial entre los atletas, pero si es inferior a los 50 latidos por minuto en una persona que tenía una frecuencia más alta, se convierte en motivo de alarma, sobre todo en los ancianos, ya que puede indicar que existe un bloqueo cardíaco, debido a la interrupción en la conducción de los impulsos bioeléctricos del corazón. También puede ser causada por una hiperactividad del sistema nervioso parasimpático, lo que crea una disminución de la frecuencia cardíaca, que puede dar lugar a un desmayo.

Con el examen del pulso puede diagnosticarse incluso enfermedades poco frecuentes, como ocurre cuando el pulso de las piernas se encuentra disminuido en intensidad y retraso con respecto al de los brazos, lo que puede indicar una rara malformación congénita con bloqueo de la arteria aorta. Es importante observar el ritmo entre la inspiración y la espiración.

8.- PRESION HIPERBARICA.

En esta investigación trabajamos como presión hiperbárica a la presión que se ejerce en la cámara, dicha presión es controlada por válvulas solenoides a través del computador.

La válvula solenoide de dos vías utilizada consta de las siguientes características:

Amplia gama de grados en la presión, de tallas, y de los materiales resistentes que le proporcionan una vida de servicio larga.

Válvulas de alto flujo para el líquido, aire y gas inerte.

Resistente a la erosión.

La válvula solenoide es magnética y es accionado por 24 VDC. Cuando el solenoide recibe los 24 VDC, se activa, abre un camino a partir de una cara de la válvula hacia la otra. Esto hace que el aire fluya a través de la misma y a la manguera conectada a la cámara. La bobina en este relay será activada por un voltaje de 5 VDC. Si se activa el relay, dependerá del voltaje del flip-flop. Cuando se golpea la tecla de partida, el relay conseguirá el voltaje que necesita la corriente para atravesarla y abrir la válvula. Cuando se golpea el botón de paro, el relay no conseguirá el voltaje requerido y la válvula se cerrará.



FIGURA 14 : Válvulas Solenoide de 2 vías.

Fuente: www.asco.smartcats.com/sc_app/

Dimensiones:

Constr. Refs. No.		H	K	L	P	W
1*	Ins.	3.85	3.00	1.91	3.41	1.69
	mm.	98	76	49	87	43
2*	Ins.	4.17	3.25	2.28	3.63	1.69
	mm.	106	83	58	92	43
3	Ins.	4.44	3.22	3.75	4.19	5.81
	mm.	113	82	95	106	147
5	Ins.	3.84	2.31	2.75	3.28	2.28
	mm.	98	59	70	83	58
9*	Ins.	3.66	2.10	2.81	2.96	2.28
	mm.	93	53	71	75	58
10*	Ins.	5.25	X	2.81	4.59	2.31
	mm.	133	X	71	117	59
11*	Ins.	4.16	2.66	3.84	3.52	2.75
	mm.	106	68	98	89	70
12	Ins.	5.64	3.15	3.75	4.01	3.36
	mm.	143	80	95	102	85
15*	Ins.	5.34	x	3.75	4.47	3.84
	mm.	136	x	95	114	98
16	Ins.	5.64	3.15	3.66	4.01	3.56
	mm.	143	80	93	102	90
18	Ins.	6.11	3.30	4.38	4.16	3.92

	mm.	155	84	111	106	100
20*	Ins.	7.33	3.71	5.06	4.57	4.87
	mm.	186	94	129	116	124
21*	Ins.	7.33	3.71	5.50	4.57	4.87
	mm.	186	94	140	116	124
23	Ins.	4.35	2.55	2.75	3.79	2.28
	mm.	110	67	70	96	58
24	Ins.	5.06	x	3.78	4.44	2.75
	mm.	129	x	96	113	70
25	Ins.	4.64	2.81	2.81	3.94	2.28
	mm.	118	71	71	100	58
26	Ins.	6.53	x	3.75	4.91	3.19
	mm.	166	x	95	125	81
36	Ins.	7.66	x	4.38	6.56	3.91
	mm.	1.95	x	111	167	99
37	Ins.	4.61	2.75	2.81	3.89	2.39
	mm.	117	70	71	99	61
38	Ins.	4.61	2.75	2.81	3.89	2.39
	mm.	117	70	71	99	61
39	Ins.	5.42	2.31	2.75	4.86	3.80
	mm.	138	59	70	123	97
40	Ins.	5.20	3.29	2.81	4.50	2.28
	mm.	132	83	71	114	58
51	Ins.	8.13	4.15	5.50	5.37	5.18
	mm.	207	105	140	136	132

TABLA 1: Dimensiones de la válvula solenoide de 2 vías.

Fuente: www.asco.smartcats.com/sc_app/

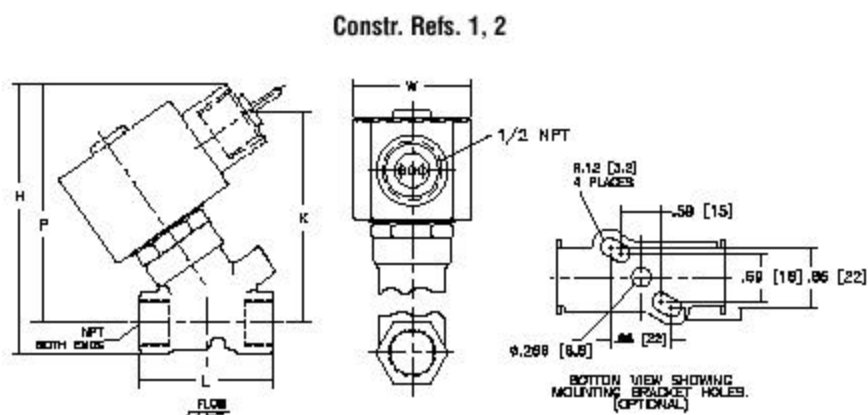


FIGURA 15: Dimensiones. Constr. Refs. 1,2.

Fuente: www.asco.smartcats.com/sc_app/

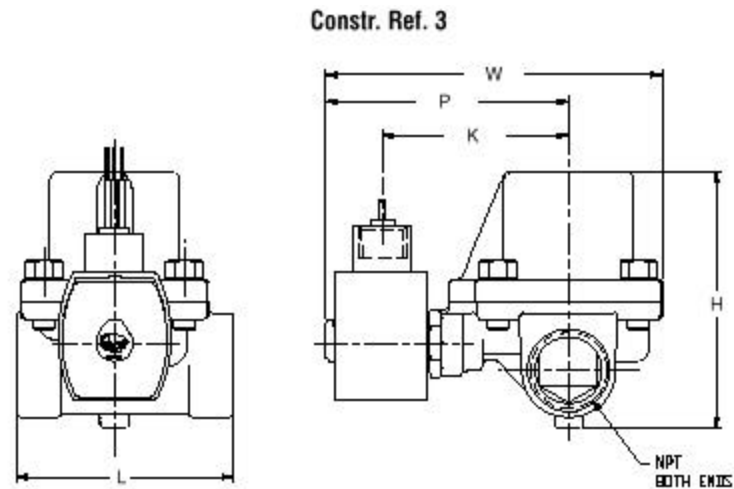


FIGURA 16: Dimensiones. Constr. Refs. 3.
Fuente: www.asco.smartcats.com/sc_app/

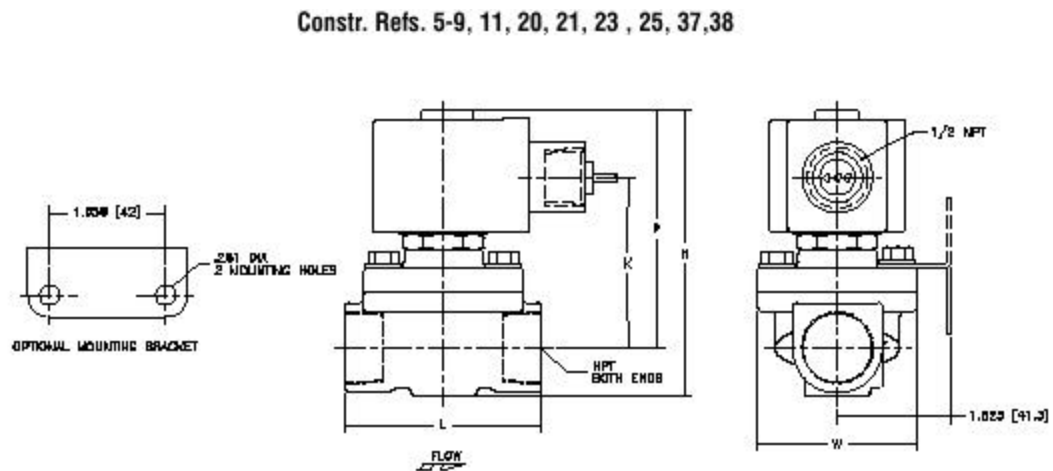
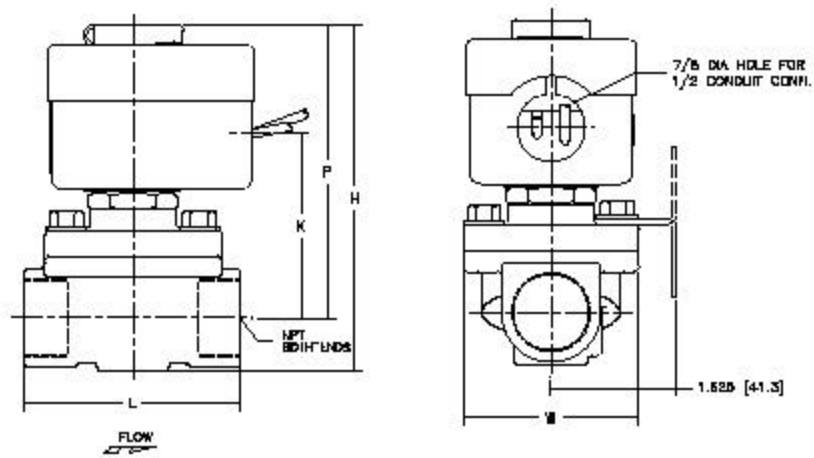
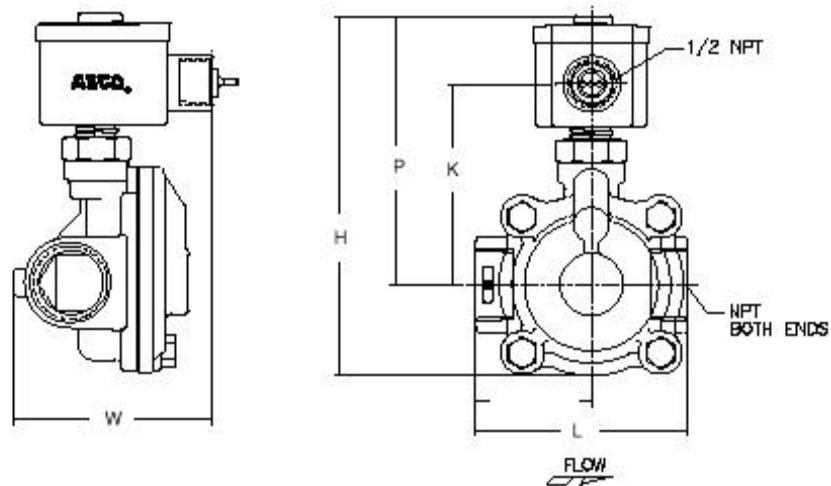


FIGURA 17: Dimensiones. Constr. Refs. 5-9,11,20,21,23,25,37,38.
Fuente: www.asco.smartcats.com/sc_app/

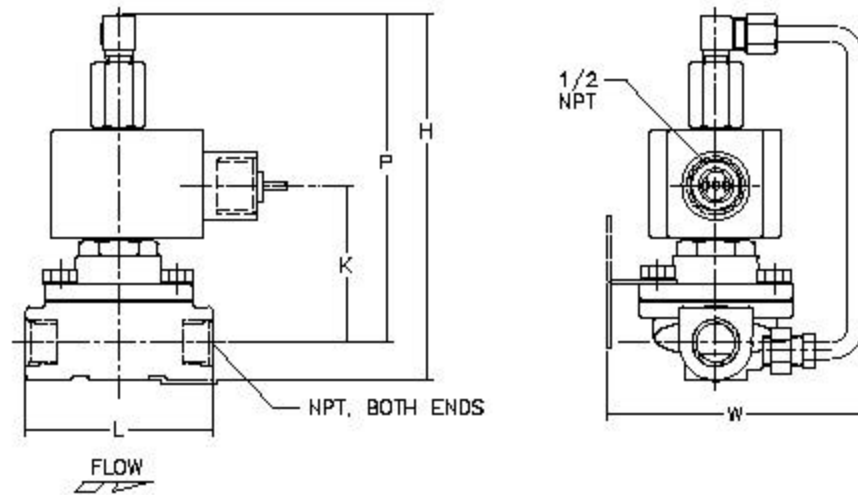
Constr. Refs. 10, 15, 24, 26-36

**FIGURA 18:** Dimensiones. Constr. Refs. 10,15,24,26-36.Fuente: www.asco.smartcats.com/sc_app/

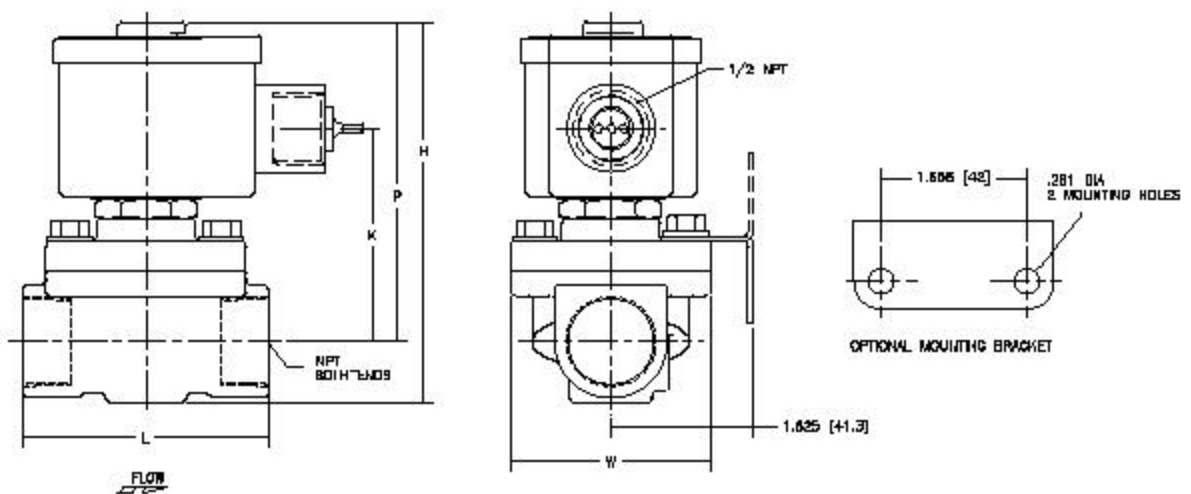
Constr. Refs. 12, 16, 18

**FIGURA 19:** Dimensiones. Constr. Refs. 12,16,18.Fuente: www.asco.smartcats.com/sc_app/

Constr. Refs. 39

**FIGURA 20:** Dimensiones. Constr. Refs. 39.Fuente: www.asco.smartcats.com/sc_app/

Constr. Refs. 40-51

**FIGURA 21:** Dimensiones. Constr. Refs. 40,51.Fuente: www.asco.smartcats.com/sc_app/

9.- FILTROS.

Un filtro es un circuito diseñado para dejar pasar una banda de frecuencia especificada, mientras atenúe todas las señales fuera de esta banda. Los circuitos de filtros pueden ser activos o pasivos.

Los circuitos de filtros pasivos contienen sólo resistores, inductores y capacitores. Los circuitos de filtros activos, emplean transistores o amplificadores operacionales más resistores, inductores y capacitores. Los inductores no se utilizan a menudo en los filtros activos, debido a que son voluminosos, costosos y pueden tener componentes resistivos grandes. El elemento activo más popular para la construcción de estos filtros es el *amplificador operacional*, que procura mantener una impedancia elevada a su entrada y una fuente de tensión en la salida.

El filtro *Butterworth* es el más adecuado para este tipo de aplicaciones, también se denomina filtro de máximo plano o plano - plano.

En este caso se utilizará un filtro butterworth pasabajas de -60db/década , está construido con un filtro pasabajas de -40db/década en cascada con otro de -20db/decada para dar una atenuación global de -60db/década . La ganancia global en lazo cerrado = A_{cl} es la ganancia del primer filtro multiplicado por la ganancia del segundo.

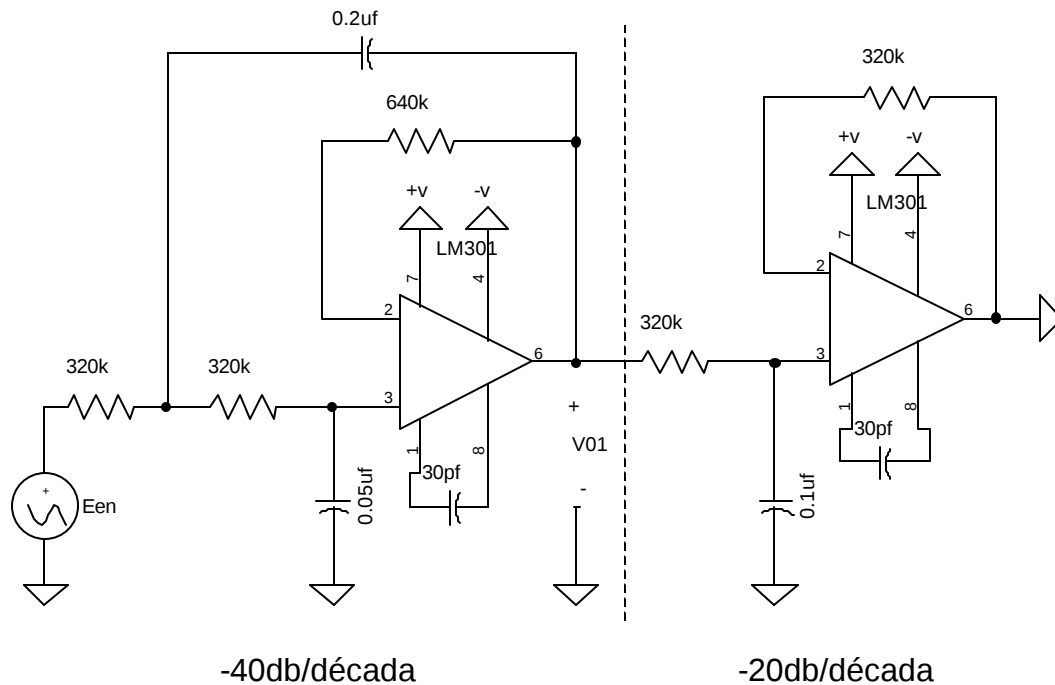


FIGURA 22: Filtro Butterworth.

Fuente: Girón y Graterol (2001). "Diseño de una interface para el monitoreo de un paciente sometido a tratamiento en una Cámara Hiperbárica".

D.- DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS.

Actinomicosis: Enfermedad de los animales, que puede transmitirse al hombre, caracterizada por la presencia de formaciones seudotumorales con supuración, sobre todo en la lengua, las mucosas y la piel. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Aerobios: Aplicase al ser vivo que necesita del aire para subsistir. (Enciclopedia Visor, 1999).

Álcalis: Nombre genérico dado a los óxidos e hidróxidos de los metales alcalinos. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Amonio: Radical hipotético de fórmula NH_4 , clasificado por sus propiedades entre los metales alcalinos. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Anaerobios: 1- Aplicase al ser que puede y desarrollarse sin aire, y especialmente sin oxígeno. 2- Bacteria que solo se desarrolla en ausencia de oxígeno (anaerobio obligado o estricto) o que tolera la presencia de una pequeña cantidad del mismo (anaerobio facultativo). Más del 90% de los gérmenes de la flora normal de la boca y del colon son anaerobios. (Enciclopedia Visor, 1999).

Aórtico: Perteneciente o relativo a la aorta. (Aorta: Arteria que nace del ventrículo izquierdo del corazón; es la mayor del cuerpo). (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Ata: Atmósferas absolutas.

Barotrauma: Conjunto de perturbaciones graves provocadas por una variación demasiado fuerte y rápida de la presión. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Bradicardia: Ritmo excesivamente lento de la contracción cardiaca (menos de 60 pulsaciones por minuto). Puede ser patológica o fisiológica. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Cámara: Habitación privada utilizada para practicar tratamientos de diferentes propósitos. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Cámara de descompresión: Recinto herméticamente cerrado en el que se puede hacer un vacío parcial para reducir la presión interior a niveles inferiores al atmosférico. (Enciclopedia Visor, 1999).

Carótidos: Se dice de cada una de las dos arterias, propias de los vertebrados que, por los lados del cuello, llevan la sangre a la cabeza. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Catecolaminas: Amina vasoconstrictiva. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Cistitis: Inflamación catarral de la mucosa vesical de la vejiga urinaria. (Enciclopedia Visor, 1999).

Citocromo: Pigmento celular que contiene hierro y que desempeña un papel esencial en la respiración celular. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Claustrofobia: Temor a permanecer en lugares cerrados. El individuo afectado de esta neurosis fóbica experimenta sensación de angustia y ahogo, a veces intensa. Su origen se halla en un sentimiento inconsciente de culpabilidad, unido a pulsaciones sexuales y el aislamiento que exige el autoerotismo. Esta neurosis requiere un tratamiento psicoanalítico. (Enciclopedia Visor, 1999).

Clostridium: Género de bacilos esporulados anaerobios, que viven en el suelo y se hallan ampliamente difundidos en la naturaleza. Consta de numerosas especies, varias de ellas patógenas, caracterizada por producir toxinas generalmente mortales. (Enciclopedia Visor, 1999).

Disnea: Sensación de falta de aire; aparece cuando el suministro de oxígeno a través de la respiración y la circulación no es suficiente. La disnea depende la estimulación del centro respiratorio bulbar, provocada por un exceso de anhídrido carbónico en la sangre, al que es susceptible de reaccionar por medio de quimiorreceptores existentes en las venas yugulares; además, puede producirse por el pasmo de la musculatura bronquial (asma), por la presencia de exudado en los alvéolos pulmonares (neumonía), así como por insuficiencia cardíaca. (Enciclopedia Visor, 1999).

Diuresis: Secreción de la orina. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Electromedicina: Concepto generalizado para todas las formas de aplicación diagnóstica y terapéutica de la electricidad en la medicina, como electrodiagnóstico, electrocirugía, electroterapia. (Enciclopedia Visor, 1999).

Embolismo: Tendencia a la producción de embolias que aparece sobre todo en ciertas enfermedades, como la arteriosclerosis, la estenosis mitral o la flebitis. (Enciclopedia Visor, 1999).

Enclavada: Dícese de las estructuras que no pueden moverse por tener bloqueadas sus posibilidades de movimiento. Se aplica sobre todo al feto cuando no puede salir durante un parto distócico, así como a las amígdalas del cerebelo cuando quedan atoradas en el hueco occipital a causa de una función lumbrar descompresiva. (Enciclopedia Visor, 1999).

Enfisema: Estado patológico de un tejido, producido por la presencia o aumento anormales de gas o aire en su interior. (Enciclopedia Visor, 1999).

Enteritis: Inflamación de la mucosa intestinal, acompañada de diarrea y a veces de hemorragia. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Eritrocito: Glóbulo rojo de la sangre. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Esclerosis múltiple: Enfermedad progresiva, incurable, caracterizada por desmielinización y presencia de placas de esclerosis diseminadas por las fibras nerviosas en los centros nerviosos, el encéfalo y la médula espinal. Los trastornos básicos son parálisis espástica de los miembros inferiores, temblor intencional, alteración de la voz (descomponen las palabras en sílabas, pronunciándolas separadamente). Suele aparecer en los primeros años de la edad adulta y cursa con períodos de exacerbación y remisión. (Enciclopedia Visor, 1999).

Esferocitosis: Presencia de esferocitos en la sangre. Puede presentarse en algunas anemias hemolíticas, pero es típica la forma hereditaria, enfermedad de transmisión autosómica dominante, caracterizada por una alteración en la membrana del hematú, que se torna frágil, produciéndose una anemia por destrucción de los glóbulos rojos, con ictericia. (Enciclopedia Visor, 1999).

Fagocitosis: Sistema de captura de ingestión de particular sólidas o microorganismo mediante la emisión pseudópodos. Es practicados por las anebas y otros protozoos además de los leucocitos de la sangre que fagocitan partículas extrañas al organismo. La acumulación de fogocitos,

bacterias y residuos de células muertas en las áreas infectadas constituyen el pus. (Enciclopedia Visor, 1999).

Fibroplastia retrolental: Afección que afecta a los vasos de la retina en los prematuros que están oxigenados a altas concentraciones y que lleva a la formación de tejido fibroso y desprendimiento de la retina cuando el niño es trasladado aun ambiente natural poco oxigenado. Afecta a ambos ojos, con una gran variedad en la evolución de la enfermedad. (Enciclopedia Visor, 1999).

Fisiopatología: Estudio de las alteraciones funcionales. (Enciclopedia Visor, 1999).

Fosfolípidos: Lípido fosforado, presente en todas las células vivas, cuyo papel metabólico es muy importante. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Habitáculo: Sitio o localidad de condiciones apropiadas para que viva una especie animal o vegetal. (Enciclopedia Visor, 1999).

Hematuria: Presencia de sangre en la orina, que adquiere coloración rojiza, debido a enfermedades del riñón o de las vías urinarias (inflamaciones, tuberculosis, tumores, cálculos, etc.). (Enciclopedia Visor, 1999).

Hidrostática: Parte de la física que estudia las condiciones de equilibrio de los líquidos. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Hiperbárico(a): Técnica que se realiza con una presión superior a la presión atmosférica. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Hipercapnia: Incremento patológico de la tasa de dióxido de carbono (CO₂) en la sangre. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Hiperoxia: Estado que presenta un organismo sometido a un régimen respiratorio con exceso de oxígeno. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Hipocapnia: Disminución de la tasa de dióxido de carbono (CO₂) en la sangre. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

In Vitro: En el laboratorio, fuera del organismo vivo. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Inhibición: Suspensión temporal o definitiva de la actividad de un órgano, de un tejido o de una célula. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Intravasculares: Propio del interior de los vasos o relativo a ellos. (Enciclopedia Visor, 1999).

Isquemia: Anemia local; interrupción del aparato sanguíneo arterial a una zona, y estado consecutivo a esta situación. Puede tener carácter transitorio, como ocurre después de un gran esfuerzo, o permanente, en cuyo caso el tejido afectado resultará importado, y la gravedad dependerá de su localización y extensión. (Enciclopedia Visor, 1999).

Lecitina: Fosfolípido presente en numerosas células del organismo y en la yema de huevo. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Lepra lepromatosa: Enfermedad infecciosa de declaración obligatoria, provocada por un agente similar a la bacteria de la tuberculosis. Se forman tumores leprosos, especialmente en la cara, que, a causa de su aspecto

característico se denomina también cara de león, o bien manchas irregulares sobre la piel. (Enciclopedia Visor, 1999).

Mielitis: Inflamación, aguda o crónica, de la médula, y especialmente de la espinal; la inflamación de la médula ósea se denomina más comúnmente osteomielitis. (Enciclopedia Visor, 1999).

Necrosis: Muerte de las células de un tejido, de un órgano o de parte del mismo. Generalmente las causas son vasculares, debido a trastornos de la circulación, por isquemia o por hiperemia pasiva, aunque también puede ser debido a agentes químicos o físicos. (Enciclopedia Visor, 1999).

Neumotórax: Presencia de aire o gas en la cavidad pleural. (Enciclopedia Visor, 1999).

Neuritis: Procesos morbosos de los nervios periféricos acompañados de trastorno de la conducción y lesiones anatómicas, parte inflamatorias y parte degenerativas, que ocasionan fenómenos de destrucción de los axones y vainas mielínicas. Se distinguen en mononeuritis, neuritis diseminadas (afectación de varios nervios) y polineuritis (enfermedad simétrica de varios nervios en determinada disposición y casi siempre distal, simétrica y dolorosa). (Enciclopedia Visor, 1999).

Oleato: Sal o éster del ácido oleico. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Oxigenoterapia: Administración terapéutica de oxígeno. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Oxihemoglobina: Compuesto que asegura el transporte de oxígeno de los alvéolos pulmonares a las células, y que da a la sangre su color rojo vivo. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Pioderma gangrenoso: Es una enfermedad de la piel producida por gérmenes piógenos, en donde se presentan células muertas en una zona del organismo. (Enciclopedia Visor, 1999).

Proctitis: Inflamación del recto y el ano por una infección, traumatismo, fármacos, alergia o radiación. (Enciclopedia Visor, 1999).

Prona: Inclinado excesivamente a una cosa. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Quimiorreceptora: Órgano o región del cuerpo sensible a los excitantes químicos. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Retinopatía: Afecciones de la retina que pueden ser constantes a distintas enfermedades. De hecho puede manifestarse en casos de arteriosclerosis, hipertensión, diabetes, etc. Se puede poner de manifiesto en un examen oftalmológico en el cual se observa el “Fondo del ojo”: las arterias, venas y la pupila. A la retinopatía se asocian generalmente diferentes trastornos como la disminución de la vista, escotomas y otros. (Enciclopedia Visor, 1999).

Sinusitis: Inflamación de la mucosa que reviste los senos craneofaciales. Con frecuencia, la inflamación se propaga a partir de la mucosa nasal, en la que han tenido lugar una rinitis aguda o alteraciones anatómicas, como

desviaciones septales, hipertrofia de los cornetes, etc. El primer factor origina una afectación aguda y los demás, crónica. (Enciclopedia Visor, 1999).

Tirosina: Ácido aminado muy frecuentemente en las proteínas. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Tocoferol: Sinónimo de vitamina B. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Urea: Principio que contiene gran cantidad de nitrógeno y constituye la mayor parte de la materia orgánica contenida en la orina. (Diccionario Enciclopédico Castell4, 1985).

Vasoconstricción: Disminución de la luz de los vasos sanguíneos por contracción de la musculatura lisa de sus paredes. El fenómeno de la vasoconstricción permite autorregular el flujo de sangre a todos los órganos. (Enciclopedia Visor, 1999).

E.- VARIABLES DE ESTUDIO.

INTERFAZ:

Definición Conceptual: Intercomunicación para hacer compatibles dos equipos con características diferentes, tanto por lo que se refiere al tipo, número y misión de los circuitos a interconectar, como al tipo y forma de las señales que estos circuitos intercambian. (1999, Enciclopedia Visor, Tomo 14, pág. 150)

Según Allan Freedman (1992, pág. 423), la interfaz es una conexión de interacción entre hardware software y usuario. Las interfaces de software son los lenguajes, códigos y mensajes que utilizan los programas para comunicarse unos con otros, tal como entre un programa de aplicación y el sistema operativo. Las interfaces de usuario son los teclados, ratones, diálogos, lenguajes de comandos y menús empleados entre la comunicación entre usuario y la computadora.

Definición Operacional:

Interfaz de Usuario: Es la creación de un enlace permanente hombre/máquina que consiste principalmente en la recolección de datos básicos e importantes, que permiten elaborar la evaluación de manera fácil para el usuario que sea rápida y amigable.

Interfaz Eléctrica: Es la interconexión entre diferentes dispositivos electrónicos o eléctricos como resistencias, diodos, circuitos integrados, entre otros, que permite establecer un lenguaje compatible entre el software y el hardware. A nivel de software se transmiten instrucciones que permiten controlar toda el hardware necesario; y a nivel de hardware las señales obtenidas activan funciones y en ellas los datos son leídos, grabados, transmitidos y analizados para lograr un buen funcionamiento de dicha interfaz eléctrica.

MONITOREO:**Definición Conceptual:**

Definición Operacional: Es un sistema utilizado para controlar y evaluar, de manera precisa una señal o variables presentes de forma constante y vigilar las posibles variaciones que pueden sufrir dichas variables debido a la presencia de agentes externos. Además con este sistema se puede visualizar de manera eficiente las reacciones inapropiadas que se presenten en el lapso de evaluación en un momento dado internamente en una cámara hiperbárica.

CÁMARA HIPERBÁRICA:

Definición Conceptual: Aquella en cuyo interior la presión es mayor que la atmosférica y tiene, además, una atmósfera enriquecida en oxígeno. Se utiliza en ciertas intervenciones quirúrgicas, como las de corazón, y en tratamiento de enfermedades como el tétanos y la gangrena, pues permite la perfecta oxigenación de los tejidos pese a que se produce una disminución en el torrente circulatorio del paciente.(1999, Enciclopedia Visor, Tomo 4, pág. 78).

Definición Operacional: La cámara hiperbárica utilizada para esta investigación, es un pequeño prototipo que va a permitir simular de manera sencilla el funcionamiento normal de un equipo convencional. Fabricada con materiales de bajo costo con la finalidad de obtener señales que puedan ser leídas, observadas y almacenadas en el computador. Controlado por un lenguaje de programación y base de datos que contiene los datos obtenidos.

Estos datos podrán ser visualizados para futuras consultas, gracias a la existencia de una interfaz que permite monitorear al paciente en dicha cámara.