

11247
Zej
12



Universidad Nacional Autónoma de México

FACULTAD DE MEDICINA
DIVISION DE ESTUDIOS DE POSTGRADO
ARMADA DE MEXICO
CENTRO MEDICO NAVAL

“LA TERAPIA HIPERBARICA Y LA MEDICINA INTEGRAL NAVAL”

TESIS DE POSTGRADO

QUE PARA OBTENER EL TITULO DE :
Especialista en Medicina Integral Naval

P R E S E N T A E L C.
TENIENTE DE FRAGATA S. N. M. C.

ALBERTO ORTEGA ROMERO

Director de Tesis: DR. HECTOR RUBEN RAMOS ROVIRA

Coordinador del Departamento de Investigación y Enseñanza
Teniente de Navío S. N. M. C. **GABRIEL GONZALEZ CERVANTES**

FALLA DE ORIGEN

MEXICO, D. F.

1988



Universidad Nacional
Autónoma de México

Dirección General de Bibliotecas de la UNAM

Biblioteca Central



UNAM – Dirección General de Bibliotecas
Tesis Digitales
Restricciones de uso

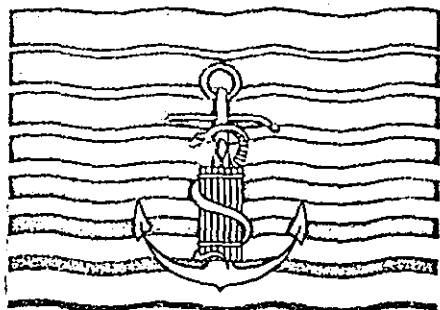
DERECHOS RESERVADOS ©
PROHIBIDA SU REPRODUCCIÓN TOTAL O PARCIAL

Todo el material contenido en esta tesis esta protegido por la Ley Federal del Derecho de Autor (LFDA) de los Estados Unidos Mexicanos (México).

El uso de imágenes, fragmentos de videos, y demás material que sea objeto de protección de los derechos de autor, será exclusivamente para fines educativos e informativos y deberá citar la fuente donde la obtuvo mencionando el autor o autores. Cualquier uso distinto como el lucro, reproducción, edición o modificación, será perseguido y sancionado por el respectivo titular de los Derechos de Autor.

C O N T E N I D O

A).--INTRODUCCION: "LA TERAPIA HIPERBARICA Y LA MEDICINA INTEGRAL NAVAL.....	1
B).--CAPITULO UNO: "LA ATMOSFERA".....	4
C).--CAPITULO DOS: "LEYES DE LOS GASES Y MECANICA DE LOS FLUIDOS".....	16
D).--CAPITULO TRES: "FISICA DE LA COMPRESION".....	24
E).--CAPITULO CUATRO: "ANTECEDENTES -- HISTORICOS: DEL BUCEO A LA MEDICINA HIPERBARICA EN NUESTRO TIEMPO.....	30
F).--CAPITULO CINCO: "MEDICINA Y FISIOLOGIA HIPERBARICAS. RIESGOS Y CONTRAINDICACIONES".....	43
G).--CAPITULO SEIS: "LA CAMARA HIPERBARICA. GENERALIDADES TECNICAS".....	59
H).--CAPITULO SIETE: "EQUIPOS, PROCEDIMIENTOS Y CUIDADOS MEDICOS EN EL PACIENTE HIPERBARICO".....	70
I).--CAPITULO OCHO: "EFECTOS FISIOLOGICOS DE LA TERAPIA HIPERBARICA Y - SU USO EN LA MEDICINA INTEGRAL NAVAL".....	79
J).--CAPITULO NUEVE: "ADMINISTRACION DE FARMACOS EN HIPERBARIA".....	93
K).--DISCUSION.....	99
L).--BIBLIOGRAFIA.....	106



INTRODUCCION
.....
LA TERAPIA HIPERBARICA Y LA MEDICINA
.....
INTEGRAL NAVAL
.....

- "La Dirección de Servicios Médicos de la Secretaría de Marina, conjuntamente con la Facultad de Medicina de la UNAM concuerdan que el ámbito Naval - difiere radicalmente del habitual terrestre. / En particular, nosotros contamos con grupos de población, repartidos a lo largo de nuestros extensos litorales y nos resultaría incosteable enviar varios especialistas a resolver estos problemas. Los Médicos - Integrales Navales, en nuestro medio, cubrirán estas necesidades. "

(Palabras del Director. REVISTA MÉDICA DE SANIDAD NAVAL)

(1983)

Siendo la MEDICINA INTEGRAL NAVAL una especialidad multidisciplinaria, permite a través de su interrelación con las Especialidades Básicas -y otras- el contacto con un gran número de patologías y los factores que retrasan la evolución, aumentan el tiempo de permanencia hospitalaria hospitalaria y favorecen con ello el desarrollo de nuevas complicaciones, elevan el costo del tratamiento y el sufrimiento del enfermo.

Múltiples estudios a través de los años han reportado - la eficacia de la TERAPIA HIPERBARICA en el manejo de procesos sépticos por hongos, bacterias (aerobias y anaerobias), y mixtas, o en aquellos que cursan con hipoxia tisular, déficit circulatorio, enlentecimiento de la proliferación celular, en el aeroembolismo de diferente etiología, el edema (cerebral o tisular), en la inactivación de toxinas, mejorando la presión parcial y la difusión del Oxígeno, facilitando el mecanismo de acción de los Leucocitos, el transporte de Aminoglu^cidos a través de la pared celular, la migración fibroblás^tica, la síntesis del colágeno, la angiogénesis capilar, e - incluso, según investigaciones recientes, mejorando la acción de la Quimioterapia y de la Radioterapia en el tratamiento - de diferentes neoplasias.(7, 8, 9, 14, 15, 16, 22, 25, 27.).

La TERAPIA HIPERBARICA, en estos casos, no es un sustituto del tratamiento farmacológico o del método quirúrgico, - pero sí constituye un importante adyuvante en el tratamiento de casos en los que los métodos convencionales han fracasado

parcial o totalmente, constituyendo una nueva perspectiva en la Medicina Moderna.

La combinación de medicamentos con el procedimiento quirúrgico, cuando el caso así lo amerite, aunados a la TERAPIA HIPERBARICA, permitirá acelerar la resolución del padecimiento, disminuyendo con ello el sufrimiento del paciente, el desarrollo de complicaciones, el tiempo de recuperación, la estancia hospitalaria y el costo a las instituciones de SANIDAD NAVAL de la ARMADA DE MEXICO que, hasta ahora, son las únicas que cuentan con este tipo de instalaciones y con personal técnico, profesional médico y paramédico ampliamente capacitados, lo cual las transforma en las pioneras de esta rama de la Medicina en México.

Este trabajo, producto de un amplia investigación bibliográfica, pretende mostrar las bases y los avances logrados en la Medicina Moderna con el resurgimiento de la TERAPIA HIPERBARICA o el desarrollo de la misma en países donde antes, decenas de pacientes sucumbían, eran amputados o padecían la adición de complicaciones, producto de su patología de fondo y de la estancia hospitalaria prolongada, así como plantear la posibilidad de estructurar un Departamento encargado de valorar integralmente por los Médicos Especialistas en MEDICINA INTEGRAL NAVAL, tratar, supervisar la evolución dentro y fuera del Hospital, en coordinación con los Servicios de Especialidad y de Apoyo al Diagnóstico, a los pacientes portadores de patologías conocidas como susceptibles de ser tratadas con MEDICINA HIPERBARICA.

I

LA ATMOSFERA

- "¿Quién será en un futuro no lejano
el Cristóbal Colón de algún planeta?
¿Quién logrará con máquina potente
sondear el Océano del Eter,
y llegar ahí, donde llegaran solamente
los osados sueños del poeta?..."

(RUBEN DARIO)

El estado actual de la Tierra y de la vida (animal y vegetal) es consecuencia de la Atmósfera. El vuelo de los insectos, de las aves y de las aeronaves sería imposible sin el apoyo que le proporciona esta esfera gaseosa. -- Si desapareciera la Atmósfera, todo cambiaría; reinaría un silencio absoluto al carecer el sonido de un medio para su transmisión. Al perderse la diatermancia y el ajuste moderador de la temperatura, existirían severos cambios del clima de más de 100°C entre el día y la noche permitiendo que hirvieran los océanos y se fundieran los metales con el calor del sol y que se congelara el mar a la luz de la luna. La respiración, función fundamental de los seres vivos, -- sólo es posible gracias al O₂ atmosférico.

Al estar nuestro planeta desprotegido de las capas externas, los rayos cósmicos, los rayos equis, la radiación ultravioleta y los meteoritos llegarían directamente del espacio exterior modificando su topografía al chocar contra su superficie, acabando por extinguirse toda forma de vida de la faz del mundo. En pocos millones de años, éste se transformaría en un planeta árido cubierto por incontables cráteres que se apreciarían nítidamente en el horizonte bajo un firmamento de profunda negrura.

La atmósfera, capa vital y misteriosa, siempre ha estado ahí. Invisible e intangible, a pesar de sus manifestaciones, nadie se había percatado de su existencia. Fue necesaria la conjugación de los diferentes experimentos de varios hombres de ciencia para demostrar su existencia y explicar los fenómenos que tan habituados estaban a contemplar.

Así, Arquímedes con sus cuerpos sumergidos en agua, -- Newton con su manzana, Torricelli con su columna de mercurio, Pascal con su jeringa y su tonel, Leonardo con sus planes, Charles, Gay Lussac, Boyle Mariotte, Henry estudiando los gases, entre otros, pusieron de manifiesto la mecánica de los fluidos, las leyes de los líquidos y las de los gases, trayendo luz a los sombríos enigmas que acompañaban el pasado de la vida del hombre.

Durante mucho tiempo el hombre consideró a la Tropósfera--la capa más inferior--como la Atmósfera. Fué necesario el advenimiento de la aeronautica moderna y del desarrollo de la era espacial para dar a conocer lo que existía más allá.

La Atmósfera es la capa gaseosa que envuelve a la Tierra. Actualmente se sabe que está constituida por cuatro fases: la Tropósfera, la Estratósfera, la Ionósfera y la Exósfera.

Las cavidades naturales del cuerpo humano se encuentran llenas de aire, sangre y otros fluidos mantenidos a la misma presión que la atmosférica, permaneciendo por consiguiente en equilibrio imperceptible. No es sino hasta que efectuamos desplazamientos a diferentes altitudes sobre la tierra o inmersiones a diferente profundidad bajo el agua, -- cuando percibimos la presión ejercida sobre nuestro cuerpo--debido al peso progresivo del agua al sumergirnos o al peso decreciente del aire al elevarnos.

Las diferentes capas de la Atmósfera se han delimitado por los cambios de temperatura que existen en cada una de ellas.

La TROFOSFERA es la capa inferior de la Atmósfera. Su nombre significa "Esfera de cambios". Constituye el 90% - de la masa total de la misma y es donde se llevan a cabo - todos los fenómenos meteorológicos que determinan las condiciones de la región. Delimita a la Biósfera o espacio - donde la vida terrestre puede existir.

La Tropósfera se encuentra desde la superficie terreste hasta aproximadamente 17 kilómetros hacia arriba. Su temperatura desciende 1°C cada 200 metros. Está compuesta por Nitrógeno en un 78 %, Oxígeno en un 21 % y otros gases como CO₂, Helio, Kriptón, Argón, etc. Aquí se encuentra - todo el vapor de agua que existe en la Atmósfera y partículas de polvo orgánico e inorgánico que flotan en el aire - de acuerdo a su peso, y a cuya presencia debemos, ante los fenómenos de reflexión, refracción y difusión de la luz del sol, el vistoso color que adquiere el firmamento al amanecer y al ocaso.

La Tropósfera se encuentra separada de la siguiente - capa por una franja denominada TROPOPAUSA, donde se ha registrado un drástico descenso de la temperatura hasta - - 63°C.

A continuación se encuentra inmediatamente la MESOSFERA, donde la temperatura llega a 0°C a partir de la cual - sigue la ESTRATOSFERA que, en suma, llega hasta los 80 kilómetros a partir del nivel del mar.

En esta zona disminuyen las concentraciones de oxígeno y de Nitrógeno, y aumentan las de Hidrógeno y de Ozono.

TABLA PERIODICA MODERNA DE LOS ELEMENTOS

METALES ————— NO METALES

GRUPO	METALES										NO METALES									
	I A	II A	III B	IV B	V B	VI B	VII B	VIII	I B	II B	III A	IV A	V A	VI A	VII A	O				
PERIODO 1	1 H 1.008																			
PERIODO 2	3 Li 6.940	4 Be 9.01									5 B 10.82	6 C 12.01	7 N 14.01	8 O 16.00	9 F 19.00	10 Ne 20.18				
PERIODO 3	11 Na 22.99	12 Mg 24.32									13 Al 26.98	14 Si 28.09	15 P 30.98	16 S 32.07	17 Cl 35.46	18 Ar 39.94				
PERIODO 4	19 K 39.1	20 Ca 40.08	21 Sc 44.96	22 Ti 47.90	23 V 50.95	24 Cr 52.01	25 Mn 54.94	26 Fe 55.85	27 Co 58.94	28 Ni 58.71	29 Cu 63.54	30 Zn 65.38	31 Ga 69.72	32 Ge 72.60	33 As 74.91	34 Se 78.96	35 Br 79.92	36 Kr 83.8		
PERIODO 5	37 Rb 85.48	38 Sr 87.63	39 Y 88.92	40 Zr 91.22	41 Nb 92.91	42 Mo 95.95	43 Tc (99)	44 Ru 101.1	45 Rh 102.9	46 Pd 106.7	47 Ag 107.9	48 Cd 112.4	49 In 114.8	50 Sn 118.7	51 Sb 121.8	52 Te 127.6	53 I 126.9	54 Xe 131.3		
PERIODO 6	55 Cs 132.9	56 Ba 137.4	* La 178.6	72 Hf 178.6	73 Ta 181.0	74 W 183.9	75 Re 186.2	76 Os 196.2	77 Ir 196.2	78 Pt 195.2	79 Au 197.0	80 Hg 200.6	81 Tl 204.4	82 Pb 207.2	83 Bi 209.0	84 Po (210)	85 At (211)	86 Rn (222)		
PERIODO 7	87 Fr (223)	88 Ra (226)	† Ac (226)	104 Ku (260)	105 Hs (260)															

No. atómico	11
Simbolo	Na
Peso atómico	22.99

SERIE	57	58	59	60	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70	71
* LANTANIDOS	La	Ce	Pr	Nd	Pm	Sm	Eu	Gd	Tb	Dy	Ho	Er	Tm	Yb	Lu
TIERRAS RARAS	138.9	140.1	140.9	144.3	(145)	150.4	152.0	157.3	158.9	162.5	164.9	167.3	168.9	173.0	175.0

† SERIE ACTINIDOS	89	90	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100	101	102	103
	Ac	Th	Pa	U	Np	Pu	Am	Cm	Bk	Cf	Es	Fm	Md	Ho	Lw
	(227)	(232)	(231)	(238)	(237)	(242)	(243)	(245)	(249)	(254)	(255)	(257)	(256)	(258)	(257)

Le sigue a ésta, la IONOSFERA, capa que fué descubierta recientemente (en este siglo), alcanzando hasta los 600 kilómetros de altitud con una temperatura de 100 °C dada la ionización de partículas atómicas con los rayos equis y los rayos ultravioleta provenientes del sol. En esta zona se han colocado en órbita los satélites meteorológicos, ya que es donde se reflejan las ondas de radio y es donde se incendian los meteoritos.

La siguiente y última capa es la EXOSFERA, formada por Helio e Hidrógeno extendiéndose de los 600 a los 40 000 kilómetros.

Los gases que forman la Atmósfera se encuentran distribuidos en estas cinco capas, de acuerdo a su peso, a diferentes concentraciones a diferentes alturas.

El Oxígeno (O_2) es el más importante de todos los gases que forman la atmósfera, y uno de los elementos más abundantes en la Tierra. Fué descubierto por Joseph Priestley en 1775 al calentar el Oxido nitroso.

El aire atmosférico contiene aproximadamente 21 % de Oxígeno, el cual existe libremente en un estado diatómico con dos átomos unidos para formar una molécula. Este activo gas incoloro, inodoro e insípido y se combina fácilmente con otros elementos. El agua misma es aproximadamente un 89 % oxígeno en su peso. Sin Oxígeno no hay combustión. El Oxígeno produce oxidaciones y una de ellas tiene efecto en la respiración.

El Nitrógeno (N_2) como el Oxígeno, es diatómico, incoloro, inodoro e insípido. Es un componente de todos los seres vivos y constituye el 78.37 de la Atmósfera. A diferencia del Oxígeno, no se combina fácilmente con otros elementos, no impulsa la vida ni ayuda a la combustión. El Nitrógeno en el aire es inerte en estado libre y sólo se combina con el Oxígeno libre atenuando los efectos de éste gas puro, transformándose en su transportador atmosférico. Si no existiera el Nitrógeno que modera la actividad del Oxígeno, la materia ardería con suma facilidad. Para los buzos, el Nitrógeno - con sus riesgos- puede ser utilizado para diluir el Oxígeno.

La Narcosis Nitrogénica es un desorden resultante de las propiedades anestésicas de este gas respirado bajo presión y trae severos trastornos en los buzos entre los 30 y los 60 metros de profundidad.

El Hidrógeno (H_2) también diatómico, incoloro, inodoro e insípido, es tan activo que rara vez es encontrado en estado libre en la Tierra. Es, sin embargo, el elemento más abundante del Universo. Tanto así que las estrellas están llenas de Hidrógeno puro.

El Hidrógeno es el más ligero de todos los elementos de la Tabla Periódica y durante 150 años fué usado para inflar los dirigibles que se tornaban más ligeros que el aire.

El Hidrógeno es violentamente explosivo cuando se mezcla en proporciones que incluyan la presencia de más del 5.3 % de Oxígeno.

El estallido del dirigible alemán "Hindenburg" en New-Jersey en 1937 puso fin al uso del Hidrógeno para el desplazamiento de estas naves "más ligeras que el aire".

El Hidrógeno ha sido poco usado en el buceo. El Nitrógeno por las mismas razones que el Helio, pero los riesgos han limitado esto a poco más que experimentación - y también debido a que no se ha podido encontrar fácilmente disponible.

El Helio (He) es un gas incoloro, inodoro e insípido como los anteriores, pero monoatómico, que existe como un simple átomo en su estado libre. Es totalmente inerte, - tan inerte que no se combina ni consigo mismo, ya que carece de valencia química o atómica en virtud de que los electrones de su última órbita están completos y no pueden donar ni recibir otros para formar moléculas, por lo que se agrupa a la Tabla Periódica en los Elementos en el Grupo Cero, junto con el Neón, (Ne) el Argón (Ar), el Kriptón (Kr), el Xenón (Xe) y el Radón (Rn), llamados por esta particularidad "Gases nobles". "Gases Raros" y que, en total, constituyen el 0.94 % de nuestra atmósfera.

El Helio fué descubierto en 1868 al realizar un análisis espectrográfico del Sol (de donde proviene su nombre en griego). Debido a que es 7 veces más ligero que el aire - su principal uso a principios del siglo XX fué para inflar globos y dirigibles.

Cuando se usa en buceo para diluir el Oxígeno respirando una mezcla de gases, el Helio evita los problemas asociados -

ciados con la narcosis nitrogenica, sin embargo, una atmósfera rica en Helio, distorciona la voz, semejando la del Pato Donald, lo cual dificulta la comunicación que en determinadas circunstancias puede resultar peligroso.

Otra de las características negativas del Helio es que es altamente conductor de la temperatura, lo cual puede causar una pérdida rápida del calor corporal.

El Dióxido de Carbono (CO_2) es un gas incoloro, inodoro e insípido cuando se encuentra en pequeñas proporciones en el aire, pero que se torna de sabor y olor ácido en grandes cantidades. Es un gas químicamente activo que en la industria se emplea para gasificar bebidas embotelladas y para llenar algunos tipos de extinguidores contra incendio.

El Dióxido de Carbono es una mezcla de gases, producto natural de la respiración de los animales y del hombre, y proviene de la oxidación de los carbones de los nutrientes que produce energía y del metabolismo, y constituye el 0.03 % de la atmósfera. Los vegetales verdes lo utilizan como sustrato para producir azúcares donde, durante la función clorofiliana, almacena en diferentes partes de la planta la energía solar capturada para ser aprovechada por la planta misma y los seres vivientes, constituyendo con ello la base de la Cadena Alimenticia que sostiene la totalidad de los organismos terrestres y, al producir como desecho Oxígeno, se renueva el contenido en la Atmósfera.

Para los buzos, las dos principales preocupaciones re

lativas al Dióxido de Carbono son el control de la cantidad en el aire suministrado y remover el producido después de respirar.

En altas concentraciones este gas puede ser extremadamente tóxico y en los buzos que usan circuitos cerrados y semi-cerrados, sobrevienen accidentes fatales si falla el sistema.

El Monóxido de Carbono (CO) no se encuentra en forma natural en ninguna cantidad en el aire. Es el resultado de combustión incompleta de aceites y es más frecuentemente encontrado en el escape de las máquinas de combustión interna.

Es altamente tóxico para el hombre debido a que es 200 veces más afin a la hemoglobina que el Oxígeno siendo una vez atrapado, de difícil liberación por los entrocitos, impidiendo que éste llegue a las células. A nivel del mar una concentración de 0.1 % de monóxido de Carbono resulta letal.

Debido a que es un gas incoloro, inodoro e insípido es muy difícil de detectar.

Los buzos deben poner especial atención al llenar sus tanques al emplear compresores movidos por motores de combustión interna ya que el humo del escape puede entrar por la toma de aire del compresor, o al quemarse el aceite lu-

bricante del compresor por sobrecalentamiento, aún en los motores de los compresores movidos por energía eléctrica.

Un 0.02 % de monóxido de carbono que contenga el aire del tanque en la superficie al nivel del mar, a una profundidad de 5 atmósferas resultara un 0.1%, que se considera letal.

Según las normas de la Marina de los Estados Unidos, el aire con que son llenados los tanques no debe contener más de 0.001% o sea, 10 partes por un millón.

I I

LEYES DE LOS GASES Y MECANICA DE LOS

FLUIDOS

"Si mantenemos invariable la cantidad de un gas y su temperatura, pero reducimos el espacio que la contiene, por ejemplo, a la mitad, la presión de este fluido se incrementa al doble, de donde podemos deducir que a temperatura constante, el volumen variará en forma inversamente proporcional a la presión soportada:"-

(BOYLE MARIOTTE)

Los protones, neutrones y electrones se unen para formar los átomos de 105 elementos que se interrelacionan para formar todo aquello que existe en el Universo y que llamamos materia.

Se entiende por MATERIA todo aquello que ocupa un lugar en el espacio. La "Ley de la conservación de la Materia" refiere que "no puede ser creada ni destruida; simplemente se transforma en Energía"

En el Universo la materia, según su cohesión molecular, se encuentra en tres estados distintos: SOLIDA, LIQUIDA Y GASEOSA.

Existen elementos o sustancias que pueden cambiar de un estado a otro e incluso otros que pueden regresar a su estado anterior, mediante la aplicación de procedimientos físicos y a veces químicos.

La densidad de la materia es su peso por unidad de volumen en base al número de moléculas.

En el estado sólido, las moléculas están fuertemente unidas. Esta unión disminuye en los líquidos y más aún en los gases.

A los líquidos y a los gases se les denomina fluidos porque fluyen o se difunden fácilmente cuando no son contenidos en un recipiente ante la acción de la más pequeña fuerza.

Los gases son más ligeros que los líquidos - y éstos más que los sólidos ya que cada uno de ellos tiene menor número de moléculas que el otro estado en determinado volumen dado. Sin embargo, el volumen de un gas puede ser comprimido y habrá, por consiguiente, mayor número de moléculas en ese espacio. Un gas comprimido es más denso y, por lo tanto, más pesado.

La Teoría Cinética de los Gases refiere que un gas -- cual fuere -- es un conjunto de moléculas que se encuentran en movimiento constante, chocando unas contra otras, y contra las paredes cuando las contiene un recipiente.

El movimiento de las moléculas o Energía Cinética y la frecuencia de las colisiones aumenta o disminuye en forma directamente proporcional a la temperatura del medio o aplicada.

Los impactos de las moléculas de un gas contra las paredes de un recipiente producen un empuje momentáneo con una fuerza que puede medirse con un manómetro e interpretarse como presión.

Basado en esto es fácil suponer que al aumentar la temperatura, se intensificará el movimiento de las moléculas y el número de impactos, lo que producirá mayor volumen, mayor fuerza y por lo tanto, mayor presión, lo cual fue estudiado y sintetizado por Charles en una Ley que lleva su nombre y se enuncia de la siguiente manera:

METROS	PIES	ATA	DENSIDAD DEL AIRE	TAMANO DE LA BURBUJA	VOL.	mm Hg	Kg/cm ²	lb/pulg ² P. S. I. A.	PPN ² 78%	PPO ² 21 %	PPCO ² 1%
NdM	0	1	1	○	1	760	1	14.7	0.78	0.21	0.01
10	33	2	2	○	1/2	1520	2	29.4	1.56	0.42	0.02
20	66	3	3	○	1/3	2280	3	44.1	2.34	0.63	0.03
30	99	4	4	○	1/4	3040	4	58.8	3.12	0.84	0.04
40	132	5	5	○	1/5	3800	5	73.5	3.90	1.05	0.05
50	165	6	6	○	1/6	4560	6	88.2	4.68	1.26	0.06
60	198	7	7	○	1/7	5300	7	102.9	5.46	1.77	0.07
70	231	8	8	○	1/8	6060	8	117.6	6.24	1.98	0.08
80	264	9	9	○	1/9	6840	9	132.3	7.02	2.19	0.09
90	297	10	10	○	1/10	7600	10	147.0	7.80	2.40	0.10
100	330	11	11	○	1/11	8360	11	161.7	8.58	2.61	0.11

" LEY DE BOYLE "

(VOLUMEN Y DENSIDA DEL
AIRE CON RELACION
A LA PRESION QUE SO-
PORTA A DIFERENTE
PROFUNDIDAD)

" LEY DE DALTON "

(PRESION PARCIAL DE LOS
GASES DE UNA MEZCLA
A DIFERENTE PROFUNDIDAD)

A. Ortega R.

METROS	PIES	ATA	DENSIDAD DEL AIRE	TAMANO DE LA BURBUJA	VOL.	mm Hg	Kg/cm ²	lb/pulg ² P. S. I. A.	PPN ² 78%	PPO ² 21%	PPCO ² 1%
NdM	0	1	1	○	1	760	1	14.7	0.78	0.21	0.01
10	33	2	2	○	1/2	1520	2	29.4	1.56	0.42	0.02
20	66	3	3	○	1/3	2280	3	44.1	2.34	0.63	0.03
30	99	4	4	○	1/4	3040	4	58.8	3.12	0.84	0.04
40	132	5	5	○	1/5	3800	5	73.5	3.90	1.05	0.05
50	165	6	6	○	1/6	4560	6	88.2	4.68	1.26	0.06
60	198	7	7	○	1/7	5300	7	102.9	5.46	1.77	0.07
70	231	8	8	○	1/8	6080	8	117.6	6.24	1.98	0.08
80	264	9	9	○	1/9	6840	9	132.3	7.02	2.19	0.09
90	297	10	10	○	1/10	7600	10	147.0	7.80	2.40	0.10
100	330	11	11	•	1/11	8360	11	161.7	8.58	2.61	0.11

" LEY DE BOYLE "
 (VOLUMEN Y DENSIDAD DEL
 AIRE CON RELACION
 A LA PRESION QUE SO-
 PORTA A DIFERENTE
 PROFUNDIDAD)

" LEY DE DALTON "
 (PRESION PARCIAL DE LOS
 GASES DE UNA MEZCLA
 A DIFERENTE PROFUNDIDAD)

A. Ortega R.

- " A volúmen constante, la presión de un gas varía en forma directamente proporcional a su temperatura . "

y puede representarse matemáticamente como:

$$K = \frac{V}{T}$$

donde... V = Volúmen T = Temperatura K = Constante

Por otro lado, Boyle Mariotte descubrió que si la temperatura se mantenía constante, al igual que el volúmen, pero se reducía el espacio del recipiente que contenía al gas, por ejemplo, a la mitad; la presión ejercida entonces por este fluido se incrementaba al doble, lo cual fue comprendido y sintetizado como sigue:

- " A temperatura constante, el volúmen variará en forma inversamente proporcional a la presión, mientras que su densidad lo hará en forma directamente proporcional . "

y se puede representar en forma matemática de esta forma:

$$P V = K$$

donde: P = Presión absoluta V = Volúmen K = constante

La "Ley General del Estado Gaseoso" deriva de la combinación de estas dos fórmulas y se representa de la siguiente manera:

$$\frac{P \cdot V}{T} = K \text{ y } \frac{P' \cdot V'}{T'} = K \quad \therefore \quad \frac{P \cdot V}{T} = \frac{P' \cdot V'}{T'}$$

donde: P = Presión inicial absoluta
 V = Volúmen inicial
 T = Temperatura inicial
 P' = Presión final absoluta
 V' = Volúmen final
 T' = Teperatura final

Sabemos que la Atmósfera es una capa gaseosa donde se encuentran mezclados varios gases. Dalton descubrió que en la Atmósfera, como en toda mezcla gaseosa, la presión total que se registra es igual a la suma de las presiones -- parciales de cada uno de los gases, de acuerdo a su volúmen proporcional, y lo dió a conocer como su Ley de esta -- manera:

- "La presión ejercida por una mezcla de gases es igual a la suma de las presio nes parciales de cada uno de los gases que la conforma." -

La "Ley de Dalton" se puede representar en forma mate mática de la siguiente manera:

$$P.\text{Total} = pPA + pPB + pPC \dots$$

$$\text{y } pPA = P.\text{Total} \times \frac{\% \text{ Vol. } A}{100 \%}$$

aplicándola al nivel del mar, tenemos...

EJEMPLO	PRESION PARCIAL DE LOS GASES RESP. A 1 ATM. ABSOLUTA				
GAS	O ₂	CO ₂	N ₂	H ₂ O	TOTAL
PRESION	mm Hg	mm Hg	mm Hg	mm Hg	mm Hg
AIRE INSPIRADO	156	0.3	596	5.7	760
AIRE ESPIRADO	116	3.2	565	47	760
AIRE ALVEOLAR	100	40	573	47	760
SANGRE ARTERIAL	100	40	573	47	760
SANGRE VENOSA	40	46	573	47	760
TEJIDOS	30	50	573	47	700

$$pPO_2 = \frac{21\%}{100\%} \times 1 \text{ ATA} = 0.21 \text{ ATA}$$

Para los Gases Inherentes:

$$pPGI = \frac{79\%}{100\%} \times 1 \text{ ATA} = 0.79 \text{ ATA}$$

y para el CO_2 :

$$pPCO_2 = \frac{0.03\%}{100\%} \times 1 \text{ ATA} = 0.03 \text{ ATA}$$

Para conocer las presiones parciales a 40 mts. (5 ATA)...

$$pPO_2 = \frac{21\%}{100\%} \times 5 \text{ ATA} = 1.05 \text{ ATA}$$

$$pPGI = \frac{79\%}{100\%} \times 5 \text{ ATA} = 3.95 \text{ ATA}$$

$$pPCO_2 = \frac{0.03\%}{100\%} \times 5 \text{ ATA} = 0.15 \text{ ATA}$$

Usando las mismas presiones, pero sustituyendo las ATA por milímetros de Mercurio (mmHg) tenemos: A nivel del mar.....

$$pPO_2 = \frac{21\%}{100\%} \times 760 \text{ mmHg} = 160 \text{ mmHg} .$$

$$pPGI = \frac{79\%}{100\%} \times 760 \text{ mmHg} = 600 \text{ mmHg} .$$

$$pPCO_2 = \frac{0.03\%}{100\%} \times 760 \text{ mmHg} = .23 \text{ mmHg} .$$

y a 5 ATA:

$$pPO_2 = \frac{21\%}{100\%} \times 380 \text{ mmHg} = 800 \text{ mmHg} .$$

$$pPGI = \frac{79\%}{100\%} \times 380 \text{ mmHg} = 3000 \text{ mmHg} .$$

$$pPCO_2 = \frac{0.03\%}{100\%} \times 380 \text{ mmHg} = 1.14 \text{ mmHg} .$$

La "Ley de Henry" relaciona la solución de un gas en un líquido con su presión parcial de esta manera:

- "La cantidad de un gas que se disuelve en un líquido a una temperatura dada, es directamente proporcional a la presión parcial de ese gas." -

La velocidad del movimiento de difusión depende del tipo de barrera. La velocidad de difusión de los diferentes gases a través de la misma membrana ocurrirá a diferentes velocidades.

Cuando se ponen en contacto directo las moléculas de un gas en un líquido, aquellas se difundirán dependiendo de la solubilidad del gas en el líquido.

La solubilidad está influenciada por la temperatura y la presión, principalmente. La solubilidad de un gas es inversamente proporcional a la temperatura del líquido y directamente proporcional a la presión ejercida en su entorno.

El líquido puede liberarse de los gases disueltos al calentarse o al disminuir la presión con que fueron inyectados u obligados a entrar en solución.

Cuando se encuentra disuelto de acuerdo a la presión parcial de un gas y a la solubilidad de un líquido el máxi

PROFUNDIDAD EN PIES DE AGUA DE MAR	PRESION ABSOLUTA (ATA)	PRESION PARCIAL DE OXIGENO		PRESION PARCIAL DE NITROGENO		OBSERVACIONES
		MMHG	ATA	MMHG	ATA	
0	1	160	0.21	600	0.79	
33	2	320	0.42	1200	1.58	
66	3	480	0.63	1800	2.37	
99	4	640	0.84	2400	3.16	LOS EFECTOS NARCOTICOS DEL NITROGENO COMIENZAN A SER ADVERTIDOS
124	4.76	760	1.00	2858	3.76	LA PO ES EQUIVALENTE AL OXIGENO AL 100% AL NIVEL DEL MAR
132	5	800	1.05	3000	3.95	
165	6	960	1.26	3600	4.74	

no número de moléculas permisibles, se dice que el solvente tiene disuelto un gas a tensión.

Un gas con un gran coeficiente de solubilidad es el que se disuelve fácil y rápidamente en un líquido.

El movimiento molecular constante de los gases permite que dos o más gases se mezclen totalmente a pesar de su diferencia de peso, así como la difusión en un líquido y a través de membranas, alveolos, capilares y tejidos corporales.

La diferencia de presiones entre dos áreas se denomina Gradiente y el diferencial de presión, así como la velocidad de difusión serán directamente proporcionales al gradiente, favoreciendo la difusión de las moléculas de un gas del área de mayor a la de menor presión.

I I I

FISICA DE LA COMPRESION
.....

- " La presión ejercida por una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones parciales de cada uno de los gases que la conforman."

(DALTON)

La Física es la Ciencia que estudia las propiedades de la Materia y de la Energía. La Mecánica es la parte de la Física que trata del movimiento y equilibrio de los cuerpos sometidos a fuerzas con su correspondiente subdivisión encargada de estudiar los Fluidos (líquidos y gases). Parte de la Mecánica estudia las Presiones en condiciones normales. Las Presiones por encima de lo normal, son tema que compete a la Física de la Compresión.

Se denomina Presión sobre un cuerpo a la fuerza ejercida en la unidad de área por la superficie de contacto entre dos cuerpos, uno de los cuales comprime al otro, transmitiéndole su fuerza. Un mismo cuerpo puede producir distintas presiones, dependiendo de la superficie en que se apoya. (A menor superficie, mayor fuerza y viceversa).

La Presión entre dos superficies se calcula con la siguiente fórmula:

$$P = \frac{F}{A}$$

donde: P = Presión F = Fuerza A = Área

por ejemplo: Un cuerpo de mil kilogramos apoyado sobre su base de 20 cm² ¿qué presión ejerce? Sustituyendo...

$$P = \frac{F}{A} = \frac{1000 \text{ Kg}}{20 \text{ cm}^2} = 50 \text{ Kg} / \text{cm}^2$$

En el Sistema Inglés, la Presión se mide en libras por pulgada cuadrada (psi), y en el Sistema Métrico Decimal, en kilogramos por centímetro cuadrado (Kg/cm²).

COMPARACION ENTRE EL SISTEMA INGLES Y SISTEMA METRICO

PRESIONES		SISTEMA INGLES		SISTEMA METRICO		
(FSW)	(ATA)	(ATg)	(psia)	(psig)	(Kg/cm ² A)	(Kg/cm ² g)
1	1	0	14.7	0	1.033	0
33	2	1	29.4	14.7	2.066	1.033
66	3	2	44.1	29.4	3.099	2.066
99	4	3	58.8	44.1	4.132	3.099
132	5	4	73.5	58.8	5.165	4.132
165	6	5	88.2	73.5	6.198	5.165

FACTORES DE CONVERSION

1 Kg/cm = 1000 g/cm²
 = 1000 cm H₂O
 = 10 metros H₂O
 = 0.968 ATM.
 = 14.22 psi

1 Bar = 1.02 Kg/cm²
 = 10.21 metros H₂O
 = 750 mm Hg
 = 0.987 Atm.
 = 14.5 psi

1 mm Hg = 1.35 g/cm²
 = 13.5 Kg/m²
 = 133.32 N/m²
 = 0.001316 ATM.

1 FSW = 0.0303 ATM.
 = 0.445 psi
 = 0.313 Kg/cm²

1 ATM. = 14.7 psi
 = 1.0332 Kg/cm²
 1 psi = 0.07031 Kg/cm²

La Presión Atmosférica es el resultado del peso de la Atmósfera sobre la superficie de la Tierra; actúa sobre todos los cuerpos y en todas direcciones, y de acuerdo a las diferentes unidades en que se mide, se puede expresar de las siguientes maneras...

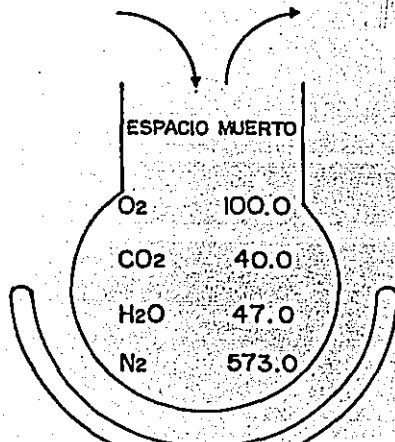
76 cm H₂O
 760 mm Hg
 1033 gr / cm²
 1.033 KG / cm²
 1013 gr Bar
 760 Torr
 14.7 lbs / pulg² (psi)
 29.9 pulg. Hg
 10.32 mts. bajo agua (msw)
 33 pies de agua de mar (fsw)

La Presión Barométrica es la presión de la Atmósfera en un lugar y tiempo dados. Se mide con un barómetro de columna de Mercurio y a nivel del mar registra en la escala: 760 mmHg o 29.92 pulgadas de Mercurio.

La Presión Líquida es el equivalente manejado para la Cámara de Compresión y se mide en pies de agua salada (fsw) es decir; una profundidad de 165 pies dentro de la Cámara, es igual a la presión que se encontraría a 165 pies de profundidad bajo el mar (50 mts.) (28.2 psia) (6 ATA).

AIRE INSPIRADO	
O ₂	158.0
CO ₂	0.3
H ₂ O	5.7
N ₂	596.0

GAS ESPIRADO	
O ₂	116.0
CO ₂	26.8
H ₂ O	4.7
N ₂	569.9



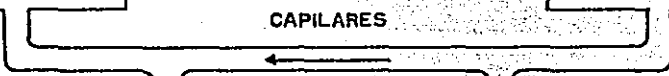
ALVEOLAR	
O ₂	100.0
CO ₂	40.0
H ₂ O	47.0
N ₂	573.0

CORAZON DERECHO

CORAZON IZQUIERDO

VENAS	
O ₂	40.0
CO ₂	46.0
H ₂ O	47.0
N ₂	573.0

ARTERIAS	
O ₂	100.0
CO ₂	40.0
H ₂ O	47.0
N ₂	573.0



TEJIDOS	
O ₂	30.0 -
CO ₂	50.0 +
H ₂ O	47.0
N ₂	573.0

PRESIONES PARCIALES DE LOS GASES EN MMHG A 1 ATA.

La Presión Manométrica es el registro obtenido por un manómetro (menos los de Mercurio) y que marca la diferencia entre presión atmosférica y la de lo que se está midiendo. Cuando muestra una lectura de cero significa que es igual a la presión atmosférica.

Se analizó anteriormente que al ponerse en contacto un gas y un líquido, las moléculas del gas se difundirán en el líquido. A menor temperatura y a mayor presión, existirá mayor solubilidad.

Un líquido puede liberarse de sus gases disueltos al aumentar su temperatura o al disminuir la presión. Al aumentar la temperatura, aumenta el movimiento molecular - la energía cinética - y el gas se desprende del líquido como tal. Al disminuir la presión, el gas tiende a aglomerarse formando burbujas.

El tamaño de las burbujas depende de la presión barométrica del área que rodea a las burbujas siguiendo la Ley de Boyle. Cuanto menor sea el diámetro, mayor será la tensión superficial, colapsando la burbuja y obligando al gas a entrar nuevamente en solución, al aumentar las presiones parciales de los gases dentro de la burbuja.

Este es el principio que se aplica en la Cámara Hiperbárica para tratar la Enfermedad por Descompresión y el Aeroembolismo de los buzos.

Los fluidos corporales se encuentran en equilibrio con la Atmósfera, pero una vez dentro del organismo, existe una diferencia de presiones según el consumo o el aprovechamiento por parte de los tejidos.

La tendencia de los gases a salir de solución y formar burbujas puede expresarse con la siguiente ecuación:

$$L P = t - P_{ab}$$

Donde: LP = Diferencia de presión o tendencia del gas a salir de solución.

t = Tensión total del gas en el medio.

Pab = Presión absoluta (o presión barométrica más la Presión hidrostática).

Sustituyendo... dentro de una arteria a nivel del mar, tenemos:

$$L P = t - P_{ab}$$

t = 760 mmHg (presión del gas en equilibrio con la Atm.)

Pab = 760 mmHg (presión atmosférica)

+ 100 mmHg (presión arterial sanguínea)

$$L P = 760 - (760 + 100)$$

$$L P = 760 - (860)$$

$$L P = - 100 \text{ mmHg}$$

Cuando el valor de LP es NEGATIVO, NO existe tendencia a la formación de burbujas.

Si el valor de LP llega a CERO o es POSITIVO, Si ocurrirá la formación de burbujas.

RELACION ENTRE PRESIONES ENCONTRADAS EN ALTITUD Y EN PROFUNDIDAD

PRESIONES ATMOSFERICAS						PRESION BAROMETRICA
ALTITUD	PROFUNDIDAD	P S I		ATMOSFERAS		mm Hg
PIES SOBRE EL NIVEL DEL MAR	PIES DE AGUA DE MAR	GAGE	ABSOLUTA	GAGE	ABSOLUTA	ABSOLUTA
42, 250	—	2.45	2.45	1/5	1/5	127
38, 250	—	2.94	2.94	1/5	1/5	152
33, 750	—	3.68	3.68	1/4	1/4	190
27, 750	—	4.90	4.90	1/3	1/3	250
18, 000	—	7.35	7.35	1/2	1/2	380
—	—	—	14.7	—	1	750
—	33	14.7	29.4	1	2	1520
—	66	29.4	44.1	2	3	2280
—	99	44.1	58.8	3	4	3040
—	132	58.8	73.5	4	5	3800
—	165	73.5	88.2	5	6	4560

Dentro de una vena principal a nivel del mar, tenemos.....

$t = 760$ mmHg (presión del gas en equilibrio
con la Atmósfera)

porque: $p_{O_2} = 40$ mmHg	$P_{ab} = 760$ mmHg
$p_{CO_2} = 46$ mmHg	+ 0 mmHg (presión ve-
$p_{N_2} = 573$ mmHg	nosa a nivel de tórax)
$p_{H_2O} = 47$	$LP = 706 - (760 + 0)$
706 mmHg	$LP = 706 - 760 = -54$ mmHg

Ante la exposición súbita de una persona a una altitud de --
1800 pies o 350 mmHg sin tiempo a que ocurra un equilibrio -
gradual con la nueva presión tenemos que.....

$t = 706$	$LP = t - P_{ab}$
$P_{ab} = (380 + 0)$	$LP = 706 - (380 + 0)$
	$LP = 706 - 380$
	$LP = +326$ mmHg

Concluyendo: en ambos casos ocurrirá la formación de burbujas.

I V

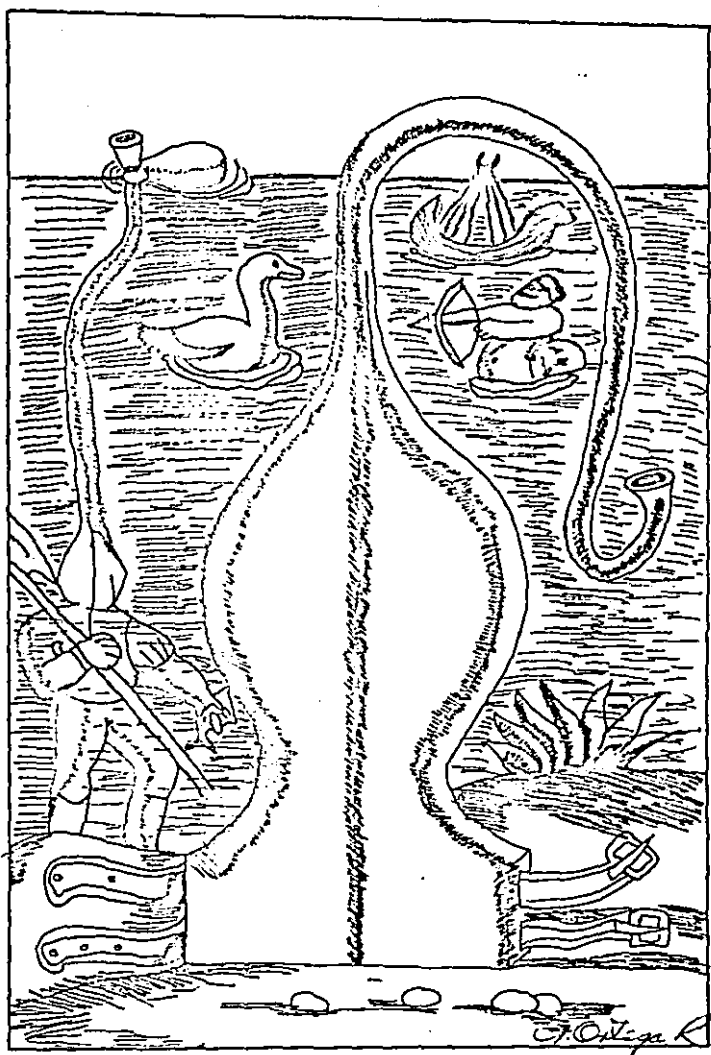
H I S T O R I A

.....

- "No se sabe cuando ni donde se produjo el primer contacto del hombre con el mar, sin embargo, este hecho fué tan importante como aquél momento en que el hombre encendió el fuego por primera vez, o cuando inventó la rueda."

(J.L. CIFUENTES L.)

(1986)



EQUIPO DE INMERSION IDEADO POR
FLAVIO VEGETIO (S. IV)

Los orígenes del buceo se pierden en las olas del tiempo. Los arqueólogos han declarado que el Hombre de Neanderthal realizó inmersiones en busca de comida 4500 años A.C. La Historia escrita asienta que fueron los griegos los primeros grandes buceadores que descendían en los océanos en busca de coral, perlas y esponjas. Fueron también los griegos quienes establecieron las primeras Leyes con relación al pago y parte proporcional de los objetos rescatados de las aguas.

Durante la Guerra de Troya, del año 1194 al 1184 a.C. se emplearon por primera vez los buzos con propósitos militares para practicar horadaciones en el casco de las naves, y cortar las cuerdas de las anclas. El ejército enemigo cambió las cuerdas por cadenas y adiestró un comando submarino para proteger sus embarcaciones llamando "urinadores" a los guerreros anfibios que lo conformaban.

Se cuenta que Marco Antonio pretendió impresionar a -- Cleopatra en un concurso de pesca ordenando a sus buzos atar pescados a su anzuelo 1 siglo antes de Cristo.

250 años a.C. ARQUIMIDES descubre en forma accidental el principio de la flotabilidad de los cuerpos sumergidos en agua, que más tarde llevaría su nombre.

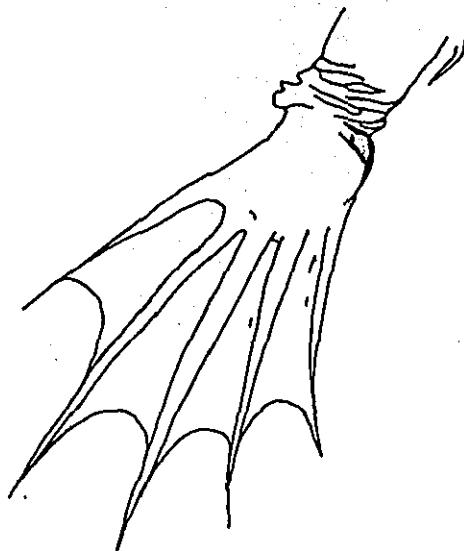
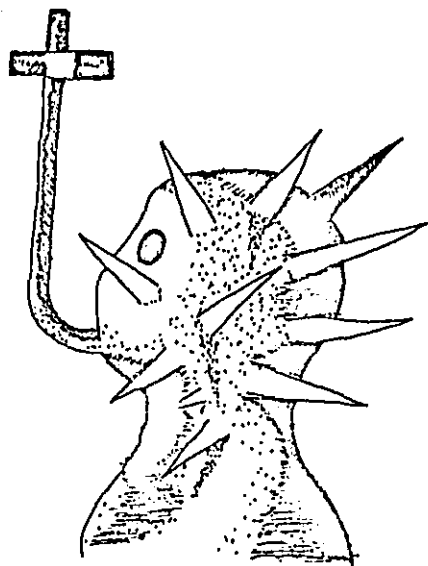
Tras la caída del Imperio Romano, los musulmanes son los buzos más destacados de la época. Acostumbraban untarse

brea negra en el cuerpo para alejar a los monstruos marinos. ARISTOTELES, dentro de los clásicos antiguos, es quien proporciona más información al respecto: menciona los avances que para el Siglo III había logrado el buceo, mientras unos hombres empleaban cañas huecas y varas de bambú para respirar durante una inmersión en aguas poco profundas, otros utilizaban los "lebeta" o calderos invertidos llenos de aire o con un ducto que llegaba hasta la superficie; habla de una Cámara de Inmersión que utilizó Alejandro el Grande durante el Sitio de la Ciudad de Tiro en el cual transportó a sus soldados bajo las aguas para sorprender y derrotar a Darío III, Rey de los Persas.

Desde hace más de 2000 años, las "ama" o mujeres buzo del Japón se dedicaron a la búsqueda de perlas, esponjas, corales y plantas dejando las actividades de la pesca y el comercio para los hombres, ya que consideraban que las mujeres eran más resistentes a las bajas temperaturas y que el buceo afectaba la virilidad de los hombres. CRISTOBAL COLON describió el sistema de una tribu de indios del Norte de América para cazar aves acuáticas nadando sumergidos respirando mediante cañas de bambú. FLAVIO VEGETIO, militar romano, en su obra "De Re Militari" describe un traje hermético provisto de un capuchón con un tubo respirador sostenido en la superficie por un flotador. DIEGO UFANO, años después, agregó unos lentes frente a los ojos, y un par de pesas atadas a los pies.

Estos trajes se podían utilizar a menos de dos metros de profundidad. LEONARDO DA VINCI a mediados del Siglo XV diseñó una campana de buceo y un salvavidas, proyectó submarinos, las primeras aletas semejantes a las actuales, los primeros tubos respiradores, depósitos de aire para respirar bajo el agua y capuchones de cuero con puntas "para defender al buzo del ataque de los peces", pero destruyó la mayoría de los planos, temiendo que el hombre los utilizara para dedicarse al asesinato en el fondo del mar."

Hacia 1650 BLAISE PASCAL estableció las bases de la Hidrodinámica. En 1660, ROBERT BOYLE dicta su Ley sobre el comportamiento de los gases. HENSHAW, en 1662, médico inglés construyó un "domicilium" -la primer Cámara Hiperbárica- que funcionaba con un par de fuelles de órgano y una válvula para modificar las presiones del interior. Empleó altas presiones para tratar enfermedades agudas, y bajas presiones para los padecimientos crónicos. VON GUERICKE en 1650 inventó la primer bomba de aire efectiva, y ROBERT BOYLE, en ese mismo año, experimenta con animales sometidos a diferentes presiones, describiendo en 1670 la formación de burbujas en el humor acuoso del ojo de una víbora víctima de una descompresión súbita. En 1680 BORELLI corrigió el aparato de aire comprimido diseñado por Da Vinci y opinó que el contenido debería ser purificado antes de volverlo a respirar. En 1690, EDMUND HALLEY, astrónomo que predijo la



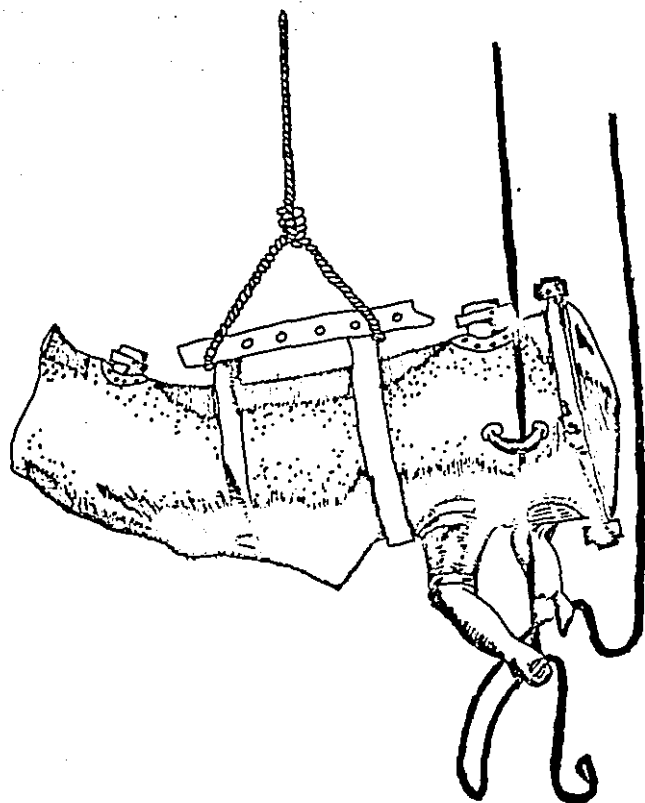
CAPUCHON Y ALETAS DISEÑADAS POR LEONARDO DA VINCI
(SIGLO XV)

órbita del cometa que lleva su nombre, patentó una gigantesca campana de buceo, alimentada con aire de barriles - que sumergían invertidos desde la superficie, efectuándose con ésta las primeras inmersiones prolongadas (90 minutos a 20 metros). JOHN LETHBRIDGE en 1715 construyó - un cilindro hermético con mangas de cuero y una mirilla - al frente donde se introducía una persona y podía descender hasta 20 metros en posición horizontal. A principios del Siglo XVIII, BORELLI diseñó una bolsa de cuero que se llenaba de aire para después meter la cabeza. Llevaba una mirilla para observar al frente y un par de pesadas aletas en forma de garra. PRIESTLEY, al experimentar con el Oxido Nitroso, lo calentó y descubrió el Oxígeno, al que llamó "aire deflogisticado". FREIMET en Francia y KLINGERT - en Alemania entre 1771 y 1776 desarrollaron un incómodo -- traje para inmersiones con armazón metálica y casco con una ventanilla, provisto de un fuelle que el mismo buzo accionaba para hacerse llegar aire. Veinte años después, el segundo de éstos hombres, ideó una escafandra con un depósito de aire comprimido por la misma presión del agua.

En 1782 la Academia de Ciencias Holandesas ofreció un premio tratando de fomentar los trabajos de investigación - y para el diseño de un aparato que permitiera estudiar los efectos de las altas presiones en Biología. El premio fué - ofrecido nuevamente en 1785, 1788 y 1791, pero no hubo contendientes.

A principios del Siglo XIX; entre 1805 y 1810, Francia, Inglaterra y Alemania asentaron las bases de la fisiología del buceo y sus investigadores llegaron a desarrollar campanas para buceo que sólo contenían la cabeza del buzo pero - que se llenaban de agua si el hombre se inclinaba. Basándose se en estos descubrimientos, AUGUST SIEBE diseñó un casco - en forma de esfera cerrada que descansaba sobre los hombros del buzo y un traje de cuero que protegía al buzo del frío y de la humedad, y un par de zapatos de plomo en 1819. El - aire para este equipo -el primer traje de buceo- era bombeado desde la superficie por un motor. Hacia 1837, el mismo - Siebe diseñó un peto para atornillar la escafandra, asegurando la hermeticidad de su traje. En 1830, Francia encabezó la nueva moda de la Medicina Hiperbárica empleando Cámaras de 2 y 4 Atmósferas para "incrementar la circulación de los - órganos internos y producir una sensación de bienestar al - mejorar la circulación cerebral", basándose en el invento - de Henshaw. JUNOD, en 1834, diseña y dirige la construcción de la primer Cámara Hiperbárica en Francia en forma de - esfera, donde se alcanzaban 2, 2.5 y 4 Atmósferas de presión. TABARIE y FRAVAZ, siguiendo sus trabajos, emplearon Cámaras Hiperbáricas para tratar trastornos pulmonares y de vías aéreas que incluían tuberculosis, laringitis, traqueítis, pertusis, cólera, metrorragias, conjuntivitis, etc.

FRAVAZ en Lyon, construyó la Cámara más grande de la - década, donde colocaba hasta doce pacientes al mismo tiempo para proporcionarles sus "baños de aire comprimido". TRIGER



ADITAMENTO PARA INMERSION A 20 METROS
IDEADO POR JOHN LETHBRIDGE (1715)

en 1841 diseñó y dirigió la construcción del primer Cajón que, sumergido a 65 pies (20 mts) y habiendo desalojado el agua del interior inyectando aire a presión, permitía a un grupo de hombres trabajar a profundidad para colocar los pilones para la construcción de un puente a través del Río Loire en Chalons, Francia. Los trabajadores refirieron aparición de dolores articulares al emerger a la superficie tras siete horas de trabajo bajo presión.

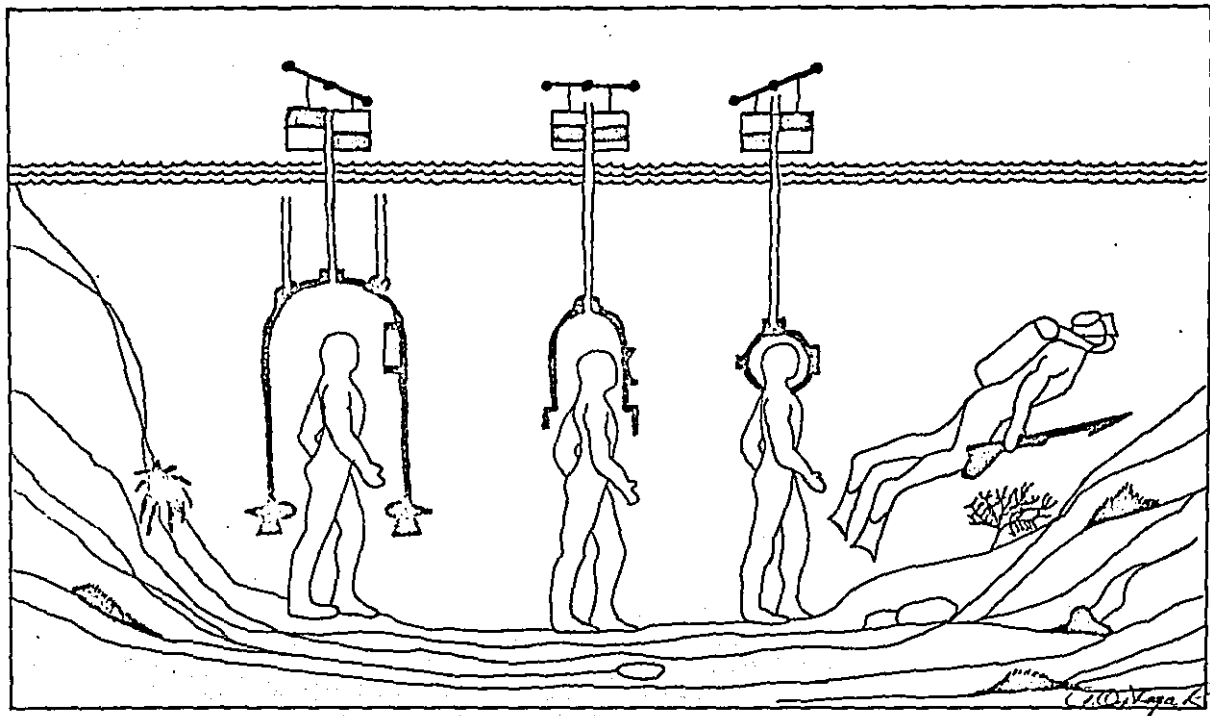
También en 1841 PAUL BERT investiga los efectos de la hipobaría y de la hipoxia, y propone la Oxigenoterapia Hiperbárica como tratamiento ideal. Describe la toxicidad del Oxígeno a presión en lo que después se llamaría "Efecto de Paul Bert" al afectar al Sistema Nervioso Central. Publica, además, un libro llamado "La Presión Barométrica", donde describe los efectos fisiológicos de los cambios de presión.

Siebe y sus rivales, empleando los trajes herméticos - diseñados hasta entonces, comenzaron a observar los primeros casos de una enfermedad semejante a la que padecían los trabajadores de los Cajones. Paul Bert se interesó y al estudiarlos encontró que el padecimiento era debido a la formación de burbujas de gas en el cuerpo y sugirió que el ascenso gradual podía prevenir la enfermedad y demostró que el dolor articular podía aliviarse regresando a los afectados nuevamente a altas presiones.

Se funda la Primer Escuela de Buceo en Inglaterra, a cargo de la Armada Real en 1843, a donde J.S. HALDANE es comisionado para investigar los problemas de los buzos y de los trabajadores de los Cajones. Basándose en los cálculos y en las investigaciones de Paul Bert, desarrolló lo que -- más tarde serían las Primeras Tablas de Descompresión para Buceo.

Proliferan en toda Europa, hacia 1850, los Institutos Neumáticos que poseían incluso quirófanos hiperbáricos móviles. DE BERTIN, JOURDANET, MILLIET Y VON LIEBIG llegaron a tener en su Instituto Neumático hasta cinco Cámaras que les permitían tratar hasta 50 pacientes simultáneamente. La fama de la Medicina Hiperbárica se extiende rápidamente y en un corto tiempo, para mediados del Siglo XIX, ya existían este tipo de Centros en Otley, Malvern, Baden-baden, Bruselas, -- Londres y Berlín.

En 1854 POL y WATELLE publicaron un trabajo donde demostraron la relación entre presión, tiempo de exposición y rapidéz de la descompresión en el desarrollo de la Enfermedad por Descompresión. En 1855 se presenta en la Exposición Internacional de París el primer traje de buzo con escafandra que permitió explorar los fondos marino, por vez primera, caninando. Entre 1855 y 1860, BENOIT y ROUQUAYROL (Ingenieros en Minas) y AUGUSTE DE NAGROUZE (Oficial de la Marina), adaptaron a la escafandra de Siebe un regulador para --



LA EVOLUCION DE LA ESCAFANDRA (DE ARISTOTELES A COUSTEAU)

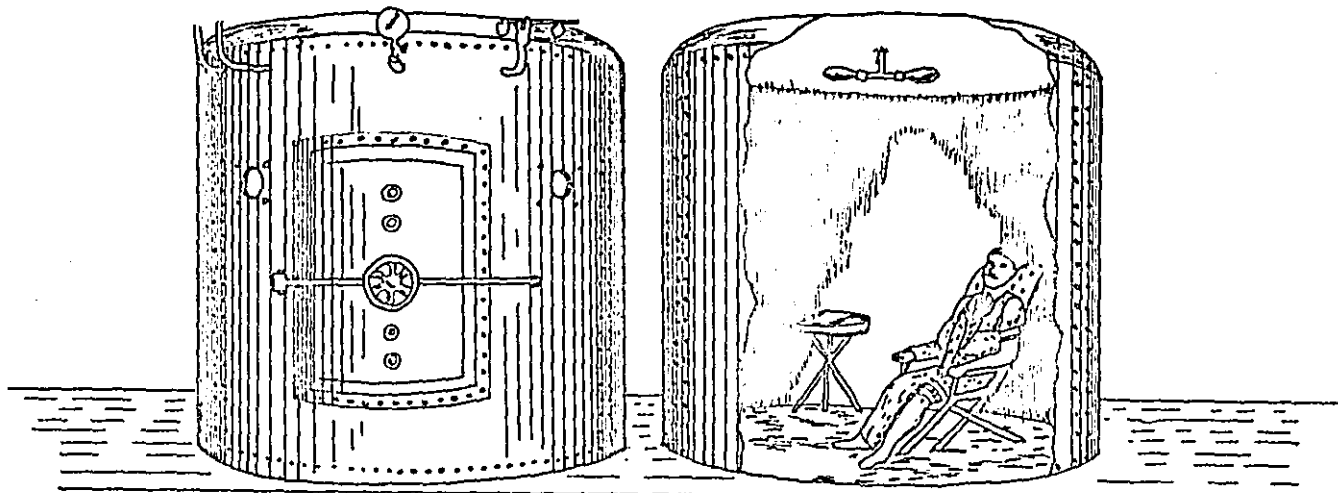
controlar la presión de un pequeño tanque de aire que lleva el buzo a la espalda, permitiéndole desconocerse durante algunos minutos de la toma de aire principal, proporcionando con esto mayor libertad.

En 1857 HOPPE-SEYLER descubrió la obstrucción de los vasos pulmonares y la incapacidad del corazón para funcionar, por burbujas formadas durante la descompresión rápida como causa de la muerte de trabajadores de Cajones y recomendó la recompresión para remediarla. En 1860 se construye en Canadá la primer Cámara Hiperbárica de América. En 1869 LE ROY DE MERICOURT describe entre los pescadores de esponjas una enfermedad semejante a la de los trabajadores de Cajón. GAL, en 1872 realiza nuevas investigaciones, coincidiendo con los resultados. En 1872 FRIEDBURG comparó los casos clínicos de los pescadores, buzos y trabajadores de Cajón con los pacientes que habían sufrido aereoembolismo transoperatorio y en Obstetricia, encontrando gran similitud y sugiere que la descompresión rápida podía ser la causa. SMITH describe en 1873 la "Enfermedad de los Cajones" o "Trastorno del Aire Comprimido" como causa de la disminución de la presión posterior a un ambiente hiperbárico. En 1875 se construyó en Milán el Instituto Neumático dirigido por FORLANINI, pionero del neumotórax artificial para el tratamiento de la Tuberculosis. En 1876 Paul Bert publica "La Presión Atmosférica y sus Efectos Sobre el Cuerpo Humano" con lo cual es reconocido como el padre de la Fisiología a Presión. En 1878

Bert, demuestra que la enfermedad de la Descompresión es el resultado de las burbujas de Nitrógeno relacionadas a las leyes de Dalton y de Henry, proponiendo la Oxigenoterapia como tratamiento. FONTAINE en 1879 describe la recuperación más rápida de la Anestesia, con menos cianosis, excitación o vómito en pacientes intervenidos en Quirófanos Hiperbáricos. Trata a pacientes con hernias, asma, enfisema, bronquitis, anemia, etc. y muere en forma accidental experimentando con una Cámara, lo cual lo vuelve el primer médico mártir de la Oxigenoterapia Hiperbárica. En 1885 en Inglaterra, el Dr. C.E. WILLIAMS comenta el poco uso que se le ha dado en su país a la Terapia Hiperbárica, al contemplar, asombrado, los múltiples beneficios que aporta y la sencillez de su agente.

En 1889, THIRIAR, en Francia experimenta inyectando O_2 intramuscular en la periferia de las zonas afectadas por el Antrax. J.L. CORNING, pionero de la Anestesia Espinal, publica un libro donde menciona la "Terapia Hiperbárica como un tratamiento sorprendente para las enfermedades del Sistema Nervioso Central. Fué el primero en utilizar un compresor movido por un motor eléctrico de 1 caballo de fuerza.

En 1894 A..H. SMITH observó el aumento de la sintomatología dolorosa articular con la posición erecta y le denomina "bends" a los movimientos que les provocaba el dolor, semejante a ademanes de exóticas mujeres griegas. ZUNTS, en 1897 describe los factores que modifican el tamaño de la --



LA CAMARA HIPERBARICA DE J. L. CORNING (NUEVA YORK 1801)

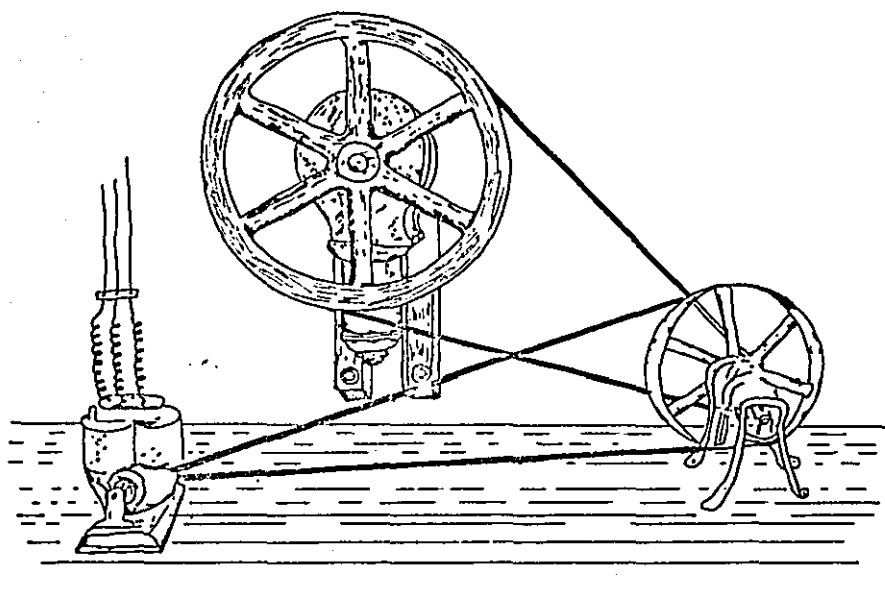
burbuja y su relación con la tensión de Nitrógeno. SNELL, - en ese mismo año, reportó el riesgo de padecer Enfermedad - por Descompresión, relacionada con el aumento de CO₂ en los Cajones por deficiente ventilación. En 1900 Haldane publica sus Tablas de Descompresión para Buzos. ERDMAN, en 1907 estudia la Enfermedad de los Cajones y le llama Aeropatía; - ARMSTRONG en 1939, Aeroembolia; HALL en 1955, Aerobulosis; - ALDER, en 1950, Disbarismo y HORNBERG desde 1941 ya le catalogaba como Enfermedad por Descompresión. HALDENE en 1912 publica "Los Ratones de Haldene" donde describe sus estudios con CO y su tratamiento con Oxígeno Hiperbárico. Se reportan 500 casos de Osteonecrosis Disbárica y Necrosis Aséptica de los Huesos Largos en los trabajadores de Cajón durante la construcción del Túnel de Elbe a Hamburgo en 1912. BASSOE sugiere la relación entre la aparición de "bonds" articulares y la evidencia radiológica de atrofia ósea y esclerosis.

Continuando con el desarrollo de equipos que permitieran al buzo mayor libertad y seguridad, YVES LE PRIEUR en 1926 desarrolla un equipo de respiración provisto de un regulador manual y un tanque de aire comprimido, usadas junto con unas aletas de caucho diseñadas por DE CORLIEAU, supliendo los zapatos de plomo, permitiéndole al buzo nadar libremente, con lo que nace el primer "hombre pez" u "hombre rana". CUNINGHAM, en 1927, construye una Cámara Hiperbárica en Kansas City con varias habitaciones individuales provistas de radios, pianos, teléfono, fonógrafo y baño.

En esta Cámara se trataban padecimientos tales como; Hipertensión Arterial, Diabetes Mellitus, Sífilis y Cáncer. Posteriormente, Cuningham se asocia con un rico industrial de Ohio en 1928 para fabricar una gigantesca esfera hiperbárica con 72 Cámaras repartidas en 6 pisos, con habitaciones que contaban con todas las comodidades de un hotel de lujo. Esta Unidad - estuvo a cargo de la Asociación Médica Americana. BEHNKE, en 1942 propuso la presencia de burbujas silenciosas. TAYLOR, siguiendo las lesiones de Osteonecrosis disbárica, encuentra - que pueden ser sustituidas por hueso nuevo.

JACQUES YVES COUSTEAU en 1943, en combinación con el Ingeniero EMILE GAGNAN, mejoran el equipo de Yves Le Prieur adaptándole un Regulador de Presión Demanda. El éxito se completó poco después con el advenimiento del traje de neopreno.

En 1950 se realizan los primeros tratamientos con Oxigenoterapia Hiperbárica bajo Protocolos de Estudio, por Boerema en Amsterdam, Churchill en Londres y de Illingworth en -- Glasgow. Behnke lanza su Teoría, de que existen 5 tipos de tejidos que captan y liberan diferentemente el gas. Boerema describe en 1960 la aplicación de la hipotermia y la Oxigenoterapia Hiperbárica combinadas para alargar el tiempo de seguridad durante el paro cardiaco para las Cirugías de corazón abierto. Publica "Vida sin Sangre" y "Quirófano con atmósfera Hiperbárica" BRUNNELKAMP y MEIJNE desarrollan un --



G. Ortega R.

SISTEMA ELECTRICO DE COMPRESION DE LA
CAMARA DE J. L. CORNING. (1 CABALLO DE FUERZA)

programa para tratar buzos, trabajadores de Cajón, pescadores de esponjas y Gangrena Gaseosa con Oxígeno Hiperbárico. En 1963, MACKAY detecta "burbujas silenciosas" por Ultrasonografía. LAMBERSTEIN en 1965 declara que el advenimiento de la Oxigenoterapia Hiperbárica es tan grande como el descubrimiento de los Antibióticos o de la Transfusión sanguínea. En 1968 se crea una técnica de Doppler Ultrasonográfico para detectar "burbujas silenciosas". De 1968 a 1988 se han venido diseñando por computadora Tablas de "descompresión" aparatos y equipo para permitirle al hombre llegar a mayor profundidad con mayor seguridad.

1988, La ARMADA DE MEXICO se vuelve en nuestro país la pionera en el desarrollo de la Medicina Hiperbárica, antes totalmente desconocida por una gran mayoría, al capacitar como parte de su formación dentro de la Especialidad de Medicina Integral Naval a catorce Residentes con conocimientos de Medicina Hiperbárica, de Aviación y Submarina; ardua tarea encomendada a Sanidad Naval y desarrollada por el personal docente especializado en el Centro Médico Naval de México.

BIBLIOGRAFIA: 2, 3, 4, 5, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15, 16, 17, 20, 21, 22, 25, 26, 27.

V

MEDICINA Y FISIOLÓGIA
.....
H I P E R B A R I C A
.....
(R I E S G O S Y C O N T R A I N -
.....
D I C A C I O N E S .)
.....

- "Del gran tamaño y vivacidad que adquiere la flama de una vela ante este aire puro deflogisticado, puede inferirse que es posible -- que sea saludable para los pulmones respirarlo en ciertos casos de enfermedad pero, tal vez, puede no ser propio para usarse en el estado usual de salud del cuerpo, ya que así como una vela arde y se consume mucho más rápido, es posible que podríamos vivir muy rápido y agotar de la misma forma nuestras facultades."

(PRIESTLEY, 1775)

La Terapia Hiperbárica de cualquier desorden o enfermedad se basa en dos factores físicos:

- 1).-La compresión mecánica de las burbujas, que responderán a la Ley de Boyle y a la Ley de Dalton.
- 2).-El transporte y utilización del Oxígeno por los tejidos cuando se administra a alta presión.

La Oxigenoterapia Hiperbárica se consigue al hacer que un paciente respire Oxígeno 100 % puro por medio de una mascarilla, mientras se encuentra expuesto a una presión barométrica elevada, dentro de una Cámara de Compresión con Aire.

La Oxigenoterapia Hiperbárica tiene ventajas terapéuticas siempre que pueda ser administrada dentro de límites adecuados para evitar efectos nocivos. La circulación del O_2 atraviesa por tres etapas o fases, a saber:

- A).-FASE DE VENTILACION.-Su función es proveer suficiente O_2 y remover suficiente CO_2 , de acuerdo a las demandas del Metabolismo.
- B).-FASE DE TRANSPORTE.-Pone en contacto el medio ambiente externo con los órganos y tejidos de la economía.
- C).-FASE DE UTILIZACION.-Es aquella en donde el O_2 del Aire, una vez puesto en presencia de los organelos es utilizado en el Metabolismo Celular.

Para algunos, existe una cuarta fase, o:

D).--FASE DE DIFUSION.--que simplemente es el paso a través de las barreras que separan las estructuras de cada una de las tres fases anteriores y que pueden alterarse --las cuatro-- por factores patológicos -- que obstaculizan el aprovechamiento del O_2 .

Los eritrocitos contienen la Hemoglobina (Hb). La Hb se combina con el O_2 para transportarlo. Un gramo de Hb puede combinarse con 1.36 ml. de O_2 . La concentración normal de Hb es de 15 gr. / 100 ml. de sangre. Por lo tanto, cuando la Hb está saturada al 100%, 100 ml. de sangre pueden -- transportar 20 ml. de O_2 o 20 vol.%.

Al nivel del mar, donde la presión alveolar y arterial del O_2 es de \pm 100 mmHg, la Hb está saturada en un 97% con O_2 y contiene 19.4 vol.%. La Hb estará saturada al 100% cuando el O_2 tenga una presión arterial de 100-200 mmHg.

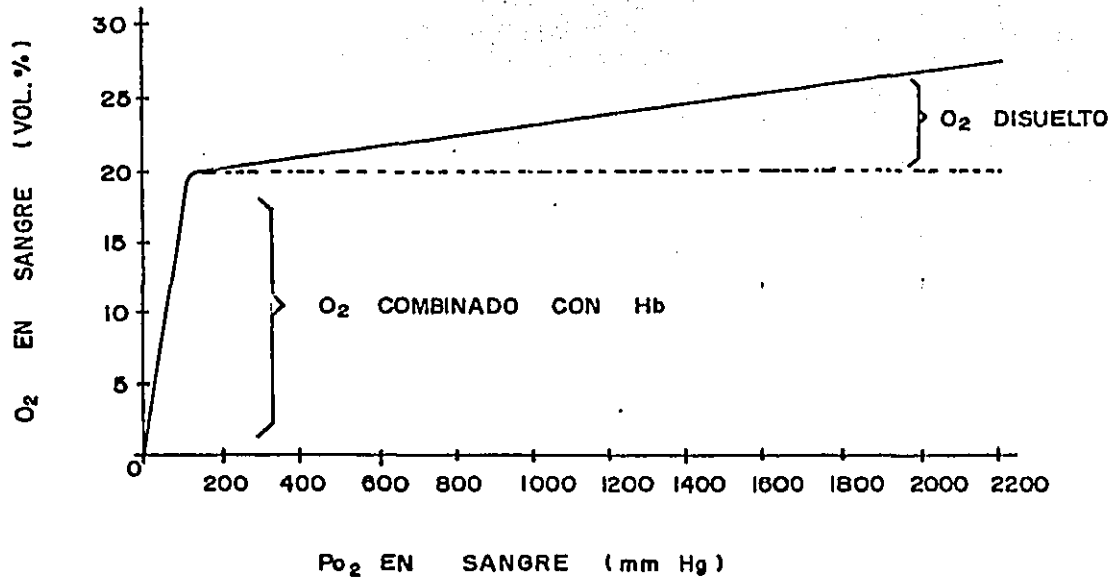
El aumento de la presión alveolar de O_2 por arriba de los 200 mmHg no se logrará aumentar el contenido de O_2 transportado por la Hb. Una vez que la Hb está totalmente saturada, el O_2 adicional será transportado a los tejidos disuelto en el plasma.

El O_2 a temperatura corporal tiene un coeficiente de solubilidad de 0.0031 vols % / mmHg P_{O_2} , por lo cual, se le considera relativamente insoluble. A nivel del mar con -

SOLUBILIDAD DEL OXIGENO

0.003 VOL. % mmHg P_{aO_2}

2.3 VOL. % ATA P_{aO_2}



una presión arterial de O_2 de 100 mmHg solamente 0.03 ml de O_2 se disolverán en cada 100 ml de sangre.

Al medir la diferencia del O_2 contenido en la sangre arterial contra el contenido en la sangre venosa, conoceremos la utilización total de O_2 por el organismo. Los requerimientos metabólicos de las células pueden expresarse como el número de moléculas de O_2 utilizadas por minuto. El contenido de O_2 en cualquier punto de un tejido depende de la distancia de este tejido hasta los capilares funcionales, la demanda de O_2 por los tejidos, y la presión de O_2 en el capilar. Las células en el punto más lejano del lado arterial de los capilares serán las primeras afectadas por la disminución de presión del O_2 a través de la longitud del capilar.

El aumento de la elevación de la presión arterial del O_2 se traducirá en el aumento de la tensión del mismo en los tejidos a distancia, incrementando con ello la captación y la utilización, máxime cuando se utiliza en forma pura y bajo condiciones hiperbáricas. El efecto mecánico directo de los cambios de presión en las partes huecas de las estructuras corporales obedece a la aplicación de la Ley de Boyle.

Las molestias encontradas durante los cambios de presión dependen de la habilidad para igualar las presiones -- dentro del oído medio, los senos paranasales, el tracto gastrointestinal y los pulmones.

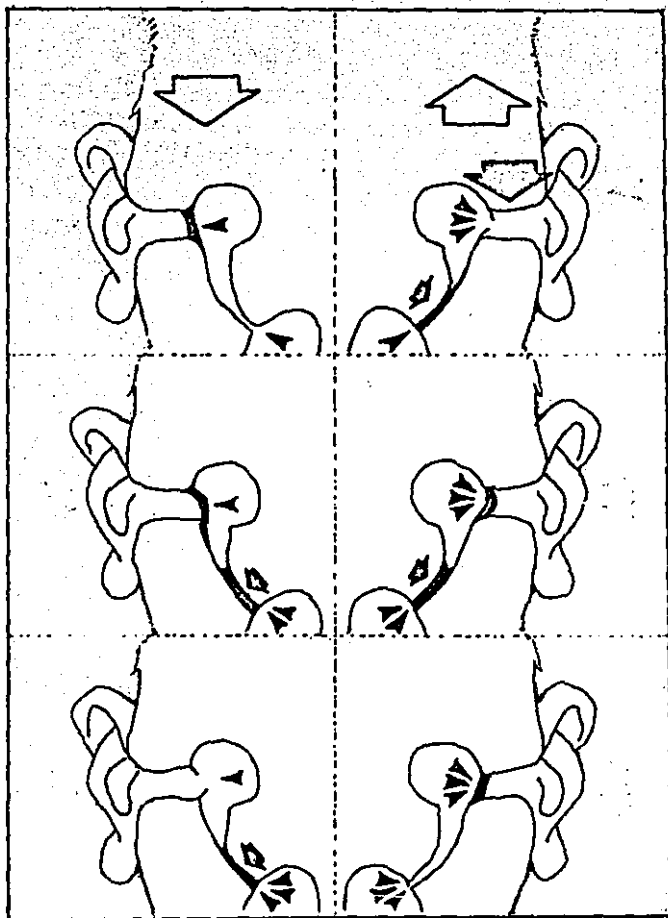
El descender en una Cámara de Compresión presenta los mismos problemas que enfrentaríamos al descender bajo el agua al bucear o al disminuir nuestra altitud volando en un avión.

La velocidad de aumento de presión puede ser, durante la compresión, de hasta 11.25 mmHg/seg. (25 pies/min.) o - (11.125 psi/min.). En una inmersión de entrenamiento puede ser hasta de 23 mmHg/seg. (60 pies por minuto) y llega hasta 3800 mmHg (165 fsw o 50 mts) de profundidad.

Son necesarios los esfuerzos voluntarios activos para comenzar o igualar presiones entre el Conducto Auditivo Externo y el Oído Medio, abriendo la Trompa de Eustaquio, ya que una presión negativa relativa dentro del Oído Medio con respecto a la del exterior, obrará sobre la membrana timpánica abombándola hacia el interior.

Con una diferencia de presión negativa de 60 mmHg aparece una sensación de hipoacusia y otalgia. Si ésta llega entre 60 y 80 mmHg el dolor severo puede irradiar a nivel del temporal o de la mastoides y a la región de las Glándulas Parótidas, acompañándose de sordera, vértigo y tinitus. (Que de ser persistentes, hay que procurar valoración por un ORL ya que puede existir ruptura de la ventana oval). Si la diferencia de presiones alcanza los 100 mmHg, la membrana timpánica se romperá y esto se acompañará de dolor, vér-

BAROTRAUMATISMO DE OIDOS



AL DECENDER

AL ACENDER

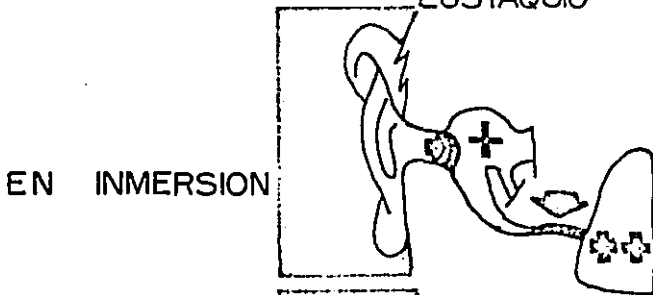
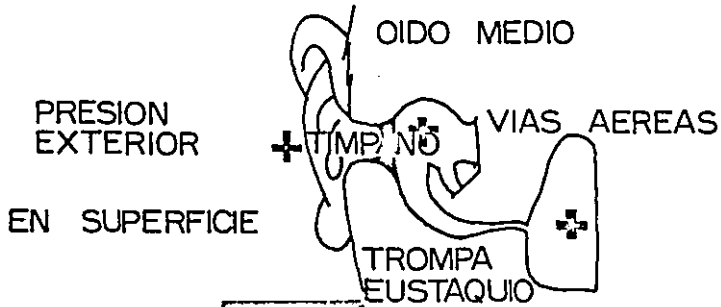
tigo, náusea, vómito, colapso e incluso, estado de choque - generalizado. La prevención de esta patología durante el -- descenso en una Cámara Hiperbárica será: NO hacer una inmer-- sión cuando se tenga algún padecimiento de las vías respira-- torias y NO continuar el descenso si no se puede compensar en todo momento.

Los observadores externos y los monitores internos, de-- berán estar atentos a esta problemática y deben detener la inmersión, ascender un poco, esperar a que el sujeto compen-- se y reiniciar la compresión cuando éste lo logre. En caso contrario, se detendrá el procedimiento y se abortará al -- afectado fuera de la Cámara.

En ocasiones el uso de un descongestionante (vasocons-- trictor o antihistamínico) y de un descenso lento permiti-- rán continuar la inmersión. Un paciente inconciente, con -- problemas de comprensión o uno poco cooperador representará un problema. En este caso, es preferible realizar una mirin-- gotomía.

En el caso de que el dolor se produzca en los Senos Pa-- ranasales durante la compresión, puede ser tan intenso que, si ocurre, habrá que suspender el descenso e iniciar el re-- greso a la superficie. Todo aquél que refiera sintomatolo-- gía dolorosa deberá ser revisado por el ORL una vez fuera - de la Cámara en la superficie.

EQUILIBRIO DE LOS TIMPANOS



ESTABLECIMIENTO DEL EQUIBRIO
(MANIOBRA DE VASALVA)

Si uno contiene la respiración, o tiene algún segmento obstruido, durante la compresión desarrollará un "squeeze" o colapso pulmonar, respondiendo el aire atrapado a la Ley de Boyle, lo cual producirá un exudado de suero y sangre del parénquima y de los capilares hacia los alveolos y las vías aéreas, al aumentar la presión negativa. Si este colapso es severo o extenso, puede ser fatal. Si se continúa el descenso, más allá del colapso pulmonar, puede producirse ruptura torácica debido a la sobrepresión externa. Al ascender, el oído medio y los senos paranasales normalmente no presentan ninguna dificultad. En caso contrario, la compensación, los vasoconstrictores y una descompresión lenta pueden ayudar.

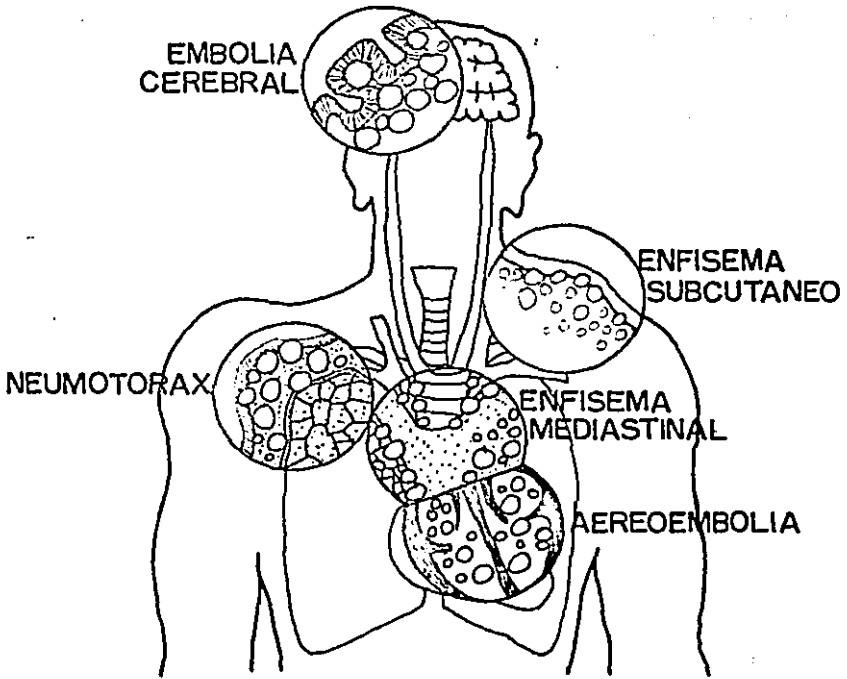
Es importante recordar que si durante la descompresión se realiza la Maniobra de Valsalva, puede ocasionarse una ruptura pulmonar, ante la sobrepresión interna.

El Tubo Digestivo o Tracto Gastrointestinal no presentará ningún problema ya que durante la compresión sus gases disminuirán su volumen, mientras que durante la descompresión volverán a tomar su tamaño real. Si durante el tiempo de fondo se produjo aerofagia, o si se tomaron alimentos o bebidas formadoras de gas, durante el descenso el aire se expandirá produciendo una sensación desde incómoda hasta dolorosa. Si el aire no se puede expeler con facilidad, puede colocarse una Sonda de Levin o "ascástrica".

En caso de haber inspirado aire profundamente, o de tener atrapado el mismo en un segmento del pulmón, éste contenido se expandirá durante el ascenso. Si se continúa el ascenso, la presión interna excederá a la presión ambiente del cuerpo, llegando un punto en el que el tejido pulmonar no resistirá la presión y se romperá, pasando el gas atrapado a los vasos sanguíneos, generando una aeroembolia con colapso pulmonar, neumomediastino o neumotórax con enfisema subcutáneo cervical.

El aeroembolismo ocurre cuando el gas penetra directamente a la circulación pulmonar en forma de burbujas. Estas pasan al corazón izquierdo y de ahí, se distribuyen por el torrente circulatorio a todas las regiones del organismo. La complicación más seria sería el bloqueo del flujo sanguíneo cerebral o de las arterias coronarias con resultados letales. Los síntomas del aeroembolismo son dramáticos y de instalación súbita. Se comienzan a manifestar durante el ascenso o inmediatamente al llegar a la superficie. El tratamiento consiste en la recompresión inmediata a 165 pies, 6 ATA o sea, a 50 metros de profundidad de agua de mar, para colapsar las burbujas y restaurar la circulación normal, antes de realizar la descompresión lenta.

Debido al atrapamiento anormal de aire entre los tejidos, se presenta como consecuencia una sobredistención con ruptura del parénquima pulmonar con el consiguiente ENFISEMA.



Si el aire queda atrapado bajo la piel, se denomina ENFISEMA SUBCUTANEO y ENFISEMA MEDIASTINAL si queda en derredor del corazón, los pulmones y los grandes vasos. Cuando el volumen del aire atrapado es importante, se desarrollarán graves complicaciones. El neumotórax se presenta si el pulmón se rompe hacia el espacio pleural y se colapsa. La respiración es difícil y la circulación puede verse afectada. NO DEBE EMPLEARSE TERAPIA DE COMPRESION a menos que el cuadro se acompañe de embolia gaseosa, ya que la compresión disminuirá aún más el volumen pulmonar.

La retención voluntaria o involuntaria de la respiración es la causa más frecuente del neumomediastino y del neumotórax, incluso como resultado de pánico, de inconciencia o convulsiones. El ascenso se debe detener si el paciente comienza a toser o a estornudar. La profundidad de la Cámara NO debe cambiarse sin antes tomar todo tipo de precauciones o si alguna de las personas en el interior está durmiendo, o muestra signos de intoxicación por O_2 .

Los pacientes con neumectomía pueden ser tratados en la Cámara Hiperbárica, siempre y cuando sea de larga evolución; si es reciente deberá de colocarse un sello de agua.

Cualquier persona que haya sido intervenida quirúrgicamente por un defecto de conducción ósea en el oído medio -- con colocación de un implante de plástico o de alambre, debe

ser valorado antes de la inmersión por un ORL para que se le practique miringotomía o se le coloquen tubos de polietileno transtimpánicos. La igualación de presiones se realiza más fácilmente con el paciente sentado y se le debe de instruir antes del tratamiento, sobre como realizar las maniobras que le ayuden a compensar.

La Marina de los Estados Unidos ha clasificado de la siguiente manera el barotrauma de oído:

- Grado (Teed)
- 1.-Eritema del mango del martillo en el tímpano
 - 2.-Eritema del tímpano completo.
 - 3.-Hemorragia dentro de la membrana timpánica, que aparece como parches rojo brillante en el tímpano.
 - 4.-Apariencia amoratada del tímpano que indica que la sangre está llenando el Oído Medio.

Algunos pacientes se quejan de parestesia de dedos y de temblor fino de manos, después de recibir largas sesiones de Oxígeno Hiperbárico. Se desconoce la causa de esta patología que desaparece algunas semanas después de haber suspendido las sesiones de Cámara, sin secuelas. Lo único que hay que hacer es tranquilizar al paciente. Otros pacientes se quejan de dificultad para enfocar los objetos distantes; es decir, se empeora la miopía y se mejora la presbicia. Las personas mayores de 50 años son las más afectadas. Algunos pacientes refirieron no volver a recuperar su visión an

terior, previa al tratamiento. Los cambios se deben a modificaciones en el cristalino, de causa desconocida aún.

Los recién nacidos a término pueden ser tratados con seguridad dentro de la Cámara, pero los prematuros tienen posibilidad de desarrollar Fibroplasia Retrolenticular. La ceguera se ha asociado a la Terapia Hiperbárica en algunos pacientes portadores con historias de Neuritis Optica, por lo que se considera conveniente detener la terapia ante la más mínima molestia o cambio en la agudeza visual y no volver a intentar otra inmersión sin haber sido valorado antes por un Oftalmólogo.

Se considera al embarazo como un factor excluyente para someterse a Terapia Hiperbárica debido a que las altas concentraciones de O_2 podían producir el cierre prematuro de los conductos arteriales de los productos no nacidos aún así como el riesgo de desarrollar Fibroplasia Retrolenticular. Los rusos han reportado después del parto un crecimiento y desarrollo normales en más de 500 niños cuyas madres fueron manejadas con Oxigenoterapia Hiperbárica Intermitente por ser portadoras de cardiopatías congénitas diversas que les impedían llevar a término sus embarazos, contando con Historia de Aborto Habitual. La aplicación de esta forma de Terapia sigue en experimentación.

Se han reportado molestias de moderadas a severas rela

cionadas con las piezas dentales obturadas que albergan en su interior pequeñas burbujas de aire no detectadas antes - del tratamiento. Las piezas careadas no tratadas, por constituir una cavidad abierta no representa ningún riesgo para el paciente. En caso de dolor -el cual puede ser sumamente intenso- es necesario realizar una descompresión lenta y en ocasiones el cuadro desaparece sólo si se retira la amalgama o la incrustación de la pieza afectada.

Estudios en animales de experimentación han demostrado que las infecciones virales se vuelven más debilitantes para el paciente cuando éste es sometido a Terapia con Oxígeno Hiperbárico.

En la Esferocitosis congénita, los eritrocitos son tan frágiles que este tipo de manejo puede producir una hemólisis considerable.

Objetos de uso personal tales como el reloj, plumas, anillos, anteojos y aparatos para sordera deben retirarse del paciente antes de entrar a la Cámara.

Las terminales del EKG y los transductores arteriales de presión, así como los venosos, pueden ser usados dentro de la Cámara, no así los electrodos transcutáneos de O_2 (ya que poseen una bobina de calentamiento) ni las placas del - desfibrilador, ya que pueden producir fuego espontáneo o explosión.

Equipo de Intubación.-Se maneja en forma similar dentro que fuera de la Cámara, salvo que en condiciones de hiperbaria, hay que inflar el globo de las cánulas con solución fisiológica, en virtud de la incompresibilidad del agua, ya que al disminuir el volumen del aire del globo durante la compresión, se permitiría una mala ventilación si el paciente se encontrara conectado a un ventilador o una broncoaspiración en caso de regurgitación. Tener presente que, en caso de no haber tenido esto en cuenta y apreciar fuga de aire proveniente del ventilador, NO agregar más aire, sino solución salina, ya que al aumentar hasta su volumen normal el balón, se traduciría en lesión de tráquea o cuerdas vocales.

Saumanómetros.-En condiciones de hiperbaria, se dificulta bastante la toma de la Tensión Arterial con el empleo del estetoscopio. Incluso, está contraindicado el uso de Saumanómetros de Mercurio ya que tienen el riesgo de contaminar la atmósfera interior. Solo están permitidos los Saumanómetros Aneroides, de los cuales se dice debe estar despegado de la perilla tanto en la presurización como en la despresurización.

Otoscopios.-Este equipo debe estar siempre disponible, ya que puede ser necesaria la valoración urgente de un paciente en determinado momento para realizar una miringotomía.

Estetoscopios.- El uso del Estetoscopio en las Cámaras Hiperbáricas es difícil. Alteraciones en la audición del operador o del monitor, o cambios en la conducción bajo presión lo vuelven un reto. Para tomar la Tensión Arterial dentro de la Cámara, recomiendan el método digital.

Brazaletes.-Se emplean para fijación del paciente y sus extremidades, sobre todo cuando tienen algún problema cerebral en el sujeto que se ha de introducir, sobre todo si se encuentra inconciente, ya que si recupera el conocimiento súbitamente, al verse atrapado en un espacio cerrado, -

se comportará agresivamente o se llenará de pánico, y su conducta podría incluso dañar al equipo.

Equipos de Succión.- Existen diferentes equipos para usarse de acuerdo con la Cámara, provenientes del mismo fabricante. Una variación permite emplear la presión de la Cámara como fuente de succión.

Monitoreo.-El tratamiento del paciente depende grandemente de su estado clínico, y para mayor seguridad, es necesario practicar un seguimiento de su estado clínico mediante la toma de muestras o de registros basales.

E.K.G. Representa el problema de que los parches de goma de los electrodos se pueden desprender muy fácilmente, dadas -- las altas temperaturas que se alcanzan durante la descompresión. Los electrodos se pueden colocar dentro, y a través de un orificio en la tapa, y la unidad de poder, fuera, sobre todo para evitar una posible fuente de explosión en las Cámaras Mono-plaza, y de incendio en las Multi-plaza.

Líneas para medición de Presión venosa central.-Se pueden emplear Catéteres de Swan-Ganz. Debe evitarse la introducción de aire durante este procedimiento, pudiendo también monitorizar la Presión Arterial.

Control de Diuresis.- Es de vital importancia cuantificar la excreción urinaria como parte del control estricto de líquidos de un paciente que se somete a Terapia Hiperbárica, sobre todo cuando se encuentra en estado crítico. La técnica de instalación de Sonda Foley no difiere en caso de encontrarse con el paciente dentro o fuera de la Cámara. Sólo se debe recordar que el Merthiolate es altamente inflamable y no debe utilizarse para la asepsia.

Medición de la Presión Intra-Craneal.- Existe un equipo denominado LADD que se conecta al paciente, víctima de un traumatismo craneoencefálico, estado anóxico o de coma, yendo a parar a el sistema de alarma que le integra, la cual es activa da ante el más mínimo cambio de presión.

Monitorización Transcutánea de la Presión de Oxígeno.-Con un aparato diseñado para medir la presión de O_2 para monitoreo neonatal y transanestésico es posible realizar este seguimiento colocando el electrodo -no invasivo- sobre la piel, lo más cerca posible del sitio de interés.

Experiencias obtenidas demuestran que una presión de O_2 por debajo de 20 mmHg está tan comprometida que, a pesar de que se administre Terapia Hiperbárica, el tejido no recibirá grandes beneficios.

Los INSTRUMENTOS, FARMACOS Y EQUIPO que pueden ser requeridos en determinado momento por el personal de la Camara incluyen:

*Estetoscopio *Baumanómetro Aneroides *Martillo de Reflejos
 *Alfiler *Dispazón *Sonda de Foley *Bolsas de Recolección
 *Jeringas Estériles Desechables *Agujas Hipodérmicas *Catéteres
 *Cánulas Endotraqueales *Equipos de Venoclisis y de Transfusión
 *Equipo y Material de Sutura * Soluciones I.V. tales como Glucosada, Fisiológica, Mixta, Hartman, Manitol, Dextrán, Equipo para Toracostomía, Tubos de Derivación plásticos y Válvula de Heimlich *Conectores *Tela Adhesiva *Soluciones Antisépticas no inflamables *Botas Estériles *Ventiladores Automáticos *Oftalmoscopio *Otoscopio *Laringoscopio *Miringotomo *Cucharillas Oticas

FARMACOS que incluyan *Esteroides (hidrocortisona, dexametazona) *Furosemide *Digoxina *Isoprenalina *Lidocaína *Aminofilina *Fenitoina *Diazepam *Adrenalina *Tiopentano *Heparina
 Un relajante muscular no despolarizante

En una atmósfera de O_2 al 100% incluso el cuerpo humano es susceptible de entrar en combustión. La electricidad estática del cabello y de la ropa -incluso la interior- de nylon o de materiales sintéticos, debe evitarse con el uso estricto de prendas de algodón y con un turbante o gorro del mismo material para entrar a la Cámara.

Las condiciones en las cuales se debe tener cuidado, pero que no son contraindicaciones absolutas, reúnen las siguientes, a valorar antes de la TERAPIA HIPERBARICA:

- 01.-Enfermedades de las Vías Respiratorias Altas.
- 02.-Sinusitis Crónica.
- 03.-Enfermedades Pulmonares Restrictivas.
- 04.-Enfisema Pulmonar con Retención de CO_2 .
- 05.-Fiebre Elevada No Controlada.
- 06.-Historia de Neumotórax Espontáneo.
- 07.-Historia de Cirugía de Tórax.
- 08.-Historia de Cirugía de Oído.
- 09.-Lesiones Pulmonares Asintomáticas, detectables sólo a los Rayos X.
- 10.-Infecciones Virales.
- 11.-Esferocitosis Congénita.
- 12.-Historia de Neuritis Óptica.

BIBLIOGRAFIA: 7, 8, 9, 12, 13, 14, 15, 16, 25, 27.

V I

LA CAMARA HIPERBARICA :
.....
(GENERALIDADES TECNICAS)
.....

- "El advenimiento de esta nueva forma de terapia con Oxígeno - Hiperbárico es tan grande que sólo puede compararse con el descubrimiento de la transfusión sanguínea y el de los anti bióticos."

(LANZERSTEIN, 1965)

Existen dos tipos principales de Cámaras Báricas usadas en Medicina, Enseñanza e Investigación estas son :

LAS CÁMARAS HIPOBARICAS.

LAS CÁMARAS HIPERBARICAS.

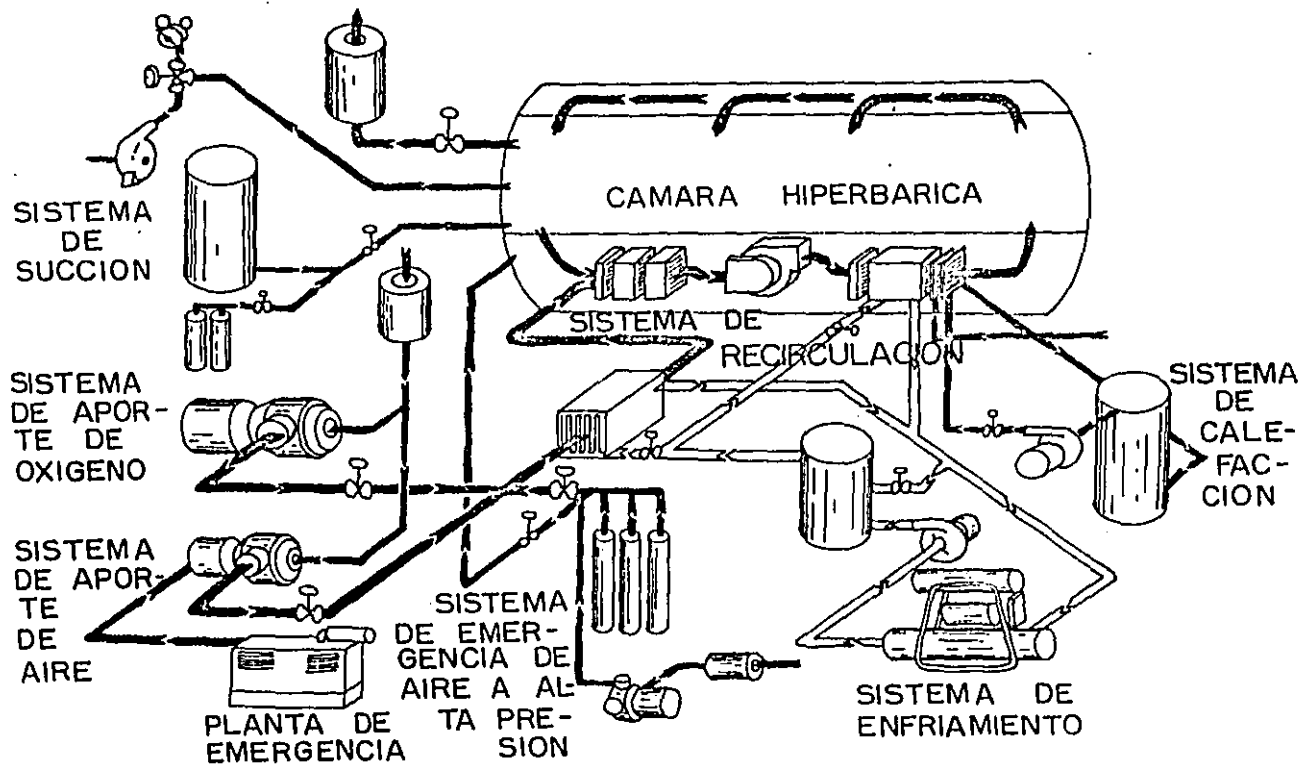
Las Cámaras Hipobáricas son aquellas donde la presión interna o ambiente puede ser llevadas de una atmosfera absoluta (1 ATA) a niveles submosféricos de presión básicamente se emplean en Medicina de Aviación, Medicina Espacial para realizar - durante el entrenamiento del personal de vuelo- prácticas de descompresión gradual, descompresión súbita, tiempo de conciencia útil, efectos de la hipoxia, - prueba de compresión o permeabilidad de la Trompa de Eustaquio, movilidad timpánica, etc. Están construidas para resistir una fuerza explosiva.

Las Cámaras hipertáricas o de Compresión, son aquellas donde la presión ambiental puede ser incrementada desde 1 ATA hasta varias veces la presión atmosférica, semejando pies o metros de agua, bajo la superficie del mar. Este tipo de Cámaras se utilizan para entrenar y tratar buzos con Enfermedad por Descompresión y Aeroembolismo, para preparar operadores y monitores, para proporcionar las sesiones requeridas para manejar diversos padecimientos conocidos como susceptibles de ser tratados, mejorados o curados con la terapia hiperbárica. Están construidos para soportar una fuerza explosiva.

Aunque no es lo habitual, existen cámaras que pueden desarrollar ambas funciones pero éstas se encuentran principalmente en centros de investigación.

En este trabajo nos dedicamos exclusivamente, a conectar técnicamente las Cámaras hiperbáricas ya que son parte del principal objetivo del estudio.

DIAGRAMA DE FLUJO DE UNA CAMARA HIPERBARICA



Existen diferentes tipos de Cámaras, desarrolladas de acuerdo a las necesidades y estas son :

- a) Cámaras hiperbáricas multiplaza, utilizadas para investigación y tratamiento a 5 ATA o más.
- b) Cámaras hiperbaricas multiplaza capaces sólo de soportar bajas presiones (2 a 4 ATA O usadas para proporcionar tratamientos con Oxígeno hiperbarico.
- c) Cámaras Hiperbáricas multiplaza. portátiles de Alta Presión para tratar a la brevedad posible a las víctimas de enfermedad por descompresión (buzos, trabajadores de cajón, pilotos eyectados, etc.)
- d) Cámaras Hiperbáricas mono plaza de alta o baja presión usadas para la descompresión en superficie de buzos, o para tratar en Unidades de Medicina Hiperbárica diferentes patologías con Oxígeno 100 % puro a alta presión.
- e) Cámaras Hiperbáricas Sumergibles que son empleadas para transportar en condiciones de hiperpresión desde la profundidad donde se encontraban trabajando, hacia la superficie, o bien para transferirle a una cámara de Compresión para realizar la descompresión definitiva bajo condiciones controladas.

Descripción Técnica:

La Cámara Hiperbárica multiplaza o Cámara de Compresión multicompartamental modelo, consta de un cilindro de aluminio dividido en compartimento principal y Esclusas de Transferencia con seis escotillas de vidrio (tres de cada lado) que permiten la visualización en ambos sentidos. Estas

ventanillas poseen unas tapas cierra-escotilla que permiten el sellado inmediato atornillándose para controlar una descompresión súbita imprevista al romperse un vidrio o fallar el empaque de seguridad.

Cada compartimiento tiene un sistema de suministro de aire y otro de escape que permite el manejo por separado y en ambos lados: desde adentro y desde afuera.

El sistema de aire comprimido que alimenta a ambos compartimientos por separado, está equipado con una válvula oscilatoria de contención que evita la pérdida de presión en caso de falla súbita en el sistema.

Adelante de la válvula de contención se bifurca la línea dado, a su vez, cada línea, lugar a otras dos que van al compartimiento y a la esclusa por pares. De esta forma es posible, que desde adentro como desde afuera, los operadores pueden controlar el suministro de aire.

Cada uno de los dos compartimientos también posee válvulas interiores y exteriores en su sistema de escape o alivio y un ducto por compartimiento que permite mantener una salida abierta mientras la esclusa se asciende a la superficie.

De la misma manera, cada compartimiento tiene una válvula de seguridad o de escape calibrada a 80 pies que entrarán la sobrepresión en caso de accidente o error por parte del operador, o una falla en el sistema de suministro.

Por compartimiento, se encuentran dos pares de manómetros y de relojes; uno por dentro y otro por fuera. Los relojes marcarán uno la hora del día y otro el tiempo cronometrado de la inmersión.

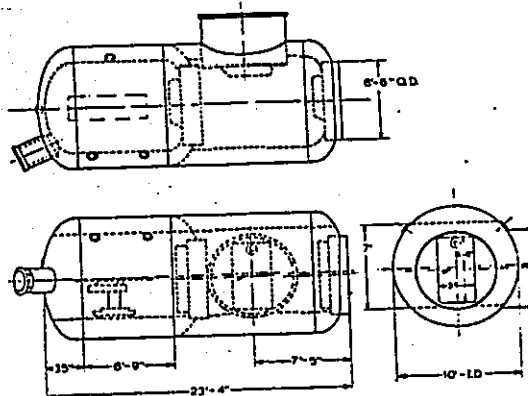
Por motivo de seguridad el sistema de alumbrado se encontrará en el exterior proporcionando por tres reflectores incandescentes, uno en cada una de las ventanillas del compartimiento principal y otra en la de la esclusa, del lado contrario al que se encuentran los operadores y los observadores. Las fuentes luminosas se colocarán a 15 cms. (6 pulgadas) sobre el cristal de la ventanilla.

Para la comunicación en ambos sentidos se emplearán teléfonos o micrófonos y audífonos de bajo voltaje para evitar una posible fuente de ignición, dadas las facilidades de producción fuego.

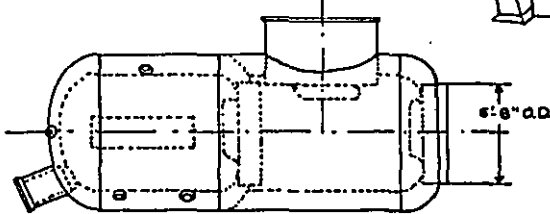
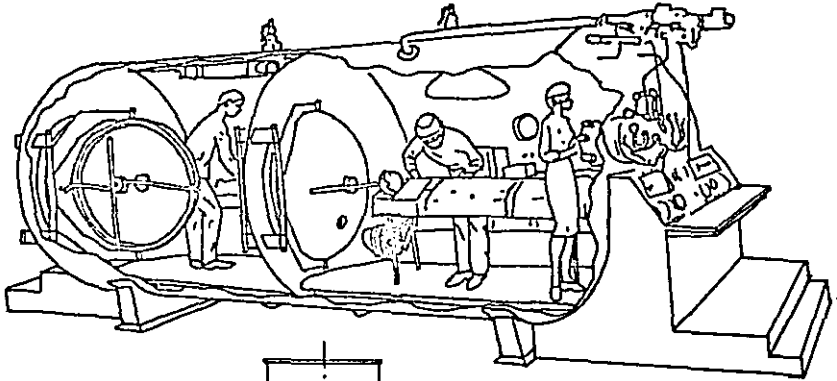
Los pacientes buzos, monitores, y operadores internos de la cámara deben usar audífonos que les protegen los oídos de los fuertes ruidos que se producen al ascender, descender o ventilar la cámara y la esclusa, cuando las válvulas no poseen silenciador.

Los audífonos de protección deben de estar horadados para permitir los cambios de presión no así los de intercomunicación que, por no estar tan íntimamente adosados a los oídos no obstaculizan el equilibrio de presiones.

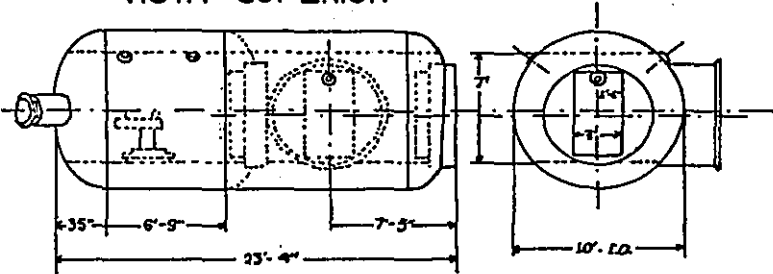
Deberá existir una camilla corrediza de aluminio y material inflamable para transportar al paciente al interior de la cámara



CORTE LONGITUDINAL



VISTA SUPERIOR



VISTA FRONTAL

VISTA LATERAL DERECHA

CAMARA - QUIROFANO - HIPERBARICO
Y SU ESCLUSA

Al operador de la Cámara, el compartimiento principal es llevado a la profundidad requerida, mientras la esclusa se mantiene en la superficie, cerrándola e igualando presiones solo cuando es necesario transferir en cualquier sentido, personas, material, equipo, provisiones, desechos e medicamentos, volviéndola nuevamente a la superficie al término del intercambio.

Al término del tratamiento, empleando el sistema de vacío, se realiza al ascenso según indique la tabla utilizada, dando las paradas necesarias indicadas antes de emerger totalmente.

Igualmente, regidos por otras tablas, deben de proporcionarse ventilaciones a la cámara y a la esclusa, (accionando al mismo tiempo la válvula de suministro y la de vacío, vigilando los manómetros para enviar modificaciones en la presión ambiental) cada determinado tiempo y con la duración estipulada en la cédula, según el número de ocupantes, al llegar a la máxima profundidad y durante las paradas en la descompresión.

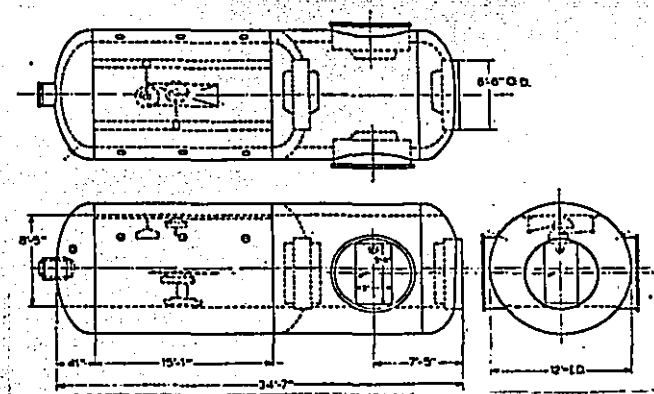
Las ventilaciones - además de favorecer la remoción - del CO₂, producto de la respiración, para evitar una intoxicación - disminuirán la temperatura, la cual tiende a subir durante la fase de compresión.

La compresora es una unidad de seis pasos en ocho cilindros, motor y unidad de refrigeración por aire, diseñada para presurizar a 48 pies cúbicos de almacenamiento a 3000 pies.

El tablero de control equipado con tres montajes; - cada uno incluye tres válvulas manuales, una válvula de reducción de alta presión, y manómetro de alta y baja presión.

Cada cámara esta equipada con nueve cilindros de almacenamiento, cada uno con un volúmen de 16 pies cúbicos - que pueden ser presurizados a 3000 psig. e interconectados en grupos de tres.

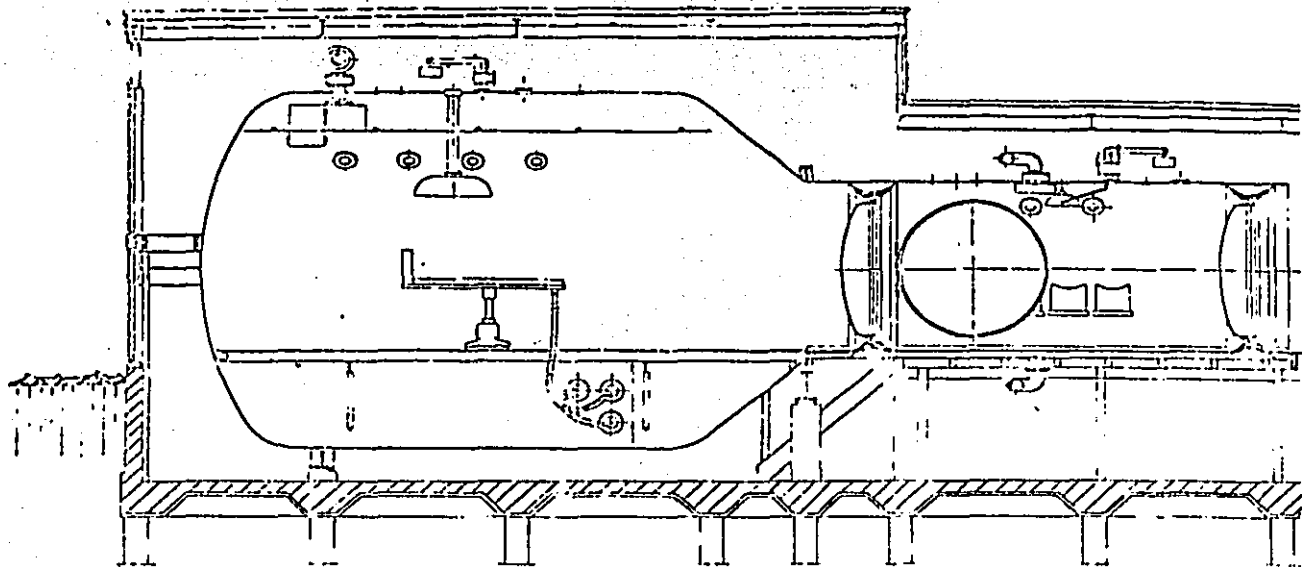
Un sistema de gas respiratorio puede proporcionar Oxígeno puro a aire comprimido la solución se realiza mediante un tablero de control donde se conectan los tanques de - El compartimiento principal tiene cuatro reguladores de Oxígeno y la Esclusa tres.



Inscripción y Mantenimiento.

Se debe realizar una revisión frecuente, detallada y rutinaria, mediante apreciaciones visuales y radiográficas (más esporádicas) y con pruebas sendientes a detectar defectos o desajustes que pudieron ocasionar posteriores demoras, suspensiones de tratamiento e incluso accidentes.

Siendo un recurso de tratamiento programado o bien de terapia de urgencia, la Cámara de Compresión, el equipo asociado, el personal médico paramédico y técnico especializado debe estar en optimas condiciones, siendo operable en cualquier momento uno y estar ampliamente capacitado el otro



(SECCION TRANSVERSAL) O CORTE LONGITUDINAL DE LA CAMARA HIPERBARICA Y SU ESCLUSA

El personal debe ser hábil en todas las fases de la operación y todos las normas de seguridad deben ser seguidas en forma rigurosa para aplicar confiable y efectivamente esta forma de Terapia, concentrados en el procedimiento y no preocupados en detalles técnicos no supervisados, antes.

La cámara está diseñada para soportar aire comprimido hasta una presión de 10000 psig., pero cuando se opera la cámara, los tratamientos requieren una presión máxima de 3000 p sig. empleando la cámara a tan bajas presiones, se iminizan los riesgos y los problemas de operación y de mantenimiento.

Seguridad.

Como regla general- se emplea aire comprimido u oxígeno - siempre deberá usarse una indumentaria de material difícilmente inflamable que no queda ni muy justa ni muy holgada al cuerpo, y que deje lo menos posible de la anatomía al descubierto (por ejemplo un overol de gabardina de algodón.).

Esta ropa será de uso exclusivo para realizar las inmersiones en la Cámara, debiendo mantenerse a la mano siempre limpio y bajo vigilancia estricta para evitar que se use con otros fines, ya que puede mancharse con grasa o aceite que, en condiciones hiperbáricas, son altamente volátiles- pueden generar una neumonía lipóidica o intoxicación - y fácilmente incendiables.

Sin excepción, hay que vaciar el contenido total de los bolsillos, para asegurarse que no contengan material inflamable como cigarrillos, cerillos encendedores y papel o pañuelos desechables.

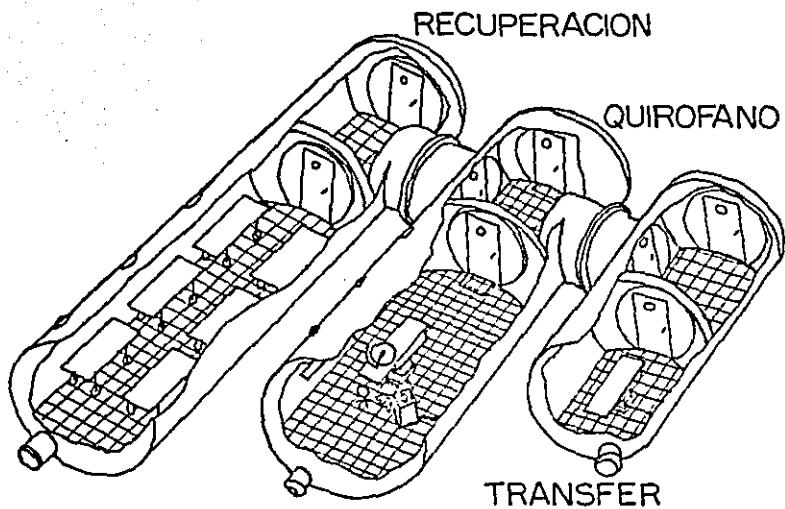
A pesar de que la posibilidad de incendio o de descompresión rápida no programada son muy remotas, no deben de considerarse como eventos imposibles.

Un incendio puede resultar de graves consecuencias debido al aumento de la combustibilidad de los materiales, - (que se incrementa con el aumento de la temperatura durante la compresión, máxime cuando se suministra oxígeno mediante mascarillas) y a lo reducido del espacio.

Cuando se presta atención en forma continúa a los factores de riesgo, las posibilidades de accidente se disminuyen grandemente y hasta son eliminadas.

Es recomendable:

- No utilizar grasa o aceite, sino silicón, como lubricante en los compartimientos de la cámara.
- No permitir la introducción de material in flamable, explosivo, envases sellados (so bre todo de vidrio) o sustancias oleosas o volátiles.
- Que el sistema de iluminación se encuentre fuera de la cámara y sea de preferencia de luz fría.
- Que el sistema de intercomunicación sea seguro y de bajo voltaje.
- Que los colchones, sábanas fundas almohadas y cobertores, al igual que la vestimenta y que se usen dentro de la cámara, durante los tratamientos será de un material que no genere electricidad estática ni se queme fácilmente.
- Excluir todo el material de papel del interior de la cámara. si es necesario incluir papel higiénico o pañuelos desechables, deberán guardarse en recipientes metálicos cerrados herméticamente, reduciendo las cantidades necesarias al mínimo sacando de inmediato el que se use.



DISEÑO DE UN SISTEMA DE UN QUIROFANO
HIPERBARICO A 8 ATA.

Es preciso tener extinguidores contra incendio llenos de agua presurizados a 73.5 p sig. (profundidad máxima de las cámaras para que puedan ser usados en el interior en caso de accidente) uno para cada compartimiento de la cámara, de preferencia fuera, dado lo reducido del espacio. Pueden también emplearse los extinguidores manuales de agua, pero deben evitarse a toda costa los que están llenos de dióxido de carbono, sustancias químicas secas o de cualquier otro tipo, sobre todo dentro de la cámara.

Un botiquín de metal debe estar a la mano fuera de la cámara y contener medicamentos para tratamientos de Emergencia, en presentaciones que soportan los cambios de presión, para evitar fuego, explosiones o intoxicación, tales como irascos, ampollitas y jeringas de vidrio.

Sólo lo más esencial se mantendrá dentro de la cámara. En este caso no existir presentaciones seguras, se colocarán en recipientes metálicos o se introducirán preparados en recipientes plásticos.

Deben revisarse constantemente las tuberías las juntas y las válvulas y reguladores en busca de fugas, los cuales son más peligrosos cuando se producen hacia el interior de la cámara.

Una descompresión súbita imprevista sucederá cuando se rompe el vidrio de alguna ventanilla o una válvula, ya sea de suministro o de alivio, entre la válvula exterior y la línea.

El mantenimiento del compresor y sus partes, en las mejores condiciones evitan que los hidrocarburos y otros gases y sustancias volátiles altamente tóxicas pasen al interior, contaminando el ambiente.

Un seguimiento cuidadoso de las tablas de compresión

**INTERVALO MAXIMO PERMISIBLE DE
VENTILACION EN INMERSIONES RES-
PIRANDO AIRE**

COMPARTI- MENTO	NUMERO DE OCUPANTES	REQUERIMIEN- TO TOTAL DE VENTILA CION	VOLUMEN EN PIES CUBI- COS DEL COMPARTI- MENTO	INTERVALO MAXIMO EN MINUTOS EN- TRE VENTILA CIONES
CAMARA	1	4	145	36
	2	8	145	18
	3	12	145	12
	4	16	145	9
ESCLUSA	1	4	68	17
	2	8	68	8
CAMARA Y ESCLUSA	1	4	213	54
	2	8	213	26
	3	12	213	17
	4	16	213	13
	5	20	213	10
	6	24	213	8

y de las cédulas de ventilación evitarán condensaciones ambientales peligrosas de CO_2 .

Manteniendo a la vista las tablas de tratamiento y -- llevando un registro escrito cuidadoso se minimizarán las posibilidades de error.

Las Tablas que muestran el Intervalo Máximo permisible de Ventilación en Inmersiones Respirando Aire nos señala el programa de ventilaciones necesarias en cada uno de los compartimentos de la Cámara para hacer llegar al interior aire nuevo y extraer de la misma el CO_2 , también deben seguirse en toda inmersión, durante un tratamiento, así como los buzos siguen sus Cédulas de Descompresión.

V I I

EQUIPOS, PROCEDIMIENTOS Y
.....
CUIDADOS MEDICOS EN EL PA
.....
CIENTE HIPERBARICO.
.....

- " En caso de buena salud, este --
"domicilium" puede ser empleado --
como un auxiliar de la digestión,
para promover la respiración in--
sensible, para facilitar la espi--
ración y la expectoración y, con--
secuentemente, tiene un excelente
uso en la prevención de otras afec--
ciones pulmonares. "

(HENSHAW, 1662.)

PROCEDIMIENTOS DE EMERGENCIA.-

Introducir un paciente en estado crítico dentro de la Cámara, con Urgencia, siempre puede producir un problema posterior. Una evaluación rápida y completa para establecer las condiciones físicas basales es útil y necesaria para saber qué cuidados se le van a proporcionar en forma extra.

Por tal motivo, es necesario mantener la Cámara siempre lista y en las mejores condiciones posibles; verificar la permeabilidad de las vías aéreas (cuerpos extraños, quemaduras orofaciales, traumatismo maxilofacial, prótesis dentales, vómito, etc.) y de la Troma de Eustaquio; alteraciones de la respiración (estridor, empleo de músculos accesorios, sibilancias, disminución localizada de los ruidos respiratorios, datos francos de dificultad respiratoria, etc.); valoración del estado cardiocirculatorio (pulso, alteraciones de la tensión arterial, trastornos del ritmo o en el EKG, etc.); del estado neurológico (reflejos pupilares, osteotendinosos y neurológicos de tipo patológico); empleo de prótesis (incluyendo lentes de contacto); quemaduras, heridas u otras lesiones obvias (buscar en cabeza, cuello y espalda en busca de lesiones ocultas); valoración de la calidad de los sitios para instalar venoclisis (ya que una vez iniciada la compresión, la vasoconstricción resultante dificultará la identificación y la permeabilidad de vasos de pequeño calibre); realizar exámenes de Laboratorio (vimetría hemática, gasometría arterial y

electrolitos séricos).

PROCEDIMIENTOS.-

La Oxigenoterapia Hiperbárica causa importante vasoconstricción, haciendo muy difícil y hasta imposible la instalación de venoclisis en las venas periféricas cuando se está en la Cámara y bajo presión. Es por ello que será preferible asegurar dos buenas vías venosas permeables, lo cual facilitará mucho la administración de medicamentos, sobre todo en caso de emergencia. La vía de acceso y el método de canalización depende de las condiciones del paciente y de la habilidad de la persona que realiza el procedimiento. Se menciona en términos de seguridad y confiabilidad los siguientes sitios, en orden decrecientes:

- 1).-Vena femoral (excepto en niños).
- 2).-Vena Yugular Externa.
- 3).-Vena Yugular Interna.
- 4).-Vena Subclavia (la cual presenta el riesgo de producir un neumotórax.).

La punción de las arterias es la misma bajo condiciones hiperbáricas como normobáricas. Durante la toma de muestras, debe evitarse la introducción de aire dentro de la circulación.

MÉTODOS DE ADMINISTRACION DE FARMACOS.-

La administración de medicamentos por vía intramuscu-

lar o subcutánea antes de la compresión, tendrán su absorción retardada una vez que el paciente se encuentra bajo presión. El efecto de los medicamentos puede ser mínimo -- hasta que el paciente retorna a la superficie. (esto es debido a la vasoconstricción que provoca la hiperbaria).

Cualquier medicamento administrado en la Cámara y bajo presión, debe ser administrado por vía intravenosa para evitar este problema y asegurar que el efecto terapéutico deseado no se verá atenuado. El no observar estos cuidados y el no tomar estas precauciones puede causar serias dificultades al paciente, sobre todo cuando se administran fármacos tales como la insulina, narcóticos o barbitúricos, ya que la falta de efecto clínico inmediato, puede resultar en sobredosificación con efecto excesivo subsecuente cuando se lleve a cabo la absorción durante la vasodilatación, al término del tratamiento.

Se ha observado que parece aumentar la tolerancia al Diazepam cuando se administra en la Cámara Hiperbárica. Es frecuente que se requiera la administración de 15 a 20 mg intravenosos de Diazepam para conseguir la relajación. Además, parece carecer de efecto rebote cuando el paciente -- retorna a la superficie.

PARO CARDIACO Y DESFIBRILADOR. -

Los principios de la Resucitación Cardiopulmonar son

los mismos tanto en hiperbaria como en normobaria. Sin embargo se deben hacer las siguientes recomendaciones: Recordar que la instalación de venoclisis en estas condiciones es muy difícil; (a menos que el facultativo sea un experto, no debe intentarse nunca una punción subclavia dentro de la Cámara Hiperbárica). La medicación necesaria para la resucitación puede administrarse la mayoría de las veces por la cánula endotraqueal si no existen vías venosas permeables; la administración de medicamentos intracardiacos en hiperbaria no está indicada. La desfibrilación puede llevarse a cabo con seguridad en una Cámara Multiploza siempre y cuando la concentración de Oxígeno sea menor del 23%. (generalmente se emplea un switch fuera de la Cámara para activar las placas) pero debe tenerse cerca un equipo contra incendios. La desfibrilación no puede ser llevada a cabo en una Cámara Monoplaza llena de Oxígeno.

MIRINGOTOMIA.-

En pacientes que se sabe no podrán igualar presiones, se practica una Miringotomía Electiva. En pacientes en estado crítico, inconcientes o poco cooperadores al principio, la realización de este procedimiento frecuentemente aumenta la comodidad del paciente, con lo que se logrará, tal vez, mayor colaboración posterior. Una insición bajo visualización directa (con un miringotomo o una aguja de raquea) puede ser practicada en la zona donde se ve el reflejo de la luz del otoscopio, o bien, en el cuadrante inferior derecho o a las "04:00 horas" en el reloj. Se le debe

advertir al paciente que no debe permitir la entrada de agua al oído durante dos semanas. El tímpano perforado por la miringotomía sana en diez a catorce días, pero antes de nadar o de bucear, el paciente debe de ser examinado por un médico.(ORL). La inserción de tubos de polietileno puede ser necesaria en pacientes que durante el tratamiento desarrollaron Otitis Media Serosa.

Las cucharillas óticas para retirar el serúmen cuando dificulta la apreciación de la membrana timpánica son necesarias, junto con el Equipo de Miringotomía.

CANULAS ENDOTRAQUEALES.-

El cuidado de las Cánulas Endotraqueales se centra en el manejo del globo de seguridad que se infla para lograr un efecto de sello en la tráquea y asegurar una adecuada ventilación o evitar la broncoaspiración. Los globos llenos de aire disminuirán su volumen durante la compresión y se expandirán durante la descompresión, por lo que resulta peligroso añadir mayor cantidad de aire al notar durante la inmersión que presenta fuga pues al recuperar su volumen real, lesionará la tráquea y las cuerdas vocales. Para evitar este tipo de problemas, deberá llenarse con solución salina, debido a la incompresibilidad de los líquidos.

RESPIRADORES.-

El empleo de aparatos respiradores o ventiladores su-

tomáticos dentro de la Terapia Hiperbárica es común. El fabricante de cada modelo de Cámara también ha diseñado uno de estos equipos de su propia marca para ser usado exclusivamente adaptado a su Cámara. Con respecto a los cuidados en el manejo de estos aparatos en condiciones Hiperbáricas, podemos mencionar: el proporcionar un mantenimiento adecuado que permita su uso inmediato en todo momento y para evitar el riesgo de explosión por descargas eléctricas durante el funcionamiento. Se deben monitorear los volúmenes inspiratorio y espiratorio, ya que pueden modificarse en condiciones de hiperpresión. A menos de 3 ATA, las lecturas no se vieron afectadas pero por encima de estas cifras, el aumento de la densidad del gas aparece como si se proporcionara éste en mayor cantidad.

DESFIBRILADOR.-

Se deberá contar con un Desfibrilador junto con todo el equipo necesario para un " carro rojo ". Las placas del Desfibrilador pueden estar dentro, mientras la fuente de poder se encuentra fuera pero, nunca deberá intentarse la desfibrilación en un ambiente rico en Oxígeno, como se encuentra en una Cámara Monoplaza.

MARCAPASOS.-

No existe contraindicación para el empleo de la Cámara Hiperbárica Monoplaza o Multiplaza tanto en los pacientes portadores de Marcapasos Temporales como los de los Marcapasos definitivos.

EQUIPOS PARA GASOMETRIA.-

Los pacientes sometidos a Terapia Hiperbárica de larga permanencia o en estado crítico, por lo regular necesitan que constantemente se les determine el pH arterial, el nivel de bicarbonato, el de CO y los electrolitos, pudiendo tomarse mediante una punción arterial una muestra de sangre. Debe recordarse que la medida de la presión parcial del Oxígeno no es confiable, ya que existe una alta concentración dentro de la muestra tomada a presión con relación a la analizada a 1 ATA en el Laboratorio, después

EQUIPO PARA TORACOCENTESIS Y TORACOTOMIA.-

Es raro que ocurra un Neumotórax espontáneo en pacientes hiperbáricos bien manejados, sin embargo debe tenerse cerca el equipo que permita tratar inmediata y adecuadamente esta eventualidad.

El tratamiento puede resultar sencillo en manos expertas, pero el diagnóstico, a veces es más difícil que su manejo. Debe pensarse en su existencia para poderlo descubrir, ya que la auscultación de los pulmones es difícil bajo condiciones hiperbáricas. Mediante la percusión timpánica, cambios traqueales, ingurgitación yugular y disnea durante la descompresión podemos inferir que nos encontramos ante este tipo de patología. El manejo consiste en aliviar la tensión convirtiéndolo en un Neumotórax simple para después proceder a colocar un Sello de Agua o Pleurovac, conectados a la pared de la Cámara.

BIBLIOGRAFIA: 7, 14, 16, 22, 25, 27.

ESTA TESIS NO DEBE
SALIR DE LA BIBLIOTECA

VIII

EFECTOS FISIOLÓGICOS DE
.....
LA OXIGENOTERAPIA HIPER
.....
BARICA Y SU USO EN LA -
.....
MEDICINA INTEGRAL NAVAL
.....

- " La Naturaleza nos ha proporcionado un aire tan bueno como merecemos. Al respirar este - aire puro deflogisticado, la sensación a mis pulmones no fue diferente, salvo que tiempo después sentía mi respiración peculiarmente ligera y fácil. Es posible que con el tiempo este aire puro (El Oxígeno) pueda llegar a - ser un elegante artículo de lujo que, hasta ahora, sólo dos ratones y yo hemos tenido el privilegio de respirarlo."

(PRIESTLEY, 1775.)

En las instalaciones de Medicina Hiperbárica de la Fuerza Aérea de los Estados Unidos se han tratado aproximadamente 1800 pacientes desde 1965, de todos los cuerpos y servicios armados así como también de emergencias civiles. La Sociedad de Medicina Subacuática presenta una lista de enfermedades para las cuales la Oxigenoterapia Hiperbárica está indicada comprobadamente y otras en fase experimental, donde se cree que es eficaz, pero no ha sido demostrado.

Un artículo reciente en la New England Journal of Medicine reporta un posible papel de esta forma de tratamiento en la Esclerosis Múltiple. En el VII Congreso Internacional de Medicina Hiperbárica en Moscú (1981), entre otras cosas, se mencionó que las Fuerzas Armadas Soviéticas poseen una unidad móvil hiperbárica para el tratamiento de accidentes de combate, heridas de guerra y quemaduras por armas químicas.

Los tratamientos típicos son de 1, 1.5 y 2 horas de duración y se repiten de 1 a 4 veces al día. En el tratamiento las presiones varían de 1.5 a 3 ATA (1140 a 2280 mmHg), dependiendo de las condiciones que vayan a ser tratadas y del tipo de Cámara usada. La Cámara Multiplaza está presurizada con aire mientras el paciente respira Oxígeno puro a través de una mascarilla con seguridad. La Cámara Monoplaza está presurizada con Oxígeno. El paciente respira este gas directamente.

Las Cámaras Monoplaza tienen transfers que permiten la monitorización continua de los Signos Vitales, el control de la ventilación y la administración de soluciones.

El Oxígeno Hiperbárico es usado en condiciones en las cuales la isquemia, el edema o la formación de burbujas interfiere con la sobrevivencia de tejidos, la función, la respiración, la actividad leucocitaria, etc. Los efectos del Oxígeno Hiperbárico son logrados a través de cinco mecanismos:

- 1).-HIPEROXIGENACION.--Aumenta de 10 a 15 veces el Oxígeno disuelto en plasma; aumenta de 2 a 3 veces la distancia de difusión del Oxígeno; mantiene elevada la presión tisular del Oxígeno de 2 a 4 horas después de un tratamiento con Oxígeno Hiperbárico.
- 2).-VASOCONSTRICCIÓN.--Posee un efecto similar al Alfa-Adrenérgico; disminuye 20% el flujo sanguíneo, y por consiguiente, reduce un 20% el edema.
- 3).-REDUCCIÓN DE LAS BURBUJAS.--Reduce el tamaño de las burbujas de acuerdo a la Ley de Boyle. Por Contradifusión, el Oxígeno sustituye al gas inerte de las burbujas con el propósito de difundir el gas inerte fuera de la burbuja.
- 4).-EFECTO ANTIMICROBIANO.--Por este medio, facilita el mecanismo de acción de los Leucocitos en medio isquémico; inhibe la formación de toxinas (p.ej. en la Gangrena Gaseosa); produce Bacteriostasis anaeróbica; facilita el transporte de Aminoglucósidos a través de la pared celular.

5).-NEOVASCULARIZACION.-Acelera un 20% en la neoformación de capilares; se realiza efectivamente la Angiogénesis por depósitos de Colágena y capilarización, permitiendo una gran viabilidad hasta establecer colaterales.

Esta forma de terapia tiene efectos específicos sobre células y microorganismos, además de un rango terapéutico definido, con dosis específica para los diferentes padecimientos, pero si sobredosifica tiene consecuencias tóxicas y contraindicaciones (como la mayoría de los medicamentos conocidos). Como resultado del análisis de la experimentación de los aspectos fisiológicos, eficacia clínica, reducción de costos, seguridad y abusos en su empleo, se han determinado dos grupos de padecimientos en los cuales se aplica este método terapéutico, que son:

GRUPO I.-Comprende todas aquellas patologías en las cuales es indicada la aplicación precisa de tratamiento primario o en las que se ha comprobado que es una importante medida de apoyo a los tratamientos convencionales: A este grupo pertenecen:

- 01.-Intoxicación por CO.
- 02.-Enfermedad por Descompresión.
- 03.-Aeroembolismo.
- 04.-Intoxicación por Cianuro.
- 05.-Infecciones Bacterianas.
- 06.-Heridas con problemas de Cicatrización.

- 07.-Edema Cerebral.
- 08.-Heridas por Aplastamiento.
- 09.-Insuficiencia Arterial Aguda Periférica.
- 10.-Actinomicosis.
- 11.-Injertos y Trasplantes de Piel.
- 12.-Micosis refractarias.
- 13.-Osteomielitis refractarias.
- 14.-Osteoradionecrosis.
- 15.-Radionecrosis de Tejidos Blandos.
- 16.-Reimplante de Extremidades.
- 17.-Intoxicación por Humo.
- 18.-Tromboangeitis Obliterante.
- 19.-Extracciones dentales post-radiación.
- 20.-Ulceras (Diabéticas, por Estasis y por Vasculitis).
- 21.-Anemias Agudas.
- 22.-Quemaduras Térmicas.

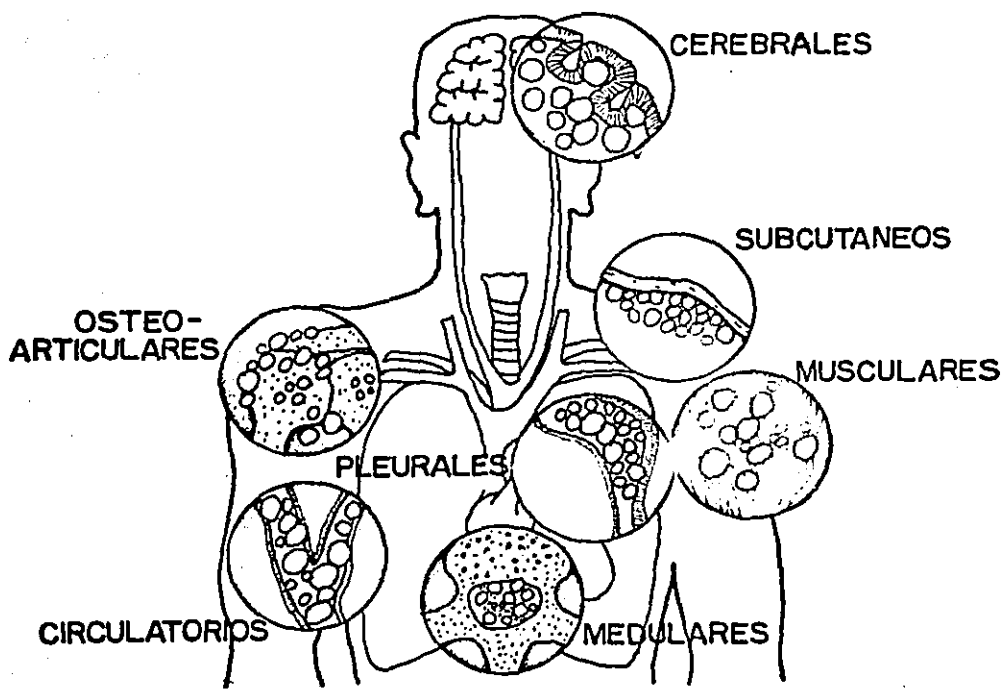
GRUPO II.-Comprende todas aquellas patologías o condiciones experimentales, las cuales se consideran como are as prometedoras para la investigación ya que no existe una experiencia clínica extensa. Y son:

- 01.-Intoxicación Aguda por Tetracloruro de Carbono
- 02.-Enfermedad Vascul ar Cerebral.
- 03.-Injertos Oseos.
- 04.-Intoxicación por Acido Sulfhídrico (H_2S)
- 05.-Lepra "epromatosa.

- 06.-Meningitis Bacteriana.
- 07.-Esclerosis Múltiple.
- 08.-Pioderma Gangrenosa.
- 09.-Colitis Pseudomembranosa.
- 10.-Insuficiencia Aguda de la Arteria Central de la Retina.
- 11.-Abscesos Intraabdominales Crónicos.
- 12.-Crisis de Anemia de Células Falciformes.
- 13.-Trauma Medular.
- 14.-Úlcera Gástrica y Duodenal.
- 15.-Picadura por Araña Venenosa.
- 16.-Púrpura Fulminante. (Neumo y Meningococo)
- 17.-Obstrucción Intestinal.
- 18.-Ileo Farelítico.
- 19.-Infarto Agudo del Miocardio.
- 20.-Vértigo.
- 21.-Sordera. súbita.
- 22.-Reducción de Hernias encarceladas.

INTOXICACION POR MONOXIDO DE CARBONO (CO).

El primero en sugerir el tratamiento con Oxígeno Hiperbárico para esta patología fue Haldene en 1895, pero debido a la toxicidad sobre el Sistema Nervioso Central, el uso clínico de esta modalidad fué pospuesto durante los siguientes sesenta años. El tratamiento es llevado a cabo a 3 ATA o -- 66 fsw, donde el tiempo medio del CO unido a la Hb es de 23 minutos. La eliminación del CO parece ser importante tanto a nivel de la Hb como de los tejidos, donde la Citocromo --



Oxidasa a₃ está desacoplada por el CO. No solo es la pronta respuesta a la Oxigenoterapia Hiperbárica lo importante, sino la prevención que se logra de las secuelas neuropsiquiátricas a largo plazo, por dicho envenenamiento, que pueden ser prevenidas.

ENFERMEDAD POR DESCOMPRESION.

Este problema es frecuente entre buzos y aviadores ante la reducción rápida de la presión, e incluye también a los astronautas de un Transbordador Espacial descomprimiéndose al realizar cualquier actividad extravehicular. El N₂ disuelto en los tejidos sale de solución, de acuerdo a la Ley de Henry. Las burbujas causan dolor en músculos y articulaciones, y pueden causar trastornos circulatorios por obstrucción, pudiendo llegar incluso a una parálisis segmentaria secundaria a isquemia de la médula espinal. Los síntomas pulmonares y el colapso vasomotor con estado de choque y muerte rápida -- ocurre en casos no tratados, aunque infrecuentemente. La compresión rápida de las burbuja, de acuerdo a la Ley de Boyle y la resolución de la hipoxia tisular por altas dosis de O₂ son críticas para un resultado exitoso. Mientras respiramos O₂ al 100%, el Nitrógeno en las burbujas de gas es removido del cuerpo por un efecto de difusión masiva. La Terapia Hiperbárica una rápida resolución de síntomas.

AERCEMBOLISMO. --Es una amenaza para la vida que se presenta cuando las burbujas de aire o de gas entran directamente a la circulación. Esta, debe de distinguirse de la Enfermedad

por Descompresión en la cual las burbujas de N_2 surgen de los tejidos. Puede ocurrir debido a la ruptura de un pulmón así como en una sobrepresión pulmonar accidental, en las maniobras de escape de un submarino, o por intervención quirúrgica donde resulta la introducción inadvertida de aire en la circulación venosa o arterial. El Aeroembolismo en las arterias coronarias o cerebral es un evento devastador y frecuentemente fatal.

INTOXICACION POR CIANURO. Junto con el CO y el H_2S , éste padecimiento forma un estado de Asfixia Celular, bloqueando la cadena respiratoria intracelularmente. El Cianuro se une firmemente a la Citocromo-Oxidasa y le impide aprovechar el Oxígeno o respirar. Mientras la ingestión de sales de Cianuro es poco frecuente, es más común el envenenamiento debido a la inhalación de humo de los plásticos de las casas incendiadas, donde además se encuentra combinado en el ambiente el CO. El Oxígeno Hiperbárico aminora la hipoxia y el nivel celular causado por la unión del cianuro intracelular.

INFECCIONES BACTERIANAS. En estos casos, la Oxigenoterapia hiperbárica es un poderoso adyuvante para la cirugía y los antibióticos. La deficiente oxigenación tisular es el común denominador en estas infecciones. Este tipo de tratamiento incrementa la tensión tisular de O_2 , deteniendo el crecimiento indebido de microorganismos anaerobios. Es por tanto, útil en infecciones puras como en mixtas o combinadas sinérgicas y hasta con anaerobios agregados. Al mejorar las ten

siones tisulares de O_2 , facilita la acción asesina oxidativa de los Leucocitos y el transporte de Aminoglucósidos (Kanamicina, Gentamicina, Neomicina, etc.) a través de la pared celular.

HERIDAS CON PROBLEMA DE CICATRIZACION. Específicamente el -- Oxígeno Hiperbárico es usado en la hidroxilación de la prolina y de la lisina. Este paso es necesario para la formación de colágena y su incorporación en las fibras. La colágena -- constituye el medio en el cual los nuevos capilares vasculares se desarrollan. La Oxigenación Hiperbárica aumenta el O_2 disuelto en el plasma, la presión de Oxígeno tisular y la -- mantiene hasta 4 horas después de la Sesión, facilita el mecanismo de acción de los Leucocitos disminuyendo las posibilidades de infección o ayudando a acabar con la misma, inactiva las toxinas y detiene la proliferación bacteriana anaeróbica. Aumenta un 20% la formación de nuevos vasos y al incrementar el depósito de colágena, acelera la cicatrización.

EDEMA CEREBRAL. La Oxigenoterapia Hiperbárica ha sido usada para disminuir la severidad del trauma cerebral y las lesiones de la médula espinal. La hiperoxigenación y la reducción del edema, mecanismos particulares de esta forma de terapia, son particularmente propicios para interrumpir la patología asociada con estas lesiones. Los efectos reductores del edema de la Terapia con Oxígeno a Alta Presión son empleados en el manejo del edema cerebral postraumático. La hiperoxigenación del plasma promueve y aumenta la recuperación funcional de las neuronas. Debido a la vasoconstricción que produce, además que evita el incremento paulatino del edema, la hemo-

rragia con la secundaria formación del hematoma, disminuye hasta en un 20% la Presión Intracraneal Postraumática.

HERIDAS POR APLASTAMIENTO. Este tipo de lesiones son comunes en los campos de batalla y fueron descritas inicialmente por Bywaters en 1942 durante la Batalla de Inglaterra donde era frecuente encontrar soldados heridos con los miembros inferiores enterrados, atrapados por grandes pesos hasta por períodos de 8 a 12 horas. Al ser rescatados, los heridos recuperaban la circulación en sus extremidades y parecían encontrarse bastante bien al principio, pero dentro de las siguientes 24 o 48 horas, la mioglobinuria progresiva se presentaba y producía falla renal (Insuficiencia) aguda, con un alto grado de mortalidad. Casos idénticos se han encontrado entre las víctimas de terremotos en las grandes ciudades que quedaron atrapadas bajo los escombros de las construcciones que se desplomaron, ocasionándoles el conocido como Síndrome de Aplastamiento. No hay mucha investigación al respecto por falta de un modelo adecuado, pero hay una razón para creer que la hipoxia y la isquemia muscular de las extremidades atrapadas puede ser aliviada en cierta medida con la aplicación de Oxigenoterapia Hiperbárica Intermitente. Uno de los grandes riesgos es la formación o desarrollo del Síndrome de Compartimentalización, esto, sin contar con las posibles heridas agregadas. La hiperoxigenación preserva la viabilidad de los tejidos en presencia de estados de bajo flujo; reduce el edema por la vasoconstricción

La inflamación es reducida y el flujo en la microcirculación promovida, con un 60% de sobrevivencia de las extremidades.

INJERTOS Y TRASPLANTES DE PIEL. En caso de colgajos y toma y aplicación de injerto, la finalidad que persigue la Oxigenoterapia Hiperbárica es la preparación de una base granular en los pacientes seleccionados (Lo mismo sucede con las heridas comprometidas y las úlceras diabéticas, úlceras venosas por estasis y por insuficiencia arterial). Se han encontrado resultados alentadores en pacientes que presentaban fallas anteriores a la toma observando una cura temprana en los sitios donadores y rápida adherencia de los "parches" en los sitios receptores. El Oxígeno, en este caso, aumenta la tensión de O_2 con disminución de la permeabilidad capilar, que lleva a disminuir el edema, mejorando así el aprovisionamiento de Oxígeno. Aumenta la migración fibroblástica, la síntesis de colágena y la angiogénesis capilar, resultando en el desarrollo rápido de una base granular y una pronta invasión capilar nutricia para el injerto.

OSTEOMIELITIS REFRACTARIA. En este caso la Oxigenoterapia Hiperbárica está indicada como un adyuvante sólo cuando no ha habido respuesta adecuada al tratamiento farmacológico y quirúrgico. Una revisión de la literatura muestra la mejoría de un 60 a 85 % de los casos así tratados. El Oxígeno Hiperbárico aumenta la tensión tisular, lo cual potencializa la función del Leucocito Asesino; incrementa la actividad osteoblástica y osteoclástica; se induce la proliferación fibroblástica y la síntesis de colágena, cerrando los espacios --

muerdos y favoreciendo la formación de nuevo hueso.

ULCERAS DIABETICAS, POR ESTASIS y POR VASCULITIS. El efecto antimicrobiano y la neovascularización son fundamentales en estos casos para lograr la cicatrización. El control de la glucemia es fundamental, así como saber qué tipo de germen se encuentra presente, con aislamiento por cultivo y determinación de su sensibilidad con antibiograma, para ayudar a corregir el problema, aunando la Oxigenoterapia Hiperbárica, la cual mantendrá la viabilidad tisular de las zonas más comprometidas -pero sin necrosis- ,reestablecerá la circulación a través de las colaterales, se estimula la neovascularización y la neoeptelización, la proliferación fibroblástica, la formación de colágena, la acción oxidativa asesina de los leucocitos y el transporte de aminoglucósidos a través de la pared celular.

GANGRENA GASEOSA. La incidencia de la Gangrena Gaseosa, aunque rara, no ha cambiado aún con los nuevos antibióticos y cuidados. El Oxígeno Hiperbárico es un componente importante en el manejo de esta entidad patológica. Otros componentes incluyen el debridamiento, antibióticos, mantenimiento de líquidos y curaciones de la herida. Los estudios indican que la adición de Terapia Hiperbárica disminuye la morbilidad y la mortalidad a un 25%. El Oxígeno administrado a alta Presión, tiene dos efectos primordiales: Detiene la proliferación bacteriana e Inhibe la formación de las toxinas letales. Los beneficios adicionales incluyen la elevación de la ten--

sión de O_2 en la herida. Esto ayuda a preservar la viabilidad de los tejidos comprometidos, promueve la oxidación por parte de los Leucocitos Asesinos y facilita el transporte de los Aminoglucósidos a través de la pared de la bacteria. La producción de la exotoxina que necroza la fascia y el músculo (producida por el *Clostridium perfringens*), cesa si la pO_2 tisular excede los 250 mmHg. Los pacientes son tratados 90 minutos a 3 ATA. La amputación radical proximal extensiva puede ser frecuentemente evitada, si se da este manejo, en combinación con debridamiento quirúrgico definitivo antes de la primera sesión, y empleo de antibióticos de amplio espectro.

FASCEITIS NECROTIZANTE. Esta es una infección severa de los tejidos blandos de naturaleza polimicrobiana, con mezcla de flora bacteriana aeróbica y anaeróbica. El Oxígeno Hiperbárico tiene un efecto directo sobre la bacteria, mejora la función de los Leucocitos, la producción fibroblástica de colágena con la subsecuente curación de la herida.

ANEMIAS POR PERDIDA DE SANGRE. Boerema en su clásico trabajo demostró que 3 ATA de O_2 proporciona suficiente Oxígeno disuelto en el plasma, que los eritrocitos no requieren satisfacer las necesidades tisulares de O_2 . A 3 ATA el Oxígeno disuelto es de 6.8 vol.%. Esto excede los valores normales de 5 vol.% arteriovenoso. El Oxígeno a Alta Presión debe ser considerado en caso de Anemia Aguda por pérdida sanguínea en aquellas situaciones donde no es posible o adecuado transfundir sangre. La terapia puede sustituirles mientras los pacientes comienzan a elaborar sus propios eritrocitos.

QUEMADURAS.- La fisiopatología de las quemaduras es doble, ya que mientras existe isquemia por lesión térmica en la microcirculación, el edema secundario agrava las condiciones de isquemia dado que la difusión de O_2 a través del plasma es proporcional a la raíz cuadrada de la distancia del capilar a la célula. Las grandes quemaduras son beneficiadas por el Oxígeno Hiperbarico. Entre sus ventajas está el acortamiento de la estancia hospitalaria, menos conversión de lesiones de 2o. grado a pérdidas completas y menor tiempo de preparación para colocación de injerto. A través de la vasoconstricción el Oxígeno Hiperbárico reduce la inflamación, mientras que la oxigenación tisular es mantenida a través de la hiperoxigenación. El Oxígeno en esta forma, estimula la neovascularización y la neopitelización mejorando el nivel de O_2 tisular en el medio isquémico; la proliferación fibroblástica, la formación de colágena y la neovascularización pueden continuar de una manera más normal.

I X

ADMINISTRACION DE

FARMACOS BAJO CON

DICIONES HIPERBA-

RICAS

- "Como regla general, la mayoría de los fármacos no tienen ningún efecto combinado o sinérgico con el aire comprimido o los aumentos de la presión parcial del Oxígeno, pero existen importantes excepciones. Es seguro asumir que a menos que existan contraindicaciones específicas o precauciones concernientes al uso de una sustancia en particular, bajo presión, se podrá administrar confiablemente."

(E.P. KINDWAL, 1984)

La administración de líquidos intravenosos debe estar regida por estudios basales de laboratorio y por las condiciones clínicas del paciente. Los equipos de venoclisis no necesitan ser especiales, pero debe dedicarse especial atención a la interfase aire-líquido de la cámara cuentagotas ya que los volúmenes de aire y de líquido se modificarán durante la compresión y la descompresión.

Nunca deben usarse botellas de vidrio en las soluciones a administrar, a menos que tengan un sistema de permeabilidad que permita igualar presiones. Las bolsas y envases plásticos conteniendo éstos líquidos no representan ningún peligro.

El mantenimiento de una vena permeable resulta beneficioso, ya que permite administrar medicamentos sin necesidad de interrumpir el tratamiento hiperbárico, dentro de la cámara Multiplaza. En la cámara Monoplaza, existen aditamentos -- que permiten pasar a través de las puertas el equipo de venoclisis, manteniendo la solución fuera de esta. El flujo por gravedad de la solución es imposible, dado que el paciente se encuentra en un ambiente de mayor presión que la externa, en donde está colocado el resto del equipo, para lo cual se emplean bombas fabricadas expresamente para cada modelo de Cámara en forma exclusiva.

Debe mantenerse una vigilancia constante de los equipos de venoclisis, ya que si se llegara a desconectar el equipo del punzocat o de la bomba, esto significaría la pérdida de sangre en forma considerable. Experimentalmente se dejó una vía abierta a partir de una bolsa de 250 cc comprimida a 30 psig, la cual se vació en menos de 17 segundos. Las punciones de aguja en las gomas del equipo, propias para aplicar medicamentos, también pueden ser una fuente de fuga, lo cual podría evitarse con el empleo de una llave de tres vías. Ten

bién se han empleado válvulas de un solo sentido para prevenir las pérdidas hemáticas en caso de que la línea se rompa o se separe, aunque esto no sustituye la vigilancia estrecha que deben de mantener médicos, operadores y monitores, expertos en este tipo de procedimientos que sepan cómo actuar si a pesar de todas las precauciones llega a sobrevenir un accidente; máxime en la Cámara Monoplaza, donde el paciente por la inaccesibilidad puede llegar a morir por hipovolemia antes de lograr descomprimir gradualmente la Unidad para auxiliarse sin provocarle mayores daños.

Como regla general, la mayoría de los fármacos no tienen particular efecto combinado o sinérgico con aire comprimido, presión parcial de Oxígeno elevada. A menos que existan contraindicaciones específicas o precauciones concernientes al uso de una sustancia particular bajo presión, es seguro continuar adelante y administrarla.

Es importante considerar que los fármacos que son almacenados en la Cámara y que están sujetas a compresiones y descompresiones continuas deben guardarse en recipientes a prueba de presión. Cuando uno sierra una ampoyeta, corre el riesgo de verse afectado por la implosión, por lo que se recomienda que si se van a usar fármacos ya se lleven preparados en el interior de una jeringa desechable.

CORTICOESTEROIDES

Es bien sabido que la administración de corticoesteroides puede potencializar la Toxicidad del Oxígeno. Parece haber un aumento en la Epinefrina y en las Hormonas Adrenocorticales en respuesta al estrés de la Oxigenoterapia Bariátrica. En condiciones normales, la producción de estas sustancias es un mecanismo protector que actúa a la inversa en condiciones de alta presión, por lo que se indica la ingesta de anticonvulsivantes de manera profiláctica

ANALGESICOS NO NARCOTICOS:

Medicamentos tales como el Acido Acetil Salicilico, el Darvón y el Penacetín, fueron administrados a dosis terapéuticas sin encontrar efectos potencializadores de los efectos tóxicos del Oxígeno ni Narcosis Nitrogénica. Su eficacia pareció no ser modificada por el aumento de las presiones parciales del Oxígeno y del Nitrógeno.

ANALGESICOS NARCOTICOS:

Hay que estar especialmente alertas del desarrollo de Intoxicación por Oxígeno en pacientes que están recibiendo este tipo de fármacos, tales como Morfina, Meperidina ("Demerol") o cualquier otro de los analgésicos narcóticos, ya que deprimen la respiración al reducir la reactividad medular al CO_2 , lo cual es un estímulo para la respiración. Un problema adicional se presenta cuando se administra Morfina intramuscular ya que la vasoconstricción ocasionada por el Oxígeno a alta presión enlentece la absorción, lo cual puede ocasionar una nueva administración al no observar los efectos deseados lo cual lleva a una sobredosificación al disminuir la Hiperbaria, pudiendo llegar incluso al Paro Respiratorio.

ANESTESICOS.

La Ketamina -anestésico disociativo- posee efectos que se potencializan ante la atmósfera de Oxígeno Hiperbárico. Se administra por vía intravenosa y el porcentaje requerido, en caso de ser utilizado, debe ser muy bajo, por lo que sólo debe ser administrado por expertos anestesiólogos en esta área, al igual que todo tipo de anestésicos.

ANTICONVULSIVANTES:

El empleo de este tipo de medicamentos, incluso en forma profiláctica bajo condiciones hiperbáricas obliga a observar estrictamente los límites de Presión de Oxígeno/Tiempo, ya que la falta de manifestaciones puede enmascarar una In-

toxicación por este Gas, lo cual representaría secuelas permanentes por daño severo al Sistema Nervioso Central. No se han reportado daños en humanos sometidos a tratamientos clínicos cuando se han expuesto, adecuadamente, a NO MAS DE 90 MINUTOS A 3 ATA. La administración profiláctica de estos medicamentos está indicada en caso de Fiebre elevada, Gangrena Gaseosa y Corticoterapia previa, principalmente.

BARBITURICOS:

El Fenobarbital ha sido empleado largo tiempo como un medicamento para controlar efectivamente las Crisis Convulsivas tipo Gran Mal. La desventaja es que tiende a producir de presión respiratoria. A pesar de ello, es mejor que otros -- barbitúricos ácidos. Dosis de 130 a 250 mg. intravenosos basándose en las indicaciones clínicas de cada paciente pueden ser seguras si se mantiene una vigilancia constante.

DIAZEPAN:

Ha sido recomendado como un adyuvante en la terapia anti convulsivante e incluso se ha llegado a usar profilácticamente, fuera de la Oxigenoterapia Hiperbárica. Cuando se administra intravenosamente nunca debe inyectarse a más de 5 mg. (1 mililitro) por minuto. Como el Dilantin, no debe ser añadido a las soluciones parenterales, La dosis usual es de 5 a 10 mg intravenosos. Frecuentemente, los pacientes sometidos a "terapia Hiperbárica requieren mayores dosis de las usuales. La razón de esto no es muy clara. No ha habido evidencia de efecto de rebote al finalizar la sesión.

LIDOCAINA:

Cuando se ha empleado como un antiarrítmico, no se han encontrado diferencias específicas, lo mismo que cuando se emplea, dentro o fuera de la Cámara, como Anestésico local.

DIGOXINA:/ DIGITAL:

La Oxigenación Hiperbárica no ha demostrado disminuir el efecto de los glucósidos cardiacos. Incluso, en caso de sobre dosis accidental, la Oxigenación Hiperbárica ha brindado cier

ta protección al organismo.

DISULFIRAM:

Se ha probado como agente bloqueador de la intoxicación por Oxígeno. Faïman ha expuesto ratones a 6 ATA durante una hora sin encontrar convulsiones cuando previamente se les había administrado Disulfiram intraperitonealmente. Estudios postmortem de estos animales no demostraron ningún tipo de daño en el Sistema Nervioso Central ni en Aparato Respiratorio. Experiencias recientes en humanos señalan que el Disulfiram bloquea el efecto tóxico del Oxígeno administrado a dosis de 500 a 3000 mg./día. Obviamente que el paciente debe evitar a toda costa la ingesta de alcohol y preparados que le contengan. La presentación es para vía oral, únicamente.

El alcohol etílico ha demostrado ser uno de los agentes asociados a la formación de bends y a incrementar la susceptibilidad para desarrollar la Enfermedad por Descompresión, observada frecuentemente entre los pilotos aviadores, incluso que habían bebido el día anterior. El efecto probablemente sea debido a la deshidratación secundaria.

Existen otros medicamentos probados con la finalidad de disminuir la posibilidad de desarrollar Narcosis Nitrogénica experimentados por Bennett en 1962 como el Alfa-4-piperidil, y más recientemente Astearilamina, Cetil-trimetil-amonio, y fármacos catiónicos. Bennett ha postulado que... "el mecanismo de la narcosis y efectos anestésicos de los gases inertes son debidos a un incremento en la permeabilidad de la membrana de la neurona. Los medicamentos catiónicos han demostrado tener un efecto supresor de la narcosis, mientras que las drogas aniónicas potencializan estos efectos. Dosis de Aspirina de 50 a 100 mg./Kg. de peso también han demostrado tener un efecto reductor en el desarrollo de la Narcosis Nitrogénica, y estos experimentos han abierto las puertas a la búsqueda de nuevos medicamentos invitando a los investigadores a trabajar juntos en beneficio de la MEDICINA HIPERBARICA. (Ref. Bibl. No. 16).

D I S C U S I O N

.....
- "El uso del aire atmosférico, bajo diferentes grados de presión en el tratamiento de enfermedades, es uno de los más importantes avances de la Medicina Moderna y, cuando comprobamos la simplicidad del agente, el método mediante el cual debe ser aplicado y la precisión con la que debe ser regulado para los requerimientos de cada individuo, - estamos verdaderamente sorprendidos de que en nuestro país, este método de tratamiento haya sido - tan poco usado."

(DR. C. E. WILLIAMS. Inglaterra, 1885)

La Terapia Hiperbárica de cualquier desórden o enfermedad se basa en dos factores:

- 1).-La compresión mecánica de las burbujas de gas, que -- responderán acordes a la Ley de Boyle y de Dalton,
- 2).-El transporte y utilización del Oxígeno por los tejidos del organismo humano.

La Oxigenoterapia Hiperbárica se consigue al hacer - que un paciente respire Oxígeno 100% puro por medio de una mascarilla, mientras se encuentra expuesto a una presión - barométrica elevada dentro de una Cámara de Compresión con Aire.

La Oxigenoterapia Hiperbárica tiene ventajas terapéu- ticas, siempre que pueda ser administrada dentro de lími- tes adecuados para evitar efectos nocivos. El aprovechamien- to del Oxígeno se divide en tres fases, a saber:

- A).-FASE DE VENTILACION.-Su función es proveer suficiente Oxígeno y remover suficiente Bióxido de Carbono, de acuerdo a las demandas del Metabolismo.
- B).-FASE DE TRANSPORTE.-Pone en contacto el medio ambiente externo con los tejidos de los órganos de la economía.
- C).-FASE DE UTILIZACION.-Es aquella en donde el Oxígeno del Aire, una vez puesto en presencia de los organelos, es utilizado por la unidad anatómica y funcional en el me- tabolismo celular.

La Terapia Hiperbárica no es un sustituto del tratamiento farmacológico o del método quirúrgico, pero si constituye un importante adyuvante en el tratamiento en los casos donde los métodos convencionales han fracasado parcial o totalmente. Mejor aún, la combinación de medicamentos -- con el procedimiento quirúrgico, cuando así lo amerite, sumados a la Terapia Hiperbárica acarreará múltiples beneficios. En la Oxigenoterapia Hiperbárica, el paciente es tratado con Oxígeno puro al 100% a presión atmosférica incrementada. El aumento de la presión de 1.5 a 3 Atmósferas, ocasionará un incremento del 10 al 15% en el plasma, resultando un incremento, a su vez, en la oxigenación tisular.

Los tratamientos se pueden proporcionar en Cámaras Hiperbáricas Monoplaza y Multiplaza. En las Cámaras Multiplaza se efectúa compresión del aire y el paciente respira el Oxígeno mediante una mascarilla; en las Cámaras Monoplaza, la compresión se realiza con Oxígeno puro al 100%.

Existen padecimientos aceptados como susceptibles de ser tratados por esta forma de terapia, mientras otros se manejan bajo ciertas condiciones especiales y otros más, se encuentran en fase de experimentación.

Al final de cuentas, el mecanismo de acción básicamente puede resumirse en Hiperoxigenación y en Reducción del tamaño de la Burbuja. Existen pocas contraindicaciones (ta

les como el embarazo y los padecimientos de las vías respiratorias, la cirugía reciente de tórax y la esferocitosis infecciosa, junto con las infecciones virales. Se -- pueden proporcionar tratamientos de emergencia así como programados para cierto tipo de patologías.

Dentro de la Armada de México, pueden estudiarse pacientes a través de las Instituciones de Sanidad Naval que cuentan con Instalaciones de Cámara Hiperbárica en condiciones de proporcionar este tipo de terapéutica.

Se proporcionará una valoración general individual por parte del Médico Integral Naval para determinar el estado -- real de la patología y las condiciones del paciente.

Estos pacientes recibirán manejo farmacológico o médicoquirúrgico, según corresponda a la patología de fondo que se trate, junto con Sesiones de Terapia Hiperbárica.

Se realizará un seguimiento de los casos tratados para determinar la evolución a largo plazo.

El Diagnóstico se integrará de acuerdo a tres parámetros, a saber: 1.-Clínico

2.-De Laboratorio

3.-De Gabinete Radiológico

El Estudio Clínico comprenderá:

- A).-Valoración General Individual (por el Médico Integral
"aval").
- B).-Valoración Otorrinolaringológica.
- C).-Valoración Cardiopulmonar.
- D).-Valoración Odontológica.

El Estudio de Laboratorio comprenderá:

- A).-Bimetría Hemática Completa.
- B).-Química Sanguínea (o Glucemia, cuando menos).
- C).-Cultivo de la secreción (si la hay).
- D).-Antibiograma (en caso de desarrollo bacilar).

El Estudio de Gabinete comprenderá:

- A).-Telerradiografía de Tórax.
- B).-Radiografía del sitio de la lesión ósea (si la hay).

El Tratamiento dependerá del grado de afectación, del manejo previo y del grado de evolución de los tejidos dañados, o de los organismos comprometidos.

En base a lo anterior, se determinará tratamiento médico, - técnica quirúrgica y el número de Sesiones de Terapia Hiperbárica.

En cuanto sea posible, los pacientes hospitalizados conti-

nuarán su control como externos en la consulta especializada de Medicina Hiperbárica, donde, además, se realizarán - determinaciones estadísticas y comparativas.

Se contará, como Recursos Humanos con:

- A).-Pacientes portadores de padecimientos o complicaciones susceptibles de ser manejados con Oxigenoterapia Hiperbárica.
- B).-Especialistas en Medicina Integral Naval.
- C).-Personal Médico adscrito a los Servicios de Medicina - Interna, Cirugía General, Cirugía Reconstructiva, Ortopedia y Traumatología, Pediatría, Cardiología, Neumología, Medicina Hiperbárica, Enfermería, Laboratorio y - Radiología con sede en el Hospital Naval sede, de donde derivarán los pacientes y quienes cooperarán en el estudio, manejo y control.
- E).-Personal Técnico especializado en manejo y mantenimiento de la Cámara y sus implementos.

Los Recursos Físicos serán:

- A).-Las instalaciones del Hospital Naval, en su Area de Urgencias, Consulta Externa, Hospitalización, Diagnóstico por Imagen y Laboratorio.
- B).-Las instalaciones de Medicina Hiperbárica del Hospital.

Las sesiones de Terapia Hiperbárica serán vigiladas por el

personal especializado del Servicio de Medicina Hiperbárica del Hospital Naval (personal de Medicina Integral Naval) y la evolución de los casos será supervisada por los médicos especialistas adscritos al Servicio que corresponda al paciente dentro del Hospital Naval.

Se pretende, de esta forma, tratar y derivar hacia los Hospitales de Sanidad Naval que cuenten con Servicio de Medicina Hiperbárica, lograr disminuir el sufrimiento del paciente, la generación de complicaciones con repercusión biopsicosocial, el tiempo de recuperación y de estancia hospitalaria, así como el costo del tratamiento a la Armada de México, reintegrando lo más pronto posible al servicio activo a sus militares y evitando tantos problemas en sus derechohabientes.

B I B L I O G R A F I A
.....

- 01.-ANDRADE, V. et. al. GEOGRAFIA. México, Trillas, 1975.
- 02.-BIBLIOTECA TEMATICA UTHEA. LAS AVENTURAS DEL MAR Y DEL AIRE. España. Uthea, V I, 1980, 197 pp.
- 03.-BIBLIOTECA TEMATICA UTHEA. EL MUNDO QUE NOS RODEA. España, Uthea, V X, 1980, 190 pp.
- 04.-BIBLIOTECA TEMATICA UTHEA. CONQUISTAS DE LA HUMANIDAD. España, Uthea, V XI, 1980, 191 pp.
- 05.-CIFUENTES LEMUS, J.L. EL OCEANO Y SUS RECURSOS. México, Conacyt, 1986, 171 pp.
- 06.-DAVILA GUERRERO, T. DISEÑO DE UN CONVERTIDOR DE CLAS. - (Tesis) México, I.P.N. 1984.
- 07.-DAVIS, J.C. y HUNT, T.K. HIPERBARIC OXYGEN THERAPY. U.S.A. United States Air Force School of Aerospace Medicine. - - Brooks Air Force Base, 1986.
- 08.-"DISBARIC OSTEONECROSIS" DIVING AND SUBAQUATIC MEDICINE. U.S.A. 1984. pp 185 - 196.
- 09.-EDMONS, C; CLOWRY y PENNEFATHER, J. DIVING AND SUBAQUATIC MEDICINE. U.S.A. Diving Center Publication, 1981.
- 10.-ENCICLOPEDIA DEL SABER HUMANO. LA GRAN AVENTURA DEL HOMBRE. Barcelona, Mateu, 1969, V II, 238 pp.
- 11.-ENCICLOPEDIA: NUESTRO MUNDO AYER, HOY Y MAÑANA. LAS CIENCIAS. Barcelona, Timun Mas, V I, 1980, 256 pp.

- 12.--"HISTORICAL AND PHYSIOLOGICAL CONCEPTS OF DECOMPRESSION"
DIVING AND SUBAQUATIC MEDICINE. U.S.A. Diving Center Pu-
blication. 1981. pp 130 - 144.
- 13.--"HISTORY OF DIVING" DIVING AND SUBAQUATIC MEDICINE. U.S.A.
Diving Center Publication. 1981. pp 1- 12.
- 14.--"HYPERBARIC OXIGEN THERAPY" DIVING AND SUBAQUATIC MEDICI-
NE. U.S.A. Diving Center Publication. 1981. pp 492-505.
- 15.--JACOBSON, H., RENDELL-BAKER, et. al. THE HISTORICAL PERS-
PECTIVE OF HYPERBARIC THERAPY. First International Con-
gress on Hyperbaric Oxigenation. U.S.A. 1965.
- 16.--KINDWAL, E.P. y GOLDMAN, R.W. HYPERBARIC MEDICINE PROCED-
URES. Wisconsin, U.S.A. Department of Hyperbaric Medi-
cine. St. Luke's Hospital, 1984, 204 pp.
- 17.--LEE, OWEN. MANUAL DEL BUCEADOR MODERNO. México, Diana, -
1981, 406 pp.
- 18.--MEXICO, Centro Nacional de Medicina de Aviación. S.C.T.
SIMPOSIO INTERNACIONAL DE MEDICINA AERONAUTICA PREVENTI-
VA. Memorias. Ixtapa, Zihuatanejo, Gro. México, 1987.
- 19.--MOSQUEIRA, S. FISICA ELEMENTAL. México, Patria, 1972, 432pp
- 20.--PAZOS, BALTAZAR. TECNICAS DE BUCEO DEPORTIVO. México, Di-
Diana, 1986, 212 pp.
- 21.--POULET, GUY y BARINCOU, R. LA PLONGEE. Francia, Denoel,-
375 pp.
- 22.--RAMOS, O. "MEDICINA HIPERBARICA" REVISTA DE LA SECRETARIA
DE MARINA. Año 7.No.39.(sep-oct 1987) pp 17-21.

- 23.-ROSADO DAFFNY, et. al. SINTESIS DE BIOLOGIA. México, Trillas, 1971, 222 pp.
- 24.-SANCHEZ MOLINA, et. al. SINTESIS GEOGRAFICA. GEOGRAFIA FISICA Y HUMANA. México, Trillas, 1971, 256 pp.
- 25.-TULIUS, H. JACOBSON, JOANNE S.H.C. "THE HISTORICAL PERSPECTIVE OF HYPERBARIC THERAPY". U.S.A. Leslie Rencel Baker. pp. 7- 19.
- 26.-THOMPSON, PHILLIP, D. y O'BRIEN. LA ATMOSFERA. México. - Time-Life. 1984, 200 pp.
- 27.-U.S. NAVY DIVING MANUAL. NAVSEA - 0994-LP-001-09010. U.S. NAVY. Washington D.C. U.S.A. 1987.