

ENFERMEDAD DESCOMPRESIVA EN MEDIO HIPERBÁRICO

ANTECEDENTES

- Al ser requeridos trabajos bajo presión e irse prolongando el tiempo de permanencia en el fondo y la profundidad, los trabajadores comenzaron a experimentar problemas físicos y fisiológicos con mayor intensidad.
- 1660 Robert Boyle publica su trabajo “The spring of the air” que contiene los relatos de un gran número de estudios hechos con animales y hace la primera descripción sobre los orígenes de lo que posteriormente se denominaría “ataque de presión”. Relata que provocó sintomatología en una serpiente mientras la descomprimía en su bomba experimental; Boyle escribió: “Inmediatamente observé al reptil, al cual se le apreciaba manifiestamente una pequeña burbuja de aire moviéndose dentro del humor acuoso de uno de sus ojos”.
- 1841 Los primeros casos en humanos fueron observados por Triger en los trabajadores de las minas de carbón quienes trabajaban bajo presión para mantener a un mínimo las filtraciones de agua. Triger observó que algunos mineros sufrían contracciones y dolores musculares después de salir de las galerías presurizadas. En ese mismo año y basado en aquella sintomatología de los mineros; Triger dio a conocer sus experiencias con el primer “cajón de hinca” utilizado para la excavación del río Loira.
- 1854 Pol y Watelle comenzaron a estudiar el fenómeno de la enfermedad descompresiva e informaron que este ataque se presenta siempre al salir de un ambiente con aire presurizado y experimentaron que el retorno al ambiente presurizado aliviaba los síntomas. Aplicando un término jocoso, dijeron: “Este es un espectáculo donde sólo se paga a la salida”
- 1863 Foley recomendaba, en cuanto al tratamiento, volver de nuevo al ambiente presurizado del cajón.
- 1878 Paul Bert, médico francés, publica su trabajo **“La presión barométrica (Investigación en fisiología experimental)”**, en dicho trabajo él es capaz de demostrar que las burbujas eran esencialmente de nitrógeno. Posteriormente en 1880 el mismo Paul Bert realiza experiencias para aplicar un método de tratamiento mediante la administración de oxígeno puro, con el propósito de hacer un “Lavado” y eliminación del nitrógeno. También descubrió que el oxígeno era tóxico cuando se respiraba bajo determinadas presiones. Por este trabajo a Paul Bert se le da el título de “Padre de la presión fisiológica”.
- 1908 Haldane publica su primer “juego de tablas de descompresión”, este doctor Ingles había sido comisionado por la Royal Navy para trabajar investigando un programa de descompresión que pudiera ser aplicado por los buzos de la flota británica. 1960 Golding clasifica la Enfermedad Descompresiva en tipo 1 y tipo 2, empleando el término Bends específicamente para referirse al dolor periarticular o en un miembro.
- 1967 Se ponen en práctica las tablas 5 y 6 denominadas de recompresión mínima respirando

oxígeno, cuyo uso se ha generalizado hasta el presente.

- Durante los últimos años se han venido modificando las tablas de tratamiento, con base en la estadística observada; dichas modificaciones atañen principalmente a profundidades y tiempos de tratamiento.

DEFINICIÓN

La Enfermedad Descompresiva (ED) es un cuadro patológico que afecta de forma específica a determinados colectivos profesionales o deportivos (aviadores y buceadores principalmente), que “aparece como resultado de la formación de burbujas de gas procedentes de los gases inertes disueltos en los tejidos cuando se registra una disminución suficiente de la presión ambiental”. Durante la descompresión, el gas inerte es removido desde los tejidos hacia la sangre, acarreado a los pulmones y exhalado. Si este proceso ocurre de una forma controlada, de tal manera que la tensión del gas inerte no alcance el nivel suficiente de supersaturación para formar burbujas, la descompresión transcurrirá sin incidentes. Según la localización y tamaño de la burbuja así será la clínica de la ED cabe destacar que aun sin la presencia de sintomatología clínica evidente se puede detectar la presencia de burbujas denominadas por este motivo como “silentes”, en el torrente circulatorio.

FISIOPATOLOGÍA

Se parte del principio que cualquier gas respiratorio comúnmente es en realidad una mezcla de gases, de la cual uno de los componentes es el oxígeno, indispensable para la vida y que se incorpora a las reacciones bioquímicas del metabolismo; dichas mezclas pueden variar con respecto a la proporción de sus componentes.

La excepción a la afirmación anterior son las raras ocasiones en las que se respira oxígeno al 100% siendo este el único gas que se puede respirar puro, durante un tiempo significativo, sin que tenga repercusión inmediata para el sostén de la vida.

Son de vital interés, para el caso que nos ocupa, los gases diluyentes de la mezcla respirada. En el caso de que la mezcla gaseosa sea el aire, el gas “diluyente” referido es el nitrógeno (N_2); pero en otras mezclas respiratorias, como las utilizadas en buceo el gas complementario de la mezcla puede ser el Helio (He), el Hidrógeno (H) o mezclas en diversas proporciones de estos tres gases.

Estos gases tienen la característica común de ser metabólicamente “inertes”; es decir, el organismo humano no los emplea en ningún proceso bioquímico.

En personas que están sometidas a una presión ambiental superior a la atmosférica y que respiran a dicha presión; durante el tiempo que dura esta exposición y por efecto de diversos fenómenos físicos, sus células tienden a sobresaturarse de los diversos gases que componen la mezcla respiratoria.

Para entender mejor estas ideas conviene recordar algunos conceptos y leyes que explican dicho fenómeno:

- **Ley de DALTON:** Establece que la presión total ejercida por una mezcla de gases es igual a la suma de las presiones parciales de cada uno de los gases de los que está compuesta.

$$\text{Presión total} = P_1 + P_2 + P_3 + \dots$$

Estas presiones parciales son las que varían en función de la presión ambiental ya que, la presión parcial es directamente proporcional a la presión total a la que la mezcla está sometida en ese momento.

$$P_p = \% \times \text{Presión total.}$$

- **Gradiente de presión parcial:** Definiremos este concepto como a la **diferencia de presiones parciales** que existe entre dos espacios; las moléculas de un gas pasarán del espacio con mayor presión parcial hacia el que tiene menor presión. La velocidad a que pasan estas moléculas está influida por la diferencia de presiones parciales de forma que lo hará más rápido cuando la diferencia de presiones entre ambos sea mayor. Sabemos que al incrementarse la presión ambiental aumenta la presión de los gases en el alveolo y al ser mayor que la presión de los gases disueltos en sangre y células, la difusión de los mismos hacia los tejidos es mayor en cantidad y velocidad ya que el **gradiente de presión** es mayor.

De esta forma y por medio de la respiración se van equilibrando las presiones parciales del gas inerte disuelto en los líquidos de tejidos y células con el aire respirado.

- **Ley de HENRY:** Nos dice que la cantidad de un gas que se disuelve en un líquido, a una temperatura determinada, es directamente proporcional a la presión del gas que se encuentra en contacto con el líquido.

Esta cantidad de gas disuelto depende también de la **constante de solubilidad** del propio gas.

Dicha disolución no se produce de una forma instantánea sino que se produce progresivamente por lo que influye el factor tiempo.

Si tenemos en cuenta que el **gradiente de presión** alveolo – capilar está aumentado como consecuencia del aumento de presión ambiental, y la sangre es un líquido; entenderemos las implicaciones de esta ley.

Así pues cuanto más tiempo esté en el fondo más gas inerte tiende a difundir hacia los espacios corporales, disolviéndose en los líquidos que contienen, hasta su completa saturación.

- **Ley de BOYLE:** Esta ley establece que el volumen de un gas es inversamente proporcional a la presión a que está sometido. Al iniciar el ascenso el buceador y, por lo tanto, disminuir la presión; el de gas inerte no disuelto aumentará de volumen con las consiguientes complicaciones clínicas.

$$P \times V = P' \times V'$$

Los distintos espacios corporales no se comportan de una forma homogénea ante la saturación o desaturación, si en algún momento por la causa que sea no se lleva una correcta descompresión

y por lo tanto una correcta eliminación paulatina y gradual del gas inerte; se corre el riesgo de sufrir una ED por la formación de burbujas como nos indicaba la analogía de la botella de soda.

EPIDEMIOLOGÍA

Es una patología que aparece principalmente en buceadores aunque también puede afectar a pilotos, aviadores, paracaidistas, mineros y obreros “de cajones”, como los constructores de pilares de puentes y túneles submarinos, o en general de personal que se exponga a variaciones importantes de la presión ambiental.

Se ha visto que aún siguiendo las tablas de descompresión de forma adecuada existe un 5% de probabilidades de padecer una enfermedad descompresiva.

CLÍNICA

La E.D., en función de su sintomatología ha sido dividida clásicamente en dos categorías: E.D. tipo I o leve y E.D. tipo II o grave, lo cual se hizo en un intento de diferenciar los casos y de esta forma poder estandarizar la identificación, pronóstico y tratamiento.

El Departamento de Medicina Subacuática del Hospital Naval de Bethesda ha definido la E.D. tipo I como la patología disbárica que se caracteriza por presentar dolor articular (en inglés "bends"), o rash cutáneo con manifestación dérmica variada (eritema, exantema, máculas, pápulas, etc.), en la que el examen neurológico es normal y en el que, sometido el paciente a una presión de 2,8 ATA respirando O₂ al 100 %, el dolor desaparece dentro de los diez minutos de recompresión a dicha profundidad.

Sobre la E.D. tipo I no nos vamos a extender debido a la menor importancia de sus síntomas y por lo tanto, a lo atípico de su aparición en un servicio de Medicina Intensiva, y solo la citamos con el propósito de que su conocimiento nos permita valorar su existencia, porque puede ocurrir que una E.D. tipo I evolucione hacia una E.D. tipo II, lo cual nos debe hacer pensar que estamos ante un paciente con una E.D. importante

Las manifestaciones clínicas de la E.D. tipo II implican la posibilidad de afectación del SNC y periférico (aunque en la mayoría de las series es englobado en el mismo grupo que las manifestaciones medulares), del sistema cardiovascular, respiratorio, o gastrointestinal.

Síntomas Neurológicos

Pueden ser debidos a afectación cerebral, cerebelosa, medular, o de los nervios periféricos. Suele ser más común entre los buceadores con aire que efectúan inmersiones de repetición.

Las manifestaciones cerebrales suelen ser más súbitas en su aparición (el 50 % dentro de los 3 primeros minutos) observándose que cuanto más breve es el periodo entre la llegada a la superficie y la aparición de los síntomas, mayor es la severidad del cuadro y peor es el pronóstico.

- Afectación cerebral

Las manifestaciones clínicas dependen del lugar de la obstrucción vascular y de la posibilidad de circulación colateral, aunque lo habitual es la afectación de múltiples puntos localizados principalmente en los lóbulos frontal y parietal.

Cualquier afectación del tejido cerebral va a dar lugar a manifestaciones análogas a la de cualquier otra patología cerebro vascular, por lo que nos podemos encontrar con síntomas de hemiplejía, monoplejía, convulsiones focales o generales, afasia, estados confusionales, cefaleas (por edema cerebral), visión borrosa o "en túnel", escotomas, disartria, etc.

Como medios diagnósticos, una vez efectuado el tratamiento recompresivo oportuno, podemos utilizar estudios mediante TAC y RNM que nos pueden localizar las zonas afectadas.

Otras pruebas más sofisticadas, como el empleo de perfusiones con tecnecio, o la tomografía con emisión de fotones nos pueden ayudar para identificar las lesiones múltiples y difusas.

- Afectación cerebelosa

Estas lesiones se pueden manifestar en forma de ataxia, descoordinación, con típicos signos neurológicos de hipotonía, disminución de los reflejos, asinergia, dismetría, tremor, diadococinesia y nistagmus.

- Afectación medular

Los signos y síntomas típicos de la afección medular pueden ser precedidos por un típico "dolor en cinturón" que puede ser el aviso de una enfermedad medular grave. La sintomatología más habitual se presenta en forma de paraplejía o paraparesia, con retención urinaria por parálisis vesical, la cual puede dar origen a un dolor pélvico que en muchos casos es mal diagnosticado y peor tratado. Asimismo, los afectados pueden presentar pérdida del control esfinteriano y disestesias en tronco y abdomen. En el diagnóstico de la E.D. medular se puede utilizar los potenciales evocados somatosensoriales para conocer la extensión de la lesión medular además de servir también para valorar la efectividad del tratamiento.

En relación con la E.D. neurológica se ha observado una mayor prevalencia en los pacientes que presentan un foramen oval persistente con shunts interauriculares, que daría lugar a que las burbujas que escapan al filtro pulmonar pasen a la circulación arterial, aunque trabajos recientes ponen en duda dicha prevalencia.

En los casos en que se sospeche la existencia de un foramen oval persistente efectuaremos una ecocardiografía transesofágica con contraste para confirmarlo.

- Afectación de los nervios periféricos

La formación de burbujas en la mielina de los nervios periféricos puede manifestarse por una desigual afectación motora o sensitiva que afecta principalmente a los miembros inferiores, siendo la sintomatología más común las parestesias, adormecimiento y debilidad motora.

Síntomas vestibulares

La E.D. por localización de la burbuja en oído interno es más frecuente en el buceo con mezclas de Helio (principalmente cuando se produce un cambio rápido de respirar Helio a aire) o Hidrógeno, y más inusual cuando se bucea con aire.

Pese a ser una rara manifestación de E.D. es importante su conocimiento para efectuar un diagnóstico diferencial correcto con los accidentes de buceo por barotraumatismo de oído interno, puesto que en el primer caso el tratamiento recompresivo es fundamental y en cambio la recompresión en el caso de un barotrauma está totalmente contraindicada ya que además de no ser de utilidad puede agravar el estado del paciente, empeorando el pronóstico desde el punto de vista funcional del oído interno.

La E.D. se manifiesta mediante síntomas cocleares, como acúfenos e hipoacusia neurosensorial, y/o síntomas vestibulares con vértigos, náuseas y vómitos.

Síntomas gastrointestinales

Se pueden manifestar por náuseas, vómitos, diarreas o espasmos abdominales. En los casos más graves pueden presentarse cuadros de isquemia y hemorragia intestinal.

Debido a lo infrecuente de su aparición es importante realizar un minucioso diagnóstico diferencial con otros cuadros gastrointestinales más frecuentes.

Síntomas respiratorios y cardiacos

Cuando la liberación de burbujas por parte de los tejidos sucede de forma masiva puede ocurrir que el lecho vascular pulmonar no sea capaz de evacuar todo el volumen de burbujas que le llega, dando lugar a manifestaciones pulmonares ("chokes") con signos y síntomas de distress respiratorio. Para que esto ocurra tiene que obstruirse un 10 % o más del lecho vascular pulmonar.

El gas en el interior de los vasos pulmonares produce el desplazamiento de la sangre provocando una expansión de los pulmones intravascularmente. El paciente presenta disnea, taquipnea significativa, dolor subesternal que se agrava con la inspiración, tos irritativa paroxística y cianosis.

Manifestaciones hematológicas

En los casos de una descompresión explosiva podemos encontrar una presencia masiva de gas en la sangre, lo cual va a originar importantes cambios reológicos que se van a manifestar

con una hemoconcentración grave, llegando a un cuadro de coagulación intravascular diseminada. Asimismo aparecen signos y síntomas de shock hipovolémico con hemoconcentración, hipotensión postural, síncope, mínima (o nula) diuresis, etc.

Los datos del laboratorio mostrarán trombocitopenia, aumento de la VSG, disminución del sodio y ácido láctico, alteraciones enzimáticas, etc...

PREVENCIÓN

Una vez que el buceador ha estado en el fondo y decide emerger debe tener en cuenta como hemos visto, el tiempo de la inmersión y la profundidad de la misma.

Debe realizar paradas de descompresión, estas paradas de descompresión buscan la eliminación gradual y paulatina del gas inerte que se ha ido acumulando en los líquidos corporales durante la inmersión.

TRATAMIENTO

El tratamiento definitivo de la ED es la recompresión e hiperoxigenación. Esto implica el retorno de la víctima a una presión elevada en una cámara, respirando una alta presión parcial de oxígeno, con el propósito de 1. Reducir el tamaño de las burbujas forzándolas a disolverse nuevamente y; 2. Favorecer la eliminación de gas inerte.

Evacuación

Al paciente disbárico lo debemos considerar como un "paciente especial" ya que en su tratamiento se va a requerir el empleo del OHB y por tanto será necesario disponer de una C.H. Esto es importante, pues no existen en nuestro país suficientes centros hiperbáricos hospitalarios. Actualmente, los pacientes con patología disbárica son trasladados a diferentes hospitales generales hasta que en uno de ellos, y de forma casi siempre casual, alguien recomienda su evacuación a un centro hiperbárico. Este peregrinaje debiera evitarse, puesto que el tratamiento fundamental de la E.D. es el recompresivo en C.H. respirando O₂ al 100 % según unas tablas de tratamiento con un protocolo acorde al estado del paciente.

Respecto a la evacuación del enfermo: Ante una llamada comunicándonos el envío de un buceador con sospecha de patología disbárica, debemos recomendar como norma principal que el paciente respire O₂ puro con un flujo de 8-10 L/min (mejor si lo hace en un sistema de circuito cerrado ya que permite una mayor duración de la botella de O₂). Con esto conseguimos una más rápida eliminación del N₂ del organismo así como contrarrestar el proceso isquémico que la burbuja está provocando.

El paciente debe estar en posición horizontal, bien abrigado y siéndole suministrado fluidoterapia, principalmente con suero fisiológico y Ringer-Lactato.

Si el paciente va a ser trasladado en helicóptero, este no debe sobrepasar los 150 metros como cota máxima de vuelo, y si es por vía terrestre se evitara accidentes orográficos mayores de

150 metros de altura. En ambos casos lo que se pretende evitar es la pérdida de altitud y la consiguiente disminución de la presión atmosférica, pues ello se traduce en un aumento del diámetro de la burbuja empeorando el estado, pronóstico y evolución del paciente.

Oxigenoterapia Hiperbárica

En cuanto al tratamiento en si, como ya hemos dicho anteriormente, lo principal y prioritario será la recompresión terapéutica en C.H., donde el paciente respirará O₂ al 100 % según un protocolo de tratamiento con tablas de O₂ a baja presión.

Para conseguir los mejores resultados y no empeorar el pronóstico, evitando asimismo la posibilidad de secuelas, el tratamiento, en este caso el recompresivo, debe iniciarse tan pronto como sea posible.

BIBLIOGRAFIA

- 1 A. P. Pujante Escudero et al. Estudio de 121 casos de Enfermedad descompresiva. Medicina Clínica. Vol. 94. Núm. 7. 1990. pp. 250-254.
- 2 A. Burgos Ojeda et al. Accidentes descompresivos por la práctica del buceo profesional en Tenerife (año 1993). Medicina Marítima. Vol. 1. Núm. 3. Noviembre 1996. pp. 123-128.
- 3 I. Arance Gil et al. Accidente descompresivo y pesca submarina: a propósito de un caso. Medicina Marítima. Vol. 1. Núm. 5. Diciembre 1997. pp. 249-251.
- 4 M. C. Lucas Martín et al. Accidentes de buceo: La enfermedad descompresiva como emergencia. Revisión de 51 casos. Emergencias. Vol. 5. Núm. 3. Mayo – Junio 1993. pp. 98-104
- 5 Bernardo López Oblaré y Francisco Campos Pascual. Accidente disbárico en pesca submarina. Notas clínicas. Med. Clin. (Barc). Vol. 104. 1995. pp. 742-743
- 6 Francisco Ríos Tejada et al. Enfermedad descompresiva. Criterios para una clasificación descriptiva. Medicina aeroespacial y ambiental. Vol. 1. Núm. 2. Noviembre 1994. pp. 9-13.
- 7 Antonio Martínez Izquierdo. Enfermedad descompresiva: Clasificación, clínica y prevención. Resumen no publicado.
- 8 Decompression Sickness. Tema 20-3. U. S. Navy Diving Manual. Marzo 2001. Vol. 5. pp. 20-4 a 20-8.
- 9 Acute Decompression Illness. Capítulo 4. ADivP-2(A)/MDivP-2(A). Multinational guide to diving medical disorders. OTAN. Octubre 2000. pp. 4-3 a 4-16.
- 10 Carl Edmons, Christopher Lowry, John Pennefather. Diving and Subacuatic Medicine. 3ª Ed. Butterworth – Heinemann Capítulo 12. Decompression sickness: Clinical manifestations. pp. 159-178.
- 11 Carl Edmons, Christopher Lowry, John Pennefather. Diving and Subacuatic Medicine. 3ª Ed. Butterworth – Heinemann Capítulo 13. Treatment of decompression sickness. pp. 179-197.
- 12 José Antonio Viqueira Caamaño. Enfermedad descompresiva: Etiopatogenia, clínica. Capítulo 19. Medicina Subacuática e hiperbárica. Fernando Gallar. 3ª ed. Ministerio de trabajo y seguridad social. Madrid 1995.
- 13 Julio Pernas García. Antecedentes históricos de la enfermedad descompresiva, su tratamiento y cámaras hiperbáricas. Trabajo de recopilación no publicado.
- 14 Enrique Callejón Peláez. Estudio de los accidentes de buceo archivados en el centro de buceo de la armada en el periodo de 1990 – 2002. Tesina no publicada.

HIPOTERMIA EN INMERSIÓN

Las lesiones por frío pueden dividirse en líneas muy generales en dos grandes tipos: la hipotermia y las congelaciones. Para el tema que nos ocupa debido al medio que nos vamos a mover solo nos interesan las primeras, por lo que las segundas, por su carácter local no las vamos a ver.

La hipotermia se define como un descenso de la Temperatura corporal central por debajo de 35 °C.

Esta es una inevitable consecuencia de la sumersión prolongada en agua fría y juega un papel muy importante en los acontecimientos que acontecen en las víctimas que sobreviven a un episodio de la misma.

El descenso de la T^a corporal es el resultado de la interrelación de muchísimos factores (físicos y fisiológicos):

- T^a del agua
- Superficie corporal
- Metabolismo
- Movimiento relativo del agua cercana a la piel
- Circulación periférica
- Deglución o aspiración de agua
- Duración de la inmersión y grado de actividad física
- Mezclas respiratorias usadas
- etc.

Fisiopatología de la Hipotermia

Con el enfriamiento progresivo hay un deterioro concomitante de la conciencia; a los 30 °C se llega a la pérdida de conciencia, y a los 22 °C se llega a la abolición de toda actividad cerebral.

Por otro lado, el enfriamiento puede desembocar en Paro Cardíaco por FV cuando se llega a la T^a corporal de 28 °C, o Asistolia al llegar a 24-26 °C.

Hay muchas más alteraciones fisiopatológicas como alteraciones en el patrón ventilatorio (bradipnea), alteraciones hidroelectrolíticas y del equilibrio ácido-base (tendencia general a la acidosis), alteraciones renales (tendencia a la insuficiencia renal, diuresis por frío que se produce por vasoconstricción periférica desplazamiento central de la volemia, etc.), etc...

Cuando la T^a central disminuye hasta 33-35°C, la T^a de la musculatura esquelética es de unos 28°C o menos, lo que implica un rendimiento muscular muy deteriorado, afectándose por tanto la natación u otras actividades necesarias para la supervivencia.

Por otro lado, el cuerpo lucha contra la pérdida de calor con unas respuestas fisiológicas que reducen la pérdida de calor, y que básicamente, consisten en redistribución del flujo sanguíneo desde la superficie a tejidos profundos y por incremento de la producción de calor por Tiriteo.

- de forma general, en un sujeto en inmersión con la cabeza fuera, la T^a corporal en adultos cae a 35 °C en agua a 5°C al cabo de 1 hora, al cabo de 2 h en agua a 10 °C y al cabo de 3-6h en agua a 15 °C.
- sin embargo en aguas abiertas, debido a la rica vascularización del cuero cabelludo, la cual no se vasoconstruye con el frío, la pérdida de calor a través de la cabeza aumenta considerablemente.

En niños, por otro lado, con más % de superficie corporal y menos contenido de grasa subcutánea, el grado de enfriamiento es más rápido.

REFLEJO DE INMERSIÓN (RESPUESTA AL BUCEO) E HIPOTERMIA

Esta es una respuesta refleja iniciada por la estimulación de la división oftálmica del n. Trigémico (1^a rama del Trigémico), que se produce por la inmersión de la cara en agua fría.

Este reflejo o respuesta consiste en la producción de:

- *Apnea por laringoespasma y broncoconstricción* → que protege de la aspiración de agua en la vía aérea.
- *Marcada vasoconstricción periférica* → esta se produce aparte de la que se produce por la inmersión del cuerpo en agua fría.
- *Bradycardia*

NOTA: estas dos últimas acciones (vasoconstricción y bradicardia) tienen por objetivo el buscar un ahorro de O₂, protegiendo al cerebro de la hipoxia durante un cierto tiempo.

Este reflejo es un resto del que aparece en los mamíferos marinos (de los cuales procedemos), que les permite permanecer sumergidos por grandes periodos de tiempo. Además es una respuesta que es claramente más marcada en niños.

Una característica importante es que la aparición e interrelación de esta respuesta al buceo junto con la hipotermia corporal puede originar un estado de hipometabolismo que puede resultar protector.

Con respecto a esto último, lo que está claro, es que el enfriamiento cerebral, para proteger a este del daño hipóxico al menos temporalmente, debe producirse muy rápidamente, y para que esto sea así no vale con el enfriamiento producido por la simple inmersión corporal. Para que se acelere esta hipotermia debe haber una entrada de agua fría al interior del organismo a

través fundamentalmente de la aspiración o en menor grado por deglución de la misma. Esto a dado lugar a múltiples controversias entre distintos autores, debido fundamentalmente a que tras varios estudios se observó que las cantidades de agua que se necesitarían aspirar para producir un enfriamiento cerebral rápido eran incompatibles con la vida, e incluso mayores que las encontradas en los cadáveres tras un ahogamiento.

Con respecto a esto último, los últimos estudios parecen haber encontrado la solución en el hecho de que durante el proceso del ahogamiento, la aspiración de agua, más que producirse en un simple bolus, acontece mediante un proceso dinámico con flujo de pequeñas cantidades de agua fría dentro y fuera de los pulmones con los movimientos respiratorias (que se conservan aún en la fase agónica), acelerándose así el proceso de enfriamiento.

Lo que sí parece claro es que en los niños, debido a la gran proporción de G.C. que es desviado a la circulación cerebral, junto con lo anteriormente mencionado de menor cantidad de panículo adiposo y mayor superficie corporal, es concebible que el enfriamiento cerebral ocurra antes.

Aunque, cada vez más, se reconoce la hipotermia como un indicador pronóstico favorable en caso de ahogamiento, la velocidad de inicio de la misma es crítica, y por tanto para que esto sea beneficioso debe ocurrir rápidamente, antes de que la profunda hipoxia se desarrolle, en caso contrario, poca utilidad se proporciona como factor de protección cerebral. Es por esto último que el enfriamiento que se produce durante el rescate y transporte al hospital es de poco beneficio, y puede dar lugar a que la T^a corporal a la llegada al hospital sea un poco fiable indicador pronóstico cuanto menos sino un factor de agravamiento del cuadro.

De todas formas sigue vigente el AXIOMA DE REULER: *“Ningún paciente está muerto si no está caliente y muerto”*.

PREVENCIÓN DE LA HIPOTERMIA EN ACTIVIDADES SUBACUÁTICAS

La principal causa de hipotermia en buceadores es la rápida pérdida de calor corporal a través del traje o como consecuencia de la mezcla respiratoria. Es por ello que los esfuerzos deben ir encaminados en ese sentido para evitar la pérdida de calor.

Es importante el uso de trajes adecuados a la actividad que se va a realizar, tiempo y a la temperatura de las aguas. En general se puede decir que hay trajes húmedos (trajes de neopreno) y trajes secos (estos con una capacidad de protección mayor).

Con respecto a las mezclas respiratorias hay que saber que las mezclas con Helio que se usan para inmersiones de gran profundidad (debido a la menor incidencia de narcosis nitrogenada) originan una pérdida de calor

corporal más acusada a través de la respiración pudiendo originar un cuadro de hipotermia con mayor facilidad.

En general se puede decir que:

- Con aguas entre 21-15 °C se debe usar traje húmedo siempre.
- Con aguas entre 15-8 °C se requiere el uso de traje seco si la permanencia del agua es de alrededor de una hora.
- Con aguas muy frías sobre todo con aguas por debajo de 3 °C el buceo puede ser extremadamente peligroso y se necesitan equipos especiales, incluso puede llegar a ser necesario calentar las mezclas respiratorias y usar trajes de agua caliente.

En general las precauciones de seguridad en el buceo con aguas frías consisten en:

- No hacer inmersiones con sensación de frío.
- Si se bucea bajo hielo es imprescindible el uso de cabo de seguridad y el uso de luces estroboscópicas en el cabo de descenso.
- En caso de inundación del traje salir a superficie lo más rápidamente posible.
- No exponer los ojos al agua helada.
- En superficie en ambiente por debajo de los 0 °C no tocar objetos metálicos con las manos desnudas ni húmedas.

MANEJO GENERAL DEL BUCEADOR HIPOTÉRMICO

Como hemos mencionado lo más importante es la profilaxis y el reconocimiento rápido del cuadro. En general el reconocimiento del cuadro de hipotermia en un buceador es fácil considerando además que en todo buceador que ha tenido algún accidente de buceo presentará en mayor o menor medida un cuadro de hipotermia. Es decir que ante el ttº inicial de un ttº de buceo debemos tomar las medidas básicas suponiendo que tiene una hipotermia. De todas formas para confirmarlo en el medio extrahospitalario la medición de la temperatura epitimpánica es la más práctica, fiable y práctica de realizar.

Hay que tener en cuenta que a temperaturas superiores a 32 °C las manifestaciones clínicas más frecuentes son las que dependen de los mecanismos termorreguladores para retener y generar calor: *temblor, vasoconstricción cutánea, disminución de la perfusión periférica, aumento del flujo sanguíneo, aumento de la diuresis (diuresis por frío), aumento de la frecuencia cardíaca, aumento de la frecuencia respiratoria y de la TA*. Por debajo de los 30-32 °C la actividad enzimática se enlentece y disminuye la capacidad para generar calor: *la TA, la frecuencia cardíaca y la frecuencia respiratoria disminuyen (puede llegar a ser difícil tomar la TA y palpar los pulsos, los músculos se vuelven rígidos, el temblor desaparece, los reflejos osteotendinosos están ausentes y las pupilas llegan a dilatarse*. En definitiva

puede llegar a ser imposible distinguir entre una parada cardiaca hipotérmica y la debida a otra causa.

Una vez identificado el cuadro de hipotermia y en nuestro caso siempre que rescatemos a un buceador tras un accidente de buceo debemos:

1. Retirar el traje de buceo y aislar al enfermo del frío.

Si disponemos de ropa seca de abrigo y estamos en tierra lo primero es retirar el traje, secar al paciente y aislarlo del frío, tanto retirándolo hacia otro entorno más cálido o menos húmedo, como aplicando prendas aislantes como mantas de aluminio o de plástico aluminizado. Estas medidas deben mantenerse durante el traslado al medio hospitalario.

En el caso de que estemos en una embarcación abierta y no dispongamos de ropa de abrigo seca ni ropa impermeable puede no ser aconsejable el retirar el traje húmedo, de todas formas habrá que buscar en lugar en la embarcación en la que no esté expuesto a la corriente de aire derivada del propio desplazamiento de la embarcación.

2. Inicio, si procede, de las maniobras de RCP

Si se precisan las maniobras de RCP es imperativo continuarlas hasta alcanzar los 32 °C (teniendo en cuenta el axioma de REULER). Se han registrado casos de personas que tras 30 minutos de parada cardiorrespiratoria pudieron ser recuperadas sin secuelas neurológicas, existiendo en la literatura médica referencias de paradas cardiacas de más de 4 horas de evolución con recuperación neurológica satisfactoria.

3. Medidas generales de mantenimiento

Vamos a ver las medidas generales de tratamiento que se realizarían en el medio extrahospitalario sin contar las que deben realizarse en el medio hospitalario.

3.1. Monitorización

El paciente hipodérmico presenta habitualmente Hipotensión arterial, hipovolemia, riesgo grave de arritmias cardiacas y shock, todo lo cual puede agravarse durante el recalentamiento. Siempre que se pueda hay que monitorizar ECG continuo, temperatura epitimpánica y TA. La pulxiosimetría no suele dar valores fiables por la intensa vasoconstricción periférica.

3.2. Corrección de la volemia

La reposición inicial de volumen debe hacerse con fluidos cristaloides sin lactato, dado que el ácido láctico está muy aumentado y su metabolismo hepático muy disminuido. Debe hacerse de forma no muy intensiva guiándose por el débito urinario.

3.3. Corrección de las alteraciones cardiacas

Al estar disminuida la capacidad enzimática del hígado, se desconocen las características farmacocinéticas y farmacológicas de los fármacos vasoactivos y antiarrítmicos y deben evitarse en lo posible si hay temperaturas muy bajas. La dopamina ha sido efectiva en el ttº del shock en la hipotermia profunda. De usarse algún antiarrítmico el indicado sería el tonsilato de bretilio.

El corazón hipotérmico no responde fácilmente a la atropina, desfibrilación o implantación de marcapasos. La desfibrilación no suele ser efectiva hasta no alcanzar temperaturas superiores a los 30 °C.

3.4. Corrección de las alteraciones respiratorias

Aunque los requerimientos de O₂ son bajos durante la hipotermia, el recalentamiento da lugar a un incremento del consumo de O₂, que obliga a la oxigenoterapia precoz. La intubación oro-traqueal que puede ser necesaria y ventilación, puede favorecer la aparición de arritmias cardíacas.

4. Técnicas de Recalentamiento

El recalentamiento es el ttº específico de la hipotermia, sin embargo la elección del método a utilizar es una cuestión que genera gran controversia, debido a los múltiples problemas que pueden surgir durante su aplicación. El recalentamiento ocasiona una serie de cambios fisiopatológicos que pueden potenciar los producidos anteriormente por la hipotermia; la vasodilatación periférica que sigue a la mayor actividad muscular o calentamiento local de las extremidades, aumenta la capacidad vascular y puede desencadenar un shock hipovolémico (shock de recalentamiento). Así mismo, esta vasodilatación periférica hace retornar a la circulación central la sangre fría que estaba estancada en las extremidades, sangre por otro lado, rica en subproductos metabólicos. Así con esto puede aparecer a los 15-20 minutos del inicio del recalentamiento, una mayor disminución de la temperatura central y agravamiento de las arritmias cardíacas.

4.1. Recalentamiento externo pasivo (REP)

Se fundamenta en la capacidad del paciente para producir calor y en conservar el calor mediante aislamiento con mantas o trajes de aluminio o plástico aluminizado, etc., en un ambiente cálido en torno a los 25 °C. Con este método se consigue elevar la temperatura corporal central de 0,1-0,7 °C/hora. Sus ventajas son que es el método más sencillo de aplicar y que menos problema produce y se puede combinar con otros métodos de recalentamiento. Sus principales desventajas son que es necesario que el paciente tenga capacidad de producir calor (capacidad de tiritar) y no es útil como método único en pacientes con hipotermia profunda (< 28 °C).

4.2. Recalentamiento externo activo (REC)

Se fundamenta en aplicar calor externo mediante colchones y mantas eléctricas, bolsas de agua caliente o inmersión del paciente en agua calentada alrededor de los 40 °C. Consigue elevar la temperatura de 1-7 °C/hora. Es un método relativamente fácil de usar y que origina pocos problemas si se utiliza con temperaturas corporales superiores a los 31 °C. Los inconvenientes son fundamentalmente derivados de la dificultad de aplicar este en el medio extrahospitalario y las derivadas de la vasodilatación periférica.

4.3. Recalentamiento interno activo (RIA)

Son técnicas mucho más sofisticadas que intentar conseguir un calentamiento más rápido y con menos problemas. Se consigue calentar a un ritmo de 1-15 °C/hora. Su principal ventaja reside en que el recalentamiento se realiza desde el interior del organismo, con lo que al ser recalentado el corazón primero, este estará en condiciones de afrontar el aumento de las demandas circulatorias que se originan al aumentar la temperatura corporal. Su principal desventaja es la dificultad técnica que añade y que muchas de ellas son inviables en medio hospitalario. Puede ser mediante: diálisis caliente (peritoneal o hemodiálisis), oxigenoterapia caliente, irrigaciones colónicas o gastrointestinales con líquidos calientes, circulación extracorpórea.

5. Consideraciones en el tratamiento extrahospitalario

El manejo de la hipotermia en el lugar del rescate dependerá fundamentalmente de la gravedad de la hipotermia, situación local, posibilidades de evacuación y presencia de personal médico. Siempre que las condiciones meteorológicas sean favorables, el objetivo del tratamiento irá encaminado a facilitar la evacuación tan pronto como sea posible, evitando todo tratamiento prescindible sobre el terreno que suponga una demora en la evacuación.

Las técnicas de recalentamiento externo pasivo: aislamiento del estrés térmico, cambiar la ropa húmeda por seca o exprimirla y cubrir al paciente con material impermeable para prevenir una mayor pérdida de calor por la evaporación si no se dispone de ropa seca; protección con mantas de aluminio o plástico aluminizado que será lo ideal; evitar exponer al paciente a corrientes de aire durante el traslado.

Algunas técnicas de recalentamiento externo activo podrían realizarse según los medios de que dispongamos, pero podrían usarse mantas eléctricas o bolsas de agua caliente.

Con respecto a las técnicas de recalentamiento interno activo, solo se podrían aplicar aquellas que se puedan realizar. La administración de bebidas calientes, nunca con alcohol, es una técnica fácil y sin riesgos. Otra técnica que se podría realizar aunque se tiene que contar con los medios, es la administración de oxígeno calentado. Actualmente existen en el mercado una serie de dispositivos que permiten aplicar extrahospitalariamente perfusiones i.v. de fluidos calientes.

Por último hacer hincapié en la importancia de que en cualquier tratamiento de una hipotermia, debe cubrirse, para evitar la pérdida por calor, la zona de la cabeza, ya que la vascularización de la piel de la zona craneal no sufre vasoconstricción por frío, por lo que la pérdida de calor por esta zona puede ser importante.

APUNTES COMPLEMENTARIOS

OPERACIONES DE BUCEO EN AGUAS FRIAS

PROCEDIMIENTO DE INMERSIÓN EN AGUAS FRIAS:

IX.5. INTRODUCCIÓN.

Las regiones polares así como otros ambientes de clima frío son duros y peligrosos para los buceadores, para el personal de apoyo en superficie y para el equipo. Cuando haya una capa de hielo o en aguas que estén por debajo de una temperatura de 3° C. el buceo puede ser extremadamente peligroso y se necesita un equipo especial así como los procedimientos operativos y de apoyo apropiados.

La vigilancia de las condiciones ambientales, la selección del personal, el equipo y el apoyo logístico adecuado resultan vitales para el éxito de la misión y la seguridad del equipo de buceo.

El objeto de esta norma es orientar a los buceadores sobre la problemática que se puede presentar al realizar inmersiones en ambiente y aguas frías, desde un punto de vista técnico.

IX.6 PRECAUCIONES DE SEGURIDAD

- No hacer inmersiones con sensación de frío.
- El uso de un cabo de unión durante una inmersión bajo el hielo es obligatorio.
- Suspender una luz en el extremo del cabo de descenso puede ser útil, así como unir una serie de luces estroboscópicas para indicar la profundidad.
- En caso de inundación en el traje salir a superficie.
- No exponer los ojos al contacto con el agua helada.
- En superficie en ambiente por debajo de los 0° no tocar objetos metálicos con las manos desnudas y sobre todo húmedas.
- La varilla de la reserva deberá estar bajada y en caso de olvido no utilizarla para evitar obstrucción por formación de hielo.
- A la salida de la inmersión con frío se evitará entrar en zonas muy calientes (CHOQUE DE CALOR)

IX.7. VESTUARIO.

Los trajes secos de buceo así como la ropa interior que se usen con ellos deben estar secos a la hora de vestirse. Es preferible que la ropa

interior se guarde en lugares caldeados o ponerla sobre un radiador antes de ponérsela.

Los trajes de protección térmica deben ser cuidadosamente comprobados por si tienen cortes o reparaciones de fábrica.

Antes de utilizar un traje seco de volumen variable o un traje de agua caliente en aguas frías y con hielo, los buzos deben ser entrenados en su manejo y estar completamente familiarizado con el funcionamiento.

También se deben considerar los guantes y botas que no dejen entrar el agua.

IX.8. CONSIDERACIONES SOBRE LA INMERSIÓN.

- Se aplicarán inmersiones evitando la descompresión y aplicando el factor de seguridad en tiempo por aguas frías.
- Teniendo en cuenta el factor frío en principio se recomienda las siguientes inmersiones.

Prof.	3	6	9	12	15	18	21	24	27
Tºfon	40	40	40	30	30	20	20	15	15

- Estos tiempos y profundidades máximas se alcanzarán progresivamente y pudiera ampliarse el tiempo en caso de que las condiciones de los buceadores a la salida de las inmersiones de tiempo máximo fueran buenas pero hay que tener un cuenta que a la primera sensación de frío hay que salir inmediatamente.
- Se efectuará una inmersión al día por individuo dejando una pareja de retén para posibles emergencias.
- Durante la inmersión se extremará la vigilancia mutua comunicando a superficie cualquier eventualidad inmediatamente
- En caso de inmersiones con equipo autónomo sin comunicación telefónica con superficie se recomienda efectuarlo en trío para que en caso de emergencia un buceador atienda al que se encuentra en apuros y el otro alerte al personal de superficie.
- Rellenar el impreso reglamentario de inmersiones.
- Los buceadores antes de la inmersión deberán encontrarse los más descansados y confortables posible, debiendo haber efectuado una comida apropiada unas tres horas antes.

IX.9. PREPARACION DEL EQUIPO.

IX.9.1 EQUIPOS EXPUESTOS A LA INTEMPERIE

1. Atención especial se deberá prestar a equipos en cubierta para preservarlos de quedarse inoperativos a causa de la congelación del lubricante o de la formación de hielo.
2. Se deberán cubrir con una lona o dar calefacción eléctrica o de vapor a todos los equipos importantes para mantenerlos a temperatura operativa.
3. Se deberá prever el drenaje de los calentadores de vapor de los equipos de cubierta debido a la congelación. Los manómetros exteriores se deberán desconectar cuando no sean necesarios.
4. Las tuberías de suministro de vapor y sistemas de drenaje se deben disponer de tal forma que queden drenados cuando no estén en uso.
5. Cuando se funda el hielo de algún mecanismo usando chorro de vapor, tener cuidado para evitar la entrada de vapor que se condensará y congelará dentro de las partes inmóviles interiores.
6. No se deberá tocar directamente el metal helado con la piel pues se quedará pegada a él. En cubierta usar siempre guantes

IX.9.2 REGULADORES DE PRESION.

La reductoras que se usen en aguas frías cercanas a los 0°C deber estar especialmente preparadas para evitar la congelación. La expansión del aire al pasar por las etapas de reducción de presión, provoca un enfrentamiento adicional al del ambiente en que se mueven, por eso es necesario el aire a presión este lo más seco posible, ya que la humedad se congelaría bloqueando las partes móviles.

Esto llevaría consigo el que las válvulas quedasen en posición abierta y la reductora diese flujo continuo de aire. Cuando el buceador se de cuenta de estas circunstancias deberá volver a superficie cuanto antes, ya que lo más probable es que se haya formado hielo en el interior de la reductora.

La preparación de la reductora para aguas frías consiste en la lubricación con aceites anticongelante de sus mecanismos, así como el evitar que entre agua en la primera etapa. Esto último se consigue sellando con vaselina especial la entrada de agua que da la referencia de la presión ambiental en el interior del bloque de la primera etapa de reducción.

Cuando se tenga que elegir reductora para bucear en aguas muy frías se deberá optar por una preparada especialmente para ello.

IX.9.3. BOTELLA DE AIRE.

- a) En las botellas de aire comprimido sometidas al frío, la presión puede caer considerablemente y puede ser insuficiente para su uso práctico. Por esta razón se recomienda mantener las botellas a cubierto y evitar así que el frío reduzca su capacidad. Esta precaución se deberá tomar ya se use las botellas para bucear con equipo autónomo o para formar una batería de aire para buceo con umbilical desde superficie.
- b) La reserva de las botellas debe estar en posición baja y no se utilizará en caso de olvido de esta precaución.
- c) Durante la inmersión con equipos autónomos, es imprescindible utilizar el manómetro sumergible.

IX.9.4. UMBILICALES DE SUMINISTRO AIRE A BUZOS.

Las mangueras umbilicales deberán guardarse en lugar templado ya que si se estiban a la intemperie y están a baja temperatura será un factor más que contribuya al enfriamiento del aire y a los problemas que acarrea consigo tanto en el buceador provocándole mayor pérdida de calor, como en los mecanismos por los que pasa en el aire.

IX.9.5. TELEFONOS Y MICRÓFONOS.

Cuando se usen micrófonos o teléfonos en locales expuestos, debe tenerse cuidado para evitar que el aliento del utilizador congele el micro. En general, es preferible que los transmisores portátiles con sus micrófonos se instales en locales protegidos antes que a la intemperie, o que en todo caso el micrófono tenga una protección antihumedad.

IX.9.6. COMPRESORES

- a. Los compresores deben arrancarse periódicamente y purgar los cilindros cuando no estén en uso.
- b. Las purgas de las etapas de compresión deben estar libres de hielo.

IX.9.7. EQUIPOS ELECTRÓNICOS

- a) En la mayoría de los casos deben tomarse precauciones especiales para asegurar el funcionamiento satisfactorio a temperatura por debajo de los 2°C.
- b) La condensación puede ser un problema porque tendrá lugar cuando un equipo frío se lleve a una habitación caliente.
- c) Cuando la temperatura cae por debajo de los 2° C. se necesitará calentar los equipos electrónicos si tienen que estar listos para uso inmediato. Las baterías y condensadores electrolíticos en particular se deben guardar calientes para su uso eficaz.

En funcionamiento continuo en “stand-by” o en “filamento” mantienen la temperatura correcta de funcionamiento y elimina la condensación dentro del equipo.

IX.9.8. FUENTES DE POTENCIA PORTÁTIL (PARA EQUIPOS ELECTRÓNICOS)

- a. Los equipos generadores de potencia de combustión interna portátiles, deben incluir un pequeño aerosol de “arranque en frío” para facilitar el arranque en tiempo frío. Debe tenerse cuidado en limitar la cantidad inyectada en los carburadores de los motores de gasolina o en las tomas de aire de los motores diesel. Tener mucho cuidado de que no tengan contacto con las partes expuestas del cuerpo porque se congelaría rápidamente. Si estos equipos van a estar parados durante extensos períodos, el aceite de lubricación debe extraerse con el motor caliente y guardado dentro del buque o alojamientos del personal junto con sus baterías de arranque, si las lleva. A menudo, resulta más ventajoso dejar las baterías de arranque dentro y llevar los cables de arranque hasta el generador fuera.
- b. Los transceptores de pequeña potencia deben mantenerse dentro de las ropas para permitir que el calor del cuerpo prolongue la vida de las baterías. Esto también es aplicable a las baterías o pilas de repuesto, siempre que sea posible.

IX.10. OPERACIONES DE BUCEO EN AGUAS FRIAS

1. Cuando haya una capa de hielo el buceo puede ser extremadamente peligroso.
2. El tiempo que los buceadores permanezcan en superficie se debe reducir al mínimo.
3. Si la inmersión se debe realizar a través de una capa de hielo flotante esta costra debe estar firmemente unida a tierra o a una capa de hielo inmóvil.
4. La planificación adecuada debe incluir la protección de los ayudantes y el personal de apoyo en superficie.
5. Se debe considerar que la eficacia se reduce cuando el tiempo de exposición se alarga.
6. Los buceadores deben estar bien descansados, hacer una comida fuerte en carbohidratos y proteínas y no consumir nada de alcohol.
7. El buceo desde hielo a la deriva o entre hielos desprendidos y sueltos es peligroso y únicamente se debe realizar si es absolutamente necesario.
8. El tiempo en superficie con el buzo vestido, pero relativamente inactivo, debe ser el mínimo, para evitarle los escalofríos, esto también puede producir un enfriamiento de los componentes metálicos del equipo de buceo.
9. Una inmersión se debe dar por terminada cuando se comienza a tiritar o con la pérdida grave de la destreza manual.
10. Evitará las inmersiones sucesivas.
11. Evitará la descompresión en el agua, aplicando el factor de seguridad en tiempo por aguas frías.
12. Al salir del agua fría el buceador probablemente se encuentre fatigado y muy propenso a un enfriamiento adicional. Tan pronto como sea posible el buceador deberá quitarse cualquier prenda húmeda, secarse y ponerse alguna ropa que mantenga caliente. El personal estará caldeado, con ropa seca y mantas y tendrá a su disposición bebidas calientes no alcohólicas.

INTOXICACIONES EN BUCEO. PATOLOGÍA BIOQUÍMICA.

INTRODUCCIÓN:

Como sabemos, el efecto biológico de un gas está relacionado con la presión parcial a la que es respirado. Durante el buceo el sujeto se expone a un ambiente cuya presión se incrementa a razón de 1 ATA por cada 10 metros de profundidad (hiperbarismo). Como indica la ley de Dalton:

$$\text{Presión parcial} = \text{Concentración} \times \text{Presión ambiental}$$

es decir la presión parcial de los gases en una mezcla respiratoria dada se incrementará proporcionalmente al aumento de presión ambiental.

Por lo tanto, al ser respirados en condiciones hiperbáricas, se pueden modificar los efectos fisiológicos de los gases sobre el organismo, hasta el punto de que gases inocuos o incluso imprescindibles para el ser humano como el nitrógeno o el oxígeno se comportan como verdaderos “venenos”.

Otras veces las intoxicaciones se derivan de la presencia de gases contaminantes (monóxido de carbono, dióxido de carbono, o cualquier otro gas nocivo) en la mezcla respiratoria suministrada al buceador, generalmente por accidentes en el proceso de fabricación de dicha mezcla, y ha de tenerse en cuenta que cualquier gas que ya resulte perjudicial en condiciones ambientales normales, multiplicará su efecto tóxico al ser respirado a presión.

CLASIFICACIÓN:

Los principales cuadros tóxicos en buceo son los derivados de los siguientes gases:

- Oxígeno
 - Hipoxia
 - Hiperoxia
 - Hiperoxia aguda (Neurotoxicidad o Síndrome de Paul Bert)
 - Hiperoxia crónica (Neumotoxicidad o Síndrome de Laurent-Smith)
- Dióxido de carbono: Hipercapnia
- Nitrógeno: Narcosis nitrogenada
- Helio: Síndrome nervioso de altas presiones
- Contaminantes: Aunque la lista de potenciales gases contaminantes en buceo podría ser interminable (hidrocarburos gaseosos, dióxido de sulfuro, óxido nitroso, etc.), en la práctica los principales problemas son los planteados por: Vapores de aceite y monóxido de carbono.

1. OXÍGENO

Como sabemos el oxígeno es imprescindible para mantener el metabolismo celular aerobio, por tanto su presión parcial debe mantenerse entre ciertos límites. La presión parcial de oxígeno en el aire a nivel del mar es de 0,21 ATA, pero el ser humano puede tolerar de forma ilimitada, dosis de oxígeno entre 0,17 ATA y 0,5 ATA. Las presiones parciales de oxígeno inferiores a 0,17 ATA se consideran hipóxicas, mientras que por encima de 0,5 ATA se supera el umbral de la hiperoxia crónica (neumotoxicidad), y se pueden desarrollar lesiones pulmonares si se está expuesto un tiempo muy prolongado (muchas horas/días). Cuando la presión parcial de oxígeno rebasa los 1,7 ATA, se entra en el rango de una posible intoxicación aguda por oxígeno (neurotoxicidad), caracterizada por la presentación de un cuadro convulsivo, incluso con periodos de exposición de unos pocos minutos u horas.

Al aplicar una mezcla respiratoria en buceo habrá que tener en cuenta la profundidad a la va a ser utilizada y la duración de la inmersión, respetando los límites de hipoxia e hiperoxia

1.1. HIPOXIA

En el buceo con equipos de aire a circuito abierto no es factible que ocurran situaciones de hipoxia, este cuadro se presenta raramente durante el buceo con equipos de circuito cerrado y semicerrado, por una insuficiente renovación de la mezcla gaseosa.

La respiración de una atmósfera hipóxica causará un cuadro de asfixia celular, afectación precoz del sistema nervioso central y pérdida de conciencia, con temibles complicaciones en el buceador.

1.2. HIPEROXIA

1.2.1. EFECTOS CELULARES DE LA HIPEROXIA

Actualmente se admite que el mecanismo a través del cual se produce la intoxicación hiperóxica es la acumulación de unos productos químicos derivados del oxígeno, denominados radicales libres, que se caracterizan por ser muy inestables y reactivos (ión hidroxilo (OH), ión superóxido (O_2^-), peróxido de oxígeno (H_2O_2) y oxígeno singlet), y cuya acumulación resulta nocivas para la célula.

Los radicales libres no sólo aparecen en la célula sometida a hiperoxia, ya que también se forman en condiciones normales, pero el organismo dispone de sistemas de defensa “antioxidante” que los elimina del medio, transformándolos en productos inocuos. Se pueden distinguir dos sistemas de defensa antioxidante: enzimático (catalasa, superóxido dismutasa, peroxidasa, etc.), y no enzimático (vitamina E, vitamina A,...), la carencia de estos sistemas defensivos antioxidantes son la causa por la que los organismos anaerobios no toleran el oxígeno. En condiciones hiperóxicas la cantidad de radicales libres producidos excede la capacidad de su depuración por parte de la célula, ocasionando diversas formas de lesión celular.

El daño producido por los radicales libres se manifiesta a distintos niveles, y cabe destacar entre otros los siguientes mecanismos:

- Formación de lipoperóxidos, fundamentalmente a partir de los lípidos de la membrana celular.
- Modificación de algunas enzimas celulares, lo que afectará a su función. Resultan especialmente sensibles a este efecto los grupos sulfidrilo (-SH), muy comunes en gran número de enzimas.
- Alteración de los ácidos nucleicos (ADN y ARN).

1.2.2. TOLERANCIA A LA HIPEROXIA

Se han descrito anteriormente los límites de normoxia/hiperoxia, pero además de la presión parcial y el tiempo de exposición hay una serie de factores que pueden actuar ya sea como favorecedores o protectores, frente al efecto tóxico del oxígeno (TABLA 1).

- | |
|---|
| <ul style="list-style-type: none">- Ejercicio físico intenso- Frío- Fiebre- Estrés- Carencia en vitaminas E y A- Exposición hiperóxica continua(al intercalar pequeños periodos de descanso, a una dosis menor de oxígeno se aumenta la tolerancia)- Corticoterapia- Susceptibilidad personal idiopática |
|---|

Tabla 1: Factores que favorecen el efecto tóxico del oxígeno

A veces se aplican dosis de oxígeno dentro del rango tóxico, ya sea con fines terapéuticos (tablas de tratamiento con oxígeno) u operativos (equipos de circuito cerrado/semicerrado, tablas de descompresión con oxígeno), en cuyo caso hay que “aprovechar” los factores protectores (discontinuidad en la exposición, reposo, etc.), y evitar las circunstancias predisponentes (esfuerzo físico, hipotermia, etc.), para obtener los máximos márgenes de seguridad posible.

1.2.3. EFECTOS DE LA HIPEROXIA A NIVEL ORGÁNICO

En estudios experimentales se ha comprobado que muchos órganos pueden presentar lesiones por hiperoxia cuando la presión parcial y el tiempo de exposición al oxígeno son suficientemente elevados, pero en la práctica sólo Tienen relevancia clínica los efectos tóxicos del oxígeno sobre:

- **Retina: Fibroplasia retrolental.** Es una patología propia del recién nacido prematuro y consiste en la obliteración de los vasos retinianos

inmaduros, al suministrar oxígeno al 100 % de forma prolongada en incubadora.

- Pulmón: Hiperoxia crónica o síndrome de Lorraine -Smith
- Sistema nervioso central: Hiperoxia aguda o síndrome de Paul Bert

1.2.4. HIPEROXIA CRÓNICA (S. DE LORRAINE - SMITH)

Se produce a partir de 0,5 ATA de presión parcial de oxígeno durante exposiciones prolongadas (muchas horas/días), el periodo necesario para que se desarrolle el cuadro tóxico será tanto menor cuanto mayor sea la presión parcial de oxígeno (respirando oxígeno puro a presión atmosférica ($PO_2=1$ ATA), se describen los primeros síntomas de toxicidad partir de 24 horas de exposición).

Fisiopatología:

La lesión pulmonar hiperóxica se desarrolla sobre la “membrana alveolo-capilar”, distinguiéndose varias fases:

- Fase exudativa: Se caracteriza por edema alveolar e intersticial, secundario al aumento de permeabilidad del capilar pulmonar.
- Fase proliferativa: Destrucción de neumocitos tipo I y proliferación de neumocitos tipo II en un intento de “reparación” del epitelio alveolar, la proliferación de estos neumocitos produce un exceso de surfactante pulmonar no funcionando, lo que determina colapso alveolar (aparición de zonas de atelectasia). Infiltrado intersticial de células inflamatorias y fibroblastos.
- Fase cicatricial: Reabsorción del material inflamatorio previamente acumulado y formación de un tejido cicatricial característico denominado “Membrana hialina”. El resultado es la aparición de áreas más o menos extensas de fibrosis pulmonar.

Cuadro clínico:

Las principales manifestaciones clínicas son:

- Irritación retroesternal (picor, quemazón, dolor)
- Tos no productiva
- Dolor torácico
- Disnea

Exploración:

- Auscultación: Se aprecian roncus, inicialmente de localización basal que posteriormente se generalizan a todo el tórax.
- Radiología torácica: Su alteración es tardía, y se caracteriza por: opacificaciones difusas bilaterales (edema alveolar e intersticial) que aumentan paulatinamente de tamaño haciéndose confluentes, zonas de atelectasia y en fases avanzadas se apreciarán signos de fibrosis pulmonar.
- Espirometría: Reviste las características de un síndrome restrictivo, las alteraciones espirométricas son muy tempranas, incluso preceden a las

primeras evidencias clínicas por lo que se pueden utilizar en la prevención y diagnóstico precoz de la lesión pulmonar hiperóxica.

1.2.5. HIPEROXIA AGUDA (SÍNDROME DE PAULT BERT)

Se produce a partir de 1,7 ATA de presión parcial de oxígeno, incluso en exposiciones de muy corta duración; el periodo necesario para que se desarrolle el cuadro tóxico será tanto menor cuanto mayor sea la presión parcial de oxígeno, variando también en función de la existencia de factores predisponentes/protectores. En la Tabla 2 se indican, con carácter orientativo, el periodo de latencia para diversos niveles de PO₂.

Tiempo	PO ₂
7 horas	1,7 ATA
3 horas	1,8 ATA
50 minutos	2 ATA
30 minutos	3 ATA
10 minutos	3,5 ATA

Tabla 2: Periodo de tolerancia durante el buceo, al efecto tóxico agudo del Oxígeno

Fisiopatología

La crisis convulsiva que caracteriza a este cuadro tóxico se produce por una despolarización neuronal brutal cuyo origen no está totalmente aclarado, aunque se ha relacionado con las siguientes causas principales:

- Alteración del metabolismo oxidativo neuronal, lo que acarrea modificaciones en la carga iónica de la neurona por mal funcionamiento de la bomba de sodio/potasio.
- Lesión de la membrana celular, posiblemente a través de la formación de lipoperóxidos.
- Modificación en la estructura y cantidad de algunos neurotransmisores (GABA, serotonina).

Cuadro Clínico

- Fase prodrómica: Puede estar presente o no y cuando aparece tiene una duración y composición muy variables, aunque sus síntomas/signos, más frecuentes son: taquicardia, temblor/fasciculaciones, náuseas, vómitos, vértigo, tinnitus, nerviosismo/irritabilidad, alteraciones visuales (visión en “cañón de escopeta”).
- Crisis convulsiva: Similar a la crisis de “gran mal” epiléptico, con:
 - Fase tónica: Contractura muscular generalizada, generalmente en extensión.
 - Fase clónica: Dura unos 2 ó 3 minutos y además de los movimientos convulsivos se produce relajación de esfínteres.

- Fase de depresión post-crisis: El sujeto se encuentra soñoliento y suele presentar amnesia desde los instantes previos al inicio de la crisis.

La aparición de este cuadro durante el buceo puede tener dramáticas consecuencias: Ahogamiento, sobreexpansión pulmonar, enfermedad descompresiva. La única forma de prevenir la crisis convulsiva es actuar durante la fase prodrómica previa y apartar al buceador del ambiente hiperóxico, de ahí la importancia de reconocer los síntomas de alarma.

1.2.6. PREVENCIÓN Y TRATAMIENTO:

Las posibilidades de tratamiento del cuadro tóxico pulmonar se basa en la administración de sustancias oxidoprotectoras (ambroxol, acetilcisteína, i etc.) y se encuentran a nivel de experimentación animal. Respecto a la crisis convulsiva hiperóxica, la conducta terapéutica consiste en disminuir la presión parcial de oxígeno suministrada al sujeto por debajo del límite tóxico, sustituyendo la mezcla respiratoria (en la mayoría de los casos se trata de quitarle la mascarilla al sujeto, por la que está respirando oxígeno puro dentro de una cámara presurizada, para que pase a respirar aire del ambiente).

Las medidas de prevención que se pueden adoptar incluyen:

- Evitar los factores de riesgo conocidos: Frío, sobreesfuerzo, estrés, etc.
- Descartar individuos sensibles al efecto tóxico del oxígeno: Reconocimiento médico adecuado, incluyendo test de tolerancia al oxígeno.
- No sobrepasar “dosis tóxicas de seguridad”. Respecto a la prevención del cuadro pulmonar se ha definido, una unidad de lesión pulmonar por oxígeno: la UTPD (daño pulmonar producido al respirar una atmósfera con una PO de 1 ATA, durante 1 minuto), aunque no todos los autores están de acuerdo en su validez. Se considera que una dosis de menos de 615 UTPD no constituye riesgo pulmonar significativo, mientras que una dosis superior a 1425 UTPD puede acarrear lesiones pulmonares irreversibles.
- Conocer los síntomas característicos de la fase prodrómica en la intoxicación aguda por oxígeno, para actuar precozmente y evitar la evolución al cuadro convulsivo.

2. NARCOSIS NITROGENADA

Introducción:

La narcosis es un cuadro tóxico común a todos los gases inertes, aunque al ser el aire el gas más utilizado en buceo, nos referiremos en este apartado a la narcosis por nitrógeno. El cuadro de narcosis recibió clásicamente la denominación de “borrachera de las profundidades”, por la aparente similitud con el cuadro de intoxicación etílica.

La narcosis nitrogenada se produce cuando el sujeto se expone durante un tiempo suficiente a una presión parcial de nitrógeno superior a 4 ATA, el cuadro se caracteriza por una inhibición del sistema nervioso central que afecta especialmente a funciones mentales superiores (inteligencia, memoria, coordinación, etc.), y es totalmente reversible al disminuir la presión parcial. No deja ningún tipo de secuelas aunque su aparición puede ocasionar importantes complicaciones al buceador: Ahogamiento, escape libre, omisión de descompresión, etc.

Fisiopatología:

No se han terminado de aclarar con certeza los mecanismos a través de los cuales se produce esta intoxicación, algunos autores lo atribuyen a un efecto directo de la presión sobre las neuronas, otros lo relacionan con las modificaciones que se producen en la presión parcial de O₂ y CO durante el buceo, pero la mayoría de las teorías existentes coinciden en achacar este cuadro al efecto del gas inerte sobre la membrana neuronal, barajándose diversos mecanismos: Expansión de la membrana neuronal por encima de un volumen crítico, alteración en la producción de algunos neurotransmisores, modificación en la polaridad de la célula nerviosa, etc.

Cuadro Clínico:

Existe cierta variabilidad en cuanto a la profundidad a la que se inician los síntomas, la progresión de los mismos e incluso la composición del cuadro clínico con que cursa la narcosis, existiendo diversos grados de sensibilidad/resistencia individual. Por otra parte, factores como ansiedad, mala forma física, frío, presurización rápida, fatiga e inexperiencia, favorecen la aparición de narcosis y/o aceleran su progresión.

Teniendo en cuenta lo anterior, podemos distinguir los siguientes estadios en la evolución de la narcosis:

- Fase eufórica: Se produce entre los 40 - 60 metros de profundidad, respirando aire. Se caracteriza por: Torpeza mental (reacciones lentas), modificaciones del estado de ánimo (euforia, aunque pueden haber reacciones de pánico). Exceso de confianza, que ocasiona riesgos innecesarios. Fijación de ideas. Risa. Logorrea.
- Fase de estado: Entre los 60 - 80 metros, respirando aire. Hay mayor torpeza mental. Alteraciones de la memoria. Comienza a deteriorarse el nivel de conciencia (somnolencia). La destreza manual se afecta en menor medida y ha ocurrido con frecuencia en buceadores veteranos, que han sido capaces de realizar correctamente la misión prevista durante la inmersión, trabajando de forma “automática” sin ser conscientes de ello al encontrarse narcotizados.
- Fase terminal: Aparece por encima de los 80 metros, respirando aire. Confusión mental extrema, alucinaciones. Desorientación temporal y espacial (dificultad para localizar la superficie). Mayor deterioro de conciencia y pérdida de destreza motora.

Prevención y tratamiento:

El cuadro revierte espontáneamente, sin ocasionar secuelas al reducir la presión parcial del gas inerte, por lo que no requiere otro tratamiento específico.

Las principales medidas de prevención son:

- Detección de sujetos especialmente sensibles (test de tolerancia a la narcosis).
- Evitar factores de riesgo (frío, forma física inadecuada, estrés, etc.)
- Respetar normas de seguridad: Profundidad límite, velocidad de descenso lenta especialmente al llegar a cota de narcosis, buceo en pareja, etc.

3. INTOXICACIÓN POR CO₂

Introducción

La principal fuente de CO₂ son las reacciones de combustión, así mismo este gas se produce continuamente como resultado del metabolismo celular, eliminándose al exterior principalmente por vía respiratoria. En la elaboración de aire a presión para buceo, se admite una concentración máxima de CO₂ de 0,5% en las botellas.

En nuestro medio podemos distinguir dos vías de intoxicación por CO₂:

- Externas: Aumento de la proporción de CO₂ en la mezcla respiratoria que se suministra al buceador, en la mayoría de los casos se debe a la localización de las “tomas” de aire a presión cerca de algún foco de combustión (escapes de motores). Un caso particular de contaminación se puede producir en los equipos de circuito cerrado y semicerrado, cuando se agota la capacidad depuradora del absorbente de CO₂ con que están dotados estos equipos, ya que el gas espiratorio es reutilizado
- Internas: Se produce cuando hay un desequilibrio entre la producción de CO₂ por el organismo y la capacidad de eliminación del mismo por vía respiratoria. En buceo concurren una serie de circunstancias que pueden facilitar este desequilibrio, como es el aumento de espacio muerto (traqueales y boquillas), o el incremento del trabajo respiratorio al aumentar la densidad y por tanto el peso de la masa gaseosa conforme se eleva la presión ambiental.

Cuadro clínico

La intoxicación por CO₂ tendrá la expresión clínica de una acidosis respiratoria:

- En intoxicaciones leves, o fase inicial: Disnea, taquipnea, cefalea, coloración eritematosa de piel y mucosas como resultado de la vasodilatación capilar secundaria a la hipercapnia.

- En intoxicaciones moderadas, o fase intermedia: Se incrementa el cuadro previo, no hay pausa entre inspiración y espiración, la aceleración del ritmo respiratorio compromete su eficacia. Comienza a deteriorarse el nivel de conciencia (obnubilación).
- En intoxicaciones graves o fase avanzada: Respiración jadeante superficial e ineficaz. Síntomas vegetativos (vómitos, vértigo, sudoración). Mayor deterioro de conciencia, síncope. Alteraciones cardiocirculatorias (arritmias, hipotensión). Parada cardiorrespiratoria.

Además de los efectos directos de la intoxicación por CO₂ hay que señalar que favorece la posibilidad de intoxicación por oxígeno (hiperoxia), y nitrógeno (narcosis) pues la vasodilatación producida por el aumento de CO₂ incrementa el aporte de oxígeno y nitrógeno a sus órganos diana, también se ha comprobado que la hipercapnia es un factor predisponente de enfermedad descompresiva.

Prevención y Tratamiento

Las normas generales de tratamiento son:

- Apartar al sujeto del ambiente contaminado.
- Disminuir al mínimo la actividad física del sujeto para reducir al mínimo la producción muscular de CO₂ (ascenso pasivo mediante chaleco de seguridad).
- Tranquilizar al sujeto e intentar regularizar la respiración, alargando la fase espiratoria.
- En casos graves será necesario instaurar medidas de reanimación cardiopulmonar, corrección de la acidosis, etc.

En cuanto a las normas de prevención:

- Respetar las normas de seguridad en cuanto a carga de equipos, mantenimiento de compresores y control analítico periódico de las mezclas obtenidas, para lo cual existen en el mercado procedimientos simples, baratos y suficientemente fiables como los tubos de reacción colorimétrica.
- Respetar las normas de seguridad referentes al uso de equipos de circuito cerrado y semicerrado.
- Reconocimiento médico adecuado del buceador, especialmente en lo referente a descartar patología pulmonar.
- Velar por la buena condición física y adiestramiento correcto del buceador. Evitar situaciones de sobreesfuerzo.

4. SÍNDROME NERVIOSO DE ALTAS PRESIONES (SNAP)

Introducción

En la década de los 60 adquiere gran desarrollo el buceo a más de 100 metros (buceo de gran profundidad), lo que requiere la utilización de mezclas

respiratorias artificiales, que entre otros debe resolver las limitaciones planteadas por el nitrógeno: Narcosis y elevado peso molecular (lo que produce un excesivo trabajo respiratorio en el buceo a gran profundidad). La solución más ampliamente aplicada ha sido la utilización de Helio como gas inerte en las mezclas respiratorias diseñadas para buceo de gran profundidad, dado su mínimo efecto narcótico y bajo peso molecular.

A partir de la utilización del helio en las inmersiones se comienza a observar la aparición de un cuadro tóxico particular que recibe el nombre de síndrome nervioso de las altas presiones (SNAP), y en el que a diferencia de la narcosis, predomina el deterioro psicomotor sobre la afectación intelectual, los síntomas aparecen a partir de 180 metros de profundidad y están muy relacionados con la velocidad de presurización. El cuadro clínico revierte sin secuelas al disminuir la profundidad, aunque puede ser suficiente con estabilizar la profundidad o ralentizar la velocidad de presurización para que desaparezcan los síntomas.

Fisiopatología

Al igual que ocurre con la narcosis, no se conoce con certeza la fisiopatología del SNAP, sabemos que el órgano diana es el cerebro y que el cuadro clínico expresa una situación de hiperestimulación neuronal, pero hay diferentes teorías respecto al mecanismo del cuadro tóxico discutiéndose incluso si se trata de un efecto derivado de la elevación de la presión parcial de Helio, o es un resultado directo del aumento de presión ambiental, e incluso se ha barajado la posibilidad de que las causas sean otros gases (retención de CO₂, elevación de la PO₂).

Los últimos estudios apuntan a que el SNAP está ocasionado principalmente por efecto directo de la presión hidrostática y la velocidad de presurización, induciendo cambios en la membrana neuronal y diversos neurotransmisores al nivel de estructuras cerebrales no corticales (cerebelo, hipocampo, sustancia negra, hipotálamo,...), en cualquier caso es un campo de investigación en medicina del buceo.

Cuadro clínico

Se caracteriza por síntomas vegetativos (nauseas, vómitos, mareo,...), temblor y espasmos musculares, y en fases más avanzadas alteraciones del nivel de conciencia con una forma de presentación peculiar pues se suele iniciar como breves periodos de sueño (“microsueños”), que coinciden con momentos en que el buceador no se encuentra ocupado en alguna actividad, conforme aumentar la presión se incrementa el deterioro de conciencia.

Otro elemento característico es la aparición de modificaciones electroencefalográficas características (disminución de los ritmos alfa y beta con predominio de ritmos más lentos theta y delta).

Como se ha dicho, la sintomatología desaparece sin secuelas al estabilizar la profundidad. En experimentos con animales se desarrolla un cuadro similar al descrito, y al seguir incrementando la presión se añaden crisis convulsivas y muerte.

Prevención

- Aplicación de perfiles de compresión adecuados: Velocidades de compresión lenta incluso con la realización de paradas prolongadas.
- Utilización de mezclas Helio-Nitrógeno-Oxígeno, en las que la adición de pequeñas proporciones de nitrógeno (efecto narcótico, inhibidor del sistema nervioso) contrarresta la excitación neuronal exagerada que caracteriza al SNAP.
- Detección de individuos sensibles, ya que al igual que en otros casos se ha comprobado la existencia de distinta predisposición individual a sufrir el cuadro tóxico.

5. INTOXICACIÓN POR CONTAMINANTES EN BUCEO

Como se ha indicado anteriormente, cualquier gas nocivo que contamine la mezcla respiratoria suministrada al buceador, producirá su cuadro tóxico correspondiente, con el agravante de que al ser suministrado en condiciones de hiperbarismo la presión parcial, y por tanto los efectos del gas, se incrementan.

Desde un punto de vista teórico cualquier gas tóxico podría ser incluido en este apartado, pero en la práctica se considera que debe vigilarse la posibilidad de contaminación por vapores de aceite y monóxido de carbono. En ambos casos el origen del tóxico es un funcionamiento defectuoso de los compresores utilizados para la fabricación de mezcla respiratoria y por ello en el control analítico rutinario del gas para buceo, se deben incluir estos dos gases.

5.1. INTOXICACIÓN POR VAPORES DE ACEITE

Las mezclas respiratorias para buceo contienen invariablemente pequeñísimas cantidades de vapores de aceite, procedente del calentamiento del lubricante utilizado para el funcionamiento de los compresores en los que estas mezclas son fabricadas, el defectuoso estado de los filtros del compresor y la utilización de aceites inadecuados permite la contaminación con estos vapores.

Normalmente la intoxicación por vapores de aceite es leve y no va más allá de cefalea, ligera irritación traqueo-bronquial, y el disconfort por el olor del gas respirado. En casos extremos de contacto muy prolongado con el tóxico, el depósito de partículas de gas en el árbol respiratorio pudiera acarrear lesiones más graves, pero es altamente improbable dada la facilidad con que la presencia del contaminante es detectado en el gas respirado.

5.2. INTOXICACIÓN POR MONÓXIDO DE CARBONO (CO)

El monóxido de carbono (CO) es un altamente tóxico, produciendo intoxicaciones muy graves con presiones parciales muy bajas. Es difícilmente detectable ya que no tiene color, ni olor y no origina fenómenos irritativos sobre las mucosas. Se origina en las denominadas “combustiones incompletas” (combustiones en ambiente con poco oxígeno), aunque en cualquier reacción de combustión se producen pequeñas cantidades de este gas.

La contaminación por este gas en buceo es excepcional y puede tener su origen en la incorrecta ubicación de las “tomas” de los compresores de aire, en las

cercanías de algún foco de combustión. En los análisis de aire para buceo se realiza control rutinario de CO y no se admite una dosis de CO superior a 10 p.p.m.

Lesiones Crónicas en el Buceo. Patologías invalidantes

Dr. Serafín Balanza Galindo

Instituto Social de la Marina Sanidad Marítima Cartagena

OBJETIVOS:
Epidemiología en
Buceo

- Gestión
- Evaluación
- Planificación

Etiología

Prevención

Control

Tratamiento

Problema de salud
Distribución y magnitud

Importancia de la epidemiología en Buceo Profesional

- Es necesario conocer la verdadera incidencia de los accidentes en buceo profesional, con el fin de conocer la magnitud de riesgo de esta profesión y actuar en consecuencia protegiendo la salud y el futuro profesional de estos trabajadores
- Es importante estudiar las patologías de características no laborales, etiquetadas como contingencia comunes, que afectan a los buceadores profesionales, porque pueden estar enmascarando patologías de etiología profesional, como es el caso de las patologías osteomusculares
- Es importante la mentalización de trabajadores y empresarios para que sean declaradas como contingencia de causa laboral todas aquéllas incidencias que ocurran a los trabajadores durante el ejercicio de su profesión, cumplimentando el formato oficial existente de declaración de accidentes a la Mutuas y no lo que es costumbre hacer, prestar asistencia al trabajador en centros privados, no dejando constancia del accidente o enfermedad ocurrida a consecuencia o durante el trabajo.

Osteonecrosis disbárica

Es la consecuencia de una embolia grasa o gaseosa de una arteria terminal de los huesos largos. Es una situación bastante rara en buceadores que respetan y realizan una buena práctica de buceo. Se ha de sospechar en el buceador que presenta dolor a nivel articular en los hombros y las caderas

Tipos de lesiones

- **Lesiones yuxtaarticulares:** Afecta a hombros y caderas; al principio es asintomático pero puede termina con lesiones importante de la articulación, produciendo una invalidez importante, por bloqueo de la articulación
- **Lesiones Medulares:** Aparecen en la parte distal del fémur, en el húmero y superior de la tibia. No tienen significado clínico, no progresan a lesión y no producen incapacidades al no afectar a las articulaciones

Patologías crónicas en Buceo:

- Pocos o nulos son los trabajos realizados sobre la prevalencia e incidencia de enfermedades que afectan a los buceadores profesionales; solamente existen estudios epidemiológicos sobre la Enfermedad Descompresiva

Osteonecrosis hiperbárica

- **Factores de riesgo**

- Exposiciones hiperbáricas incontroladas, largas y repetitivas con muy poca u omitida descompresión
- Solamente afecta a buceadores con inmersiones superiores a 30 metros
- Patologías descompresivas que han recibido un tratamiento inadecuada
- La edad, duración y números de inmersiones

- **Prevención**

- Hacer estudios radiológicos de los huesos largos, de forma rutinarios a buceadores profesionales expuestos a profundidades superiores a 30 metros

Afectación de la capacidad pulmonar

- **Factores de riesgo**

- Con el tiempo los buceadores sufren una disminución de la capacidad vital respiratoria, fenómeno que se encuentra actualmente en periodo de investigación

- **Prevención**

- Realizar de forma reglada pruebas de función pulmonar. En reconocimientos iniciales se han de considerar no aptos a quienes tienen alteraciones en la ventilación pulmonar, demostrada por espirometría

Afectación del oído

- **Exóstosis**

- Crecimiento de la porción ósea del conducto auditivo externo. En un principio son asintomáticas, un crecimiento excesivo produce una obstrucción del conducto produciendo hipoacusia y otitis externas de repetición.

- **Membrana timpánica**

- Pierde su brillo, se engruesa, se hace rígida, pierde movilidad, pierde distensión.

Afectación Neurológica

- Problema neurológicos y psicológicos, “Síndrome del buceador sonado”
 - Es recomendable la realización de un Electroencefalograma para los buzos a gran profundidad, por ser este factor el mas relacionado con estos cuadros
 - Es recomendable realizar un Electroencefalograma tras una enfermedad descompresiva

Causas de invalidez:

Procesos de invalidez permanente tramitados, en buceadores afiliados al Régimen Especial del Mar de la Seguridad Social, desde el año 1.993 final del año 2.004, en Cartagena, resueltos y no resueltos

- Sinusitis Crónica
- Accidente que afecta a pulmón
- Accidente, traumatismo en mano derecha
- Exotosis
- Enfermedad descompresiva; alteración neurológica MM.II
- Hipoacusia de causa profesional
- Urticaria por presión
- Hernia Discal lumbar

Historia Clínica (Caso real)

Enfermedad secundaria al buceo 1/2

- **JMH, 34 años; Reconocimiento el 11-9-89**
 - Rx Senos Paranasales: Velamiento seno maxilar derecho y pequeño osteoma en seno frontal
 - Asintomático, bucea con normalidad y sufre procesos de otitis externa de repetición
- **Reconocimiento el 19-9-90**
 - RX senos paranasales, misma imagen que el año anterior
 - Asintomático, dice bucear con normalidad, sin síntomas
 - Hago advertencias del problema que tiene de senos pero tras una discusión le firmo aptitud.
- **Reconocimiento el 5-4-93**
 - Viene a pasar reconocimiento médico como **marinero de pesca**; le han concedido una Invalidez Permanente Total para la profesión de buzos

Historia Clínica (Caso real)

Enfermedad secundaria al buceo 2/2

- **37 años, 22 - 4 - 92**
 - Invalidez Permanente Total para la profesión habitual de Buzo Profesional
- **Razonamiento clínico de la EVI:**
 - Cefaleas de carácter crónico, que se acentúan durante su trabajo como buzo, por presentar una sinusitis crónica, resistente a tratamiento; lesiones irreversibles:
 - TAC de Senos Paranasales (informado):
 - Hipoplasia del seno maxilar derecho, sin signos de infección
 - Engrosamiento de tabique de seno frontal compatible con osteoma
 - Quiste mucoso de parte posterior de seno esfenoidal

Historia Clínica (Caso real)

Accidente de buceo 1/3

- **24 años. Fecha accidente: 1/07/2000**

- Agresión por un pez espada, penetrándole la espada por 3º espacio intercostal, atravesando el LSI de pulmón izquierdo, tocando la pared superior externa de la porción posterior del cayado aortico descendente, enclavándose en cuerpo vertebral dorsal con extremo en cavidad medular.
- Tratamiento: Segmentectomía de LSI

- **Nueva intervención: 7/05/2001**

- Hernia pulmonar
- Dehiscencia del M. Dorsal Ancho Izq
- Dehiscencia del M.Serrato
- Dehiscencia 6º M. Intercostal Izq.

Historia Clínica

Accidente de buceo 2/3

- Peritación pedida por Mútua Accidentes (10/01/2002) y que aporta a la EVI, realizado por un médico privado, especialista en medicina subacuática
 - Pruebas funcionales Respiratorias dentro de la normalidad
 - TAC Tórax, sin hallazgos salvo los cambios postquirúrgicos
 - Es Apto para su trabajo habitual como buzo

En el Informe Propuesta, la EVI comunica que no procede invalidez y tiene un plazo de 15 días para alegar

- Informe de Sanidad Marítima 25/04/2002, presentado en el periodo de alegación
 - Consideramos No Apto Permanente, ya que existe una máxima en buceo que dice “Contraindica la práctica del Buceo profesional todos los procesos restrictivos que limitan la elasticidad pulmonar, oponiéndose a la compresibilidad del pulmón, con el fin de evitar patologías como la sobreexpansión pulmonar, enfermedad de muy elevada mortalidad en buceo

Historia Clínica

Accidente de buceo 3/3

- Dictamen Propuesta INSS tras informe definitivo de EVI (17/06/2002)
 - Incapacidad permanente total para su profesión habitual
- Cuadro clínico residual y limitaciones orgánicas y funcionales en los que se fundamenta la EVI:
 - *“.... No secuelas respiratorias, pero según informe de sanidad marítima los cambios postquirúrgicos encontrados en Tac torácico en LSI contraindican la práctica del buceo profesional: todos los procesos restrictivos que limitan la elasticidad pulmonar oponiéndose a la compresibilidad del pulmón”*

Historia Clínica

Enfermedad profesional

JIG, de 52 años, buzo en una granja de atunes, presenta un cuadro de otitis externa, acompañado de dolor de características neurálgicas, no afectado el facial

- Exploración:
 - **Otoscopia:** estenosis bilateral de casi el 90% de los CAE por exóstosis que apenas permite apreciar la porción marginal del tímpano
 - **Audiometría:** Moderada hipoacusia bilateral con umbrales medios de 30 Dbs
 - **TAC:** Crecimiento óseo en los CAE que llega hasta un milímetro de la membrana del tímpano, sin afectarla, dejando pequeño espacio susceptible de retener agua y facilitar infecciones

- Dictamen Propuesta INSS tras informe definitivo de EVI de JIG (3/09/2004)
 - Incapacidad permanente total para su profesión habitual
- Contingencia profesional:
 - Enfermedad profesional
- Cuadro clínico residual y limitaciones orgánicas y funcionales:
 - *“... Estenosis de CAE bilateral por exóstosis, hipoacusia bilateral moderada. A criterio del ORL, tanto las exóstosis como las infecciones tienen una relación directa con el trabajo que realizan”*

Historia Clínica

Accidente de trabajo

JMN. Buzo de piscifactoría, de 32 años. Lumbalgia y afectación neurológica de MMII, secundarias a secuelas sufridas en accidente de trabajo

- **Evolución:**
 - Accidente de trabajo (5-02-03) Hernia discal L5-S1 Izquierda de la cual es intervenido en julio del mismo año
 - Tras la intervención no mejoría, existe una fibrosis postquirúrgica, pinzamiento discal L5 S1, radiculopatía S1 Iz severa y crónica
 - Limitado para actividades que impliquen sobrecarga de C Lumbar
- **Dictamen Propuesta EVI:**
 - 10-09-04 Incapacidad Permanente Total

Historia Clínica

Enfermedad profesional

GMC, de 36 años, sufre en el último año, proceso dermatológico, acompañado de dolores musculares, que coincide cuando bucea, a las 3-4 horas. Se descarta causa alérgica y son revisados los filtros de aire de los compresores; es dado de baja el 20-05-04 para estudio

- **Cuadro clínico informado por la EVI**
 - “Urticaria por presión, debe evitar tareas que impliquen aumento de presión sobre zonas cutáneas sensibles (espalda, cuello, etc)”
- **Dictamen Propuesta EVI:**
 - 18-10-04 “No se califica como invalidez por no presentar reducciones anatómicas o funcionales que disminuyan o anulen su capacidad”

Historia Clínica

Accidente de trabajo

MVC Buzo de granja de atunes, de 25 años. Accidente el 12-02-04 manejando explosivos la “LUPARA”, técnica que se emplea para matar a los atunes. Se afecta el 1º y 2º dedo mano derecha, arrancamiento de paquete vasculo nerviosos pérdida de sustancia de 2º dedo. Es intervenido por cirujano plástico y traumatólogo

- **Secuelas:**
 - Zona anésteica en 2º dedo
 - Rigidez del 2º dedo, que dificulta realizar la pinza
 - Trastorno psiquiátrico “estrés pos traumático
- **Dictamen Propuesta EVI:**
 - 11-11-04 Incapacidad Permanente Total, se revisará a los dos años

Historia Clínica

Otros expedientes de invalidez sin resolver

1. **EML, de 34 años, buzo en una granja de atunes (enfermedad profesional)**
 - Hipoacusia neurosensorial bilateral con pérdida en cuatro años de 30 -35 Dbs en la F de 2.000 y de 60 Dbs en la de 8.000 Hzr
 - Sinusitis bilateral crónica (antes del buceo era normal).
 - Audición actual (Dch/Iz) 40/40 Dbs 1000 Hzr; 45/50 Dbs en 2000 Hzr, 65/65 Dbs en 4000 Hzr y 90/80 Dbs en 8000 Hzr
2. **JLT, de 24 a, buzo en una granja de atunes (accidente de trabajo)**
 - Accidente, buceaba solo, haciendo recogida de redes en una jaula de atunes, casi se ahoga por quedar enganchado.
 - Diagnosticado de trastorno psiquiátrico postraumático
 - Ha reclamado para que sea considerado contingencia profesional, ya que su situación actual es por enfermedad común

Historia Clínica

Otros expedientes de invalidez sin resolver

3. JAM, de 32 años, buzo en una granja de atunes (Enfermedad profesional) (Baja:20-12-2003)
 - Enfermedad descompresiva grave, afectando MM.II. Izquierdo, mejora con el tratamiento y la oxigenoterapia continuada en 17 sesiones, pero persiste déficit neurológico
 - Diagnosticado por Neurólogo de Neuropatía severa del N. Ciático Poplíteo Externo, Lesión radicular S1 izquierda leve.
4. RM. 37 a. buzo de obras hidráulicas
 - después de estar con una invalidez permanente por sufrir dos hernias discales, la EVI en la revisión a los dos años, le ha considerado APTO por mejoría. Ha recurrido a los tribunales

DISEÑO Y ORGANIZACIÓN DEL MANUAL DE AUTOPROTECCIÓN: PLAN DE EMERGENCIAS Y EVACUACIÓN

Óscar Bayona Plaza
Técnico Superior en Prevención de Riesgos Laborales
Federación de Comunicación y Transporte de CC.OO.

La Ley de Prevención de Riesgos Laborales exige del empresario tomar las medidas de protección de la salud y la seguridad de los trabajadores, incluyendo las actuaciones en caso de emergencia. En su artículo 20 establece que el empresario deberá analizar las posibles situaciones de emergencia y adoptar las medidas necesarias en materia de primeros auxilios, lucha contra incendios y evacuación de los trabajadores, designando para ello al personal encargado de poner en práctica estas medidas y comprobando periódicamente su correcto funcionamiento.

No existe un desarrollo posterior de este artículo de la LPRL que obligue a las empresas a un determinado modelo de plan de emergencia. La única normativa que existe al respecto es la Orden de Protección Civil de 29 de noviembre de 1.984 por la que se aprueba el Manual de Autoprotección, Guía para el desarrollo del Plan de emergencias contra incendios y evacuación en locales y edificios. Esta Guía, a pesar de no tener carácter de obligado cumplimiento, es el modelo que seguiremos para elaborar un Manual de Autoprotección en las empresas.

El Manual de Autoprotección se estructura en cuatro documentos:

- **Evaluación del Riesgo:** enunciará y valorará las condiciones de riesgo de emergencia en las instalaciones.
- **Medios de protección:** determinará los medios materiales y humanos disponibles en la empresa para enfrentar los riesgos descritos en el documento anterior.
- **Plan de Emergencia:** contemplará los planes de actuación en función de las diferentes hipótesis de emergencias evaluadas.
- **Implantación:** todas las actividades necesarias para garantizar la eficacia del Plan.

En una empresa que cuente con trabajos subacuáticos habrá que tener en cuenta que uno de los riesgos que pueden desatar una situación de emergencia es la materialización de un accidente disbárico. Los elementos específicos relacionados con el buceo deberán resaltarse en todos los documentos del Manual de Autoprotección.

Evaluación del Riesgos: además de los riesgos comunes a otras empresas, como por ejemplo, el de incendio, se debe incluir la posibilidad de accidentes disbáricos: ED, barotraumas, intoxicaciones por gases, etc.

Medios de protección: Se debe prever la evacuación del buzo accidentado a la instalación médica más adecuada. La O.M. de 14 de octubre de 1997 indica que el plan de emergencia y evacuación deberá tener previsto la evacuación del buceador accidentado al Centro Médico Hiperbárico más cercano al lugar del trabajo. La misma norma nos indica que cualquier operación de buceo debe tener garantizada la existencia de una “cámara multiplaza de descompresión, que haga posible el tratamiento adecuado... en un plazo máximo de dos horas” (O.M. de 14 de octubre de 1997, art. 14.5). Esa misma legislación es la que recomienda la presencia de una cámara de descompresión en el lugar de trabajo cuando se trabaje a profundidades superiores a 50 m. (art. 8).

Los expertos en accidentes de buceo recomiendan que la evacuación se realice a un Centro de Medicina Hiperbárica, esto es, a un centro hospitalario que cuente con un servicio cualificado de medicina hiperbárica, compuesto por una cámara multiplaza de descompresión y profesionales conocedores de estas patologías. Sin embargo, en nuestro país, aunque existen muchas cámaras hiperbáricas, son pocas las que están instaladas en un servicio hospitalario y cuentan con un servicio médico especializado. Por ello, una de las primeras tareas al organizar el plan de evacuación será la de recopilar información acerca de las cámaras hiperbáricas multiplaza disponibles en las cercanías, sus características y medios de los que disponen, para posteriormente elegir aquella o aquellas que se ajusten mejor a nuestras necesidades. Es muy importante ponerse en contacto con el centro elegido y coordinar con él el proyecto de plan de evacuación, sobre todo en lo referente a medios para la alerta de accidentes, medios de transporte a utilizar, organización de simulacros, etc.

Aunque un Centro de Medicina Hiperbárica sea el designado para las evacuaciones y será con el que coordinemos todo lo relativo al plan de emergencia, deberemos contar con alternativas para el caso de que esté fuera de servicio (por avería, mantenimiento, etc.), para lo cual tendremos previsto en el plan todo lo relativo a una evacuación a otras instalaciones de alternativas.

Plan de Emergencia: en dicho plan se describirán los niveles de emergencia, las acciones a realizar, los equipos de emergencia y la secuencia de acciones.

Los equipos de emergencia están compuestos por un jefe de emergencia, un jefe de intervención, equipos de 1ª intervención, equipos de 2ª intervención, equipo de alarma y evacuación, equipo de primeros auxilios.

El jefe de emergencia es la máxima autoridad en las instalaciones durante las emergencias y tomará todas las decisiones sobre las acciones a realizar, incluida la evacuación. Las tareas encomendadas a esta figura coinciden con las que la O.M. de 14 de octubre de 1997 en su artículo 12 otorga al jefe de equipo de buceo:

- Deberá haber realizado “un curso de primeros auxilios para accidentes de buceo”.
- Confeccionará un plan de emergencia y evacuación.

- Tendrá un medio de comunicación adecuado con los medios de evacuación y la cámara hiperbárica.

Visto el contenido del artículo podemos afirmar que el jefe de equipo deberá ser designado como jefe de emergencia y por lo tanto será la persona responsable de decidir el traslado del posible accidentado y, por tanto, quien dará inicio al dispositivo de evacuación.

La primera norma que debemos tener en cuenta cuando diseñemos la secuencia de acciones es que todo incidente que sufra un buceador profesional en las 24 horas posteriores a una inmersión debe ser considerado como un accidente disbárico. Sólo un médico especializado deberá descartar este tipo de patologías, con posterioridad al ingreso del trabajador en un Centro de Medicina Hiperbárica y en las condiciones de traslado que describiremos más adelante. Con esta medida evitaremos que médicos no especializados y en su mayoría desconocedores de los riesgos del buceo realicen un diagnóstico incorrecto y no se apliquen con la suficiente rapidez los tratamientos adecuados, que en la mayor parte de los casos requieren la recompresión del accidentado.

Teniendo en cuenta que una gran parte de los trabajos subacuáticos se realizan en aguas marinas y que, por tanto, en caso de accidente se deberá trasladar al trabajador desde el lugar de inmersión (por lo general una embarcación o una plataforma) hasta tierra, se deberán establecer diferentes puntos de desembarco en función del estado de la mar y de las condiciones de accesibilidad para los servicios de emergencias. En este, como en otros puntos, es indispensable contar con la opinión de los propios trabajadores, ya que son ellos los mejores conocedores de las características de la costa en función de las diferentes situaciones meteorológicas.

Entrando ya en el diseño del plan de evacuación habrá que determinar en primer lugar sus objetivos:

- La evacuación se debe realizar con la mayor rapidez. Hay que evitar retrasos innecesarios, que sólo contribuyen a empeorar el pronóstico.
- El traslado se debe realizar al lugar idóneo.
- Hay que asegurar las mejores condiciones durante el traslado.

Para poder cumplir con estos objetivos habrá, en primer lugar, que establecer una sospecha diagnóstica razonable. Ello obliga a que los trabajadores, y especialmente el jefe de equipo, conozcan los síntomas que pueden presentarse en caso de accidente. Para ello habrá que organizar las acciones formativas necesarias. En segundo lugar, habrá que planificar de manera rigurosa la evacuación, dejando el mínimo espacio para la improvisación. Y en tercer lugar prepararemos a los trabajadores para realizar la evacuación de la mejor de las maneras mediante la realización de simulacros.

En el plan debemos establecer los casos en los que la evacuación es necesaria:

- Cuando aparecen los primeros síntomas de patología que recomienda la evacuación. Es importante tener en cuenta que hay casos en los que los

síntomas no aparecen hasta pasadas varias horas, incluso fuera del horario laboral.

- Cuando empeoran los síntomas de patología que en un principio no obliga a la evacuación.
- Cuando el buceador omite un parada de descompresión. Esto debe hacerse aunque el buceador no presente ningún síntoma. Es una medida de precaución que recomiendan todos los expertos en medicina hiperbárica y que exige la O.M. de 14 de octubre de 1997 (art. 20.2).
- Cuando el compañero de inmersión debe ser evacuado. En la mayoría de los casos las operaciones de buceo se hacen en pareja, aunque no es necesario en el buceo con suministro de superficie. Si en uno de los miembros de la pareja se desata un cuadro de patología disbárica es muy probable que también termine por aparecer en el otro buceador, aunque en un primer momento no se presenten síntomas.

Una vez establecido el diagnóstico provisional y tomada la decisión de evacuación, lo primero es ponerse en contacto con el Centro de Medicina Hiperbárica para:

- Asegurarse de la disponibilidad de la instalación y de sus medios materiales y humanos.
- Informar del diagnóstico provisional, de los síntomas (cuáles son, cuando han aparecido, como evolucionan), y de las características de la inmersión. Para esto último lo ideal sería enviar junto al accidentado su ordenador de buceo, en el caso de que haya sido utilizado, en el cual figura de manera detallada el perfil de la inmersión. Esta puede ser una información importantísima para los médicos. En el caso de que no se hubiera utilizado ordenador se deberá informar del tiempo que ha durado la inmersión y de la cota máxima alcanzada (profundímetro).
- Activación del medio de transporte previamente elegido. Esta elección es importante. Si es por vía terrestre lo ideal sería una ambulancia medicalizada, pero si no se puede contar con una, la evacuación se hará en cualquier vehículo disponible. Se tratarán de evitar durante el trayecto los puertos de montaña (algunos autores hablan de 300 m. de altitud, otros de 150), ya que una disminución de la presión atmosférica, aunque pequeña, puede empeorar el cuadro. Si la evacuación es por vía aérea, generalmente helicóptero, también se tendrán en cuenta estas cotas máximas de vuelo.

La primera medida que deberemos adoptar sobre el accidentado es retirar el equipo y el traje de buceo. En prevención de esto último deberemos contar en el botiquín de a bordo con, al menos, un instrumento preparado para cortar neopreno u otro material del que estén confeccionados los trajes.

En algunos casos el cuadro de accidente de buceo está asociado al de asfixia por inmersión, por lo que el buceador necesitará que se le realicen maniobras de reanimación cardiopulmonar, para lo cual deben estar formados todos los componentes del equipo. En aquellos casos en que se precise para mantener despejadas las vías aéreas se procederá a entubar al accidentado.

Como norma general deberemos instalar al buceador de manera confortable y, esto es importante, bien abrigado. La postura más adecuada para evitar o

disminuir la llegada de burbujas a las áreas más sensibles (cerebro y corazón) es la llamada “postura lateral de seguridad”: tendido sobre el costado izquierdo y en discreta pronación, con el cuerpo inclinado de manera que sus nalgas estén elevadas unos 30° sobre su cabeza. En el caso de que el accidentado presente dificultad respiratoria se optará por aquella postura que le resulte más cómoda. Esta postura se deberá mantener durante el traslado.

Durante el propio traslado ya podremos iniciar el tratamiento que consistirá en dos medidas:

- Oxigenoterapia normobárica continua.
- Rehidratación.

La primera consiste en la aplicación de O₂ al 100% por máscara buconasal o por intubación laringo-traqueal dependiendo del estado del buceador. El motivo de este tratamiento es proporcionar al accidentado una mezcla respiratoria carente de gas inerte lo que aumenta levemente la oxigenación y, sobre todo, facilita la desnitrogenización de los tejidos.

La aplicación de oxígeno durante el traslado es determinante en la evolución de los cuadros, lo que queda demostrado en todos los estudios que se han realizado sobre evolución de accidentes de buceo. En uno de ellos, realizado por el Centro de Buceo de la Armada, el 67% de los accidentados a los que se les administró O₂ llegaron a la centro hiperbárico asintomáticos o habiendo experimentado mejoría, por un 1,2% de aquellos a los que no se les administró. También queda demostrado que es un factor determinante para el éxito del posterior tratamiento hiperbárico. Cerca del 96% de los casos en los que sí se administró O₂ se recuperaron por completo tras someterse al tratamiento hiperbárico, mientras que esta cifra se reduce al 70% cuando no se hace. El riesgo de que queden secuelas tras el tratamiento aumenta, por tanto, al 30% de los casos.

Los equipos de oxigenoterapia siempre deben estar presentes y operativos en el lugar de inmersión, por lo que deben ser revisados y cargados de forma periódica y con posterioridad cada vez que sean utilizados.

En cuanto a la rehidratación del accidentado se justifica para disminuir los riesgos de hemoconcentración e hipovolemia. La hidratación será por vía oral, si el paciente está consciente, y por vía parenteral si estuviera presente personal facultativo. Las soluciones más adecuadas en este caso son ringer-lactato y dextranos.

Para finalizar hay que enumerar una serie de medidas desaconsejadas por los expertos y que deberemos evitar:

- Recompresión en el agua. Aunque en teoría serviría para volver a comprimir al buceador, es una maniobra demasiado peligrosa, difícil de realizar correctamente y que impide otros tratamientos necesarios para el accidentado.
- Utilización de cámaras hiperbáricas monoplasa (cartuchos). El accidentado se encuentra aislado del exterior, no puede intervenir sobre él en caso de que se presente cualquier nuevo inconveniente, produce sensación de

claustrofobia, etc. Únicamente ante un caso grave de sobrepresión pulmonar se aconsejaría su utilización, y sólo si previamente nos hubiéramos asegurado de la posibilidad de acoplo con la cámara multiplaza, de contar con el suficiente suministro de aire para el traslado y de tener un vehículo apropiado para transportarlo.

- Administración de aspirina. Aunque era una recomendación clásica en el caso de enfermedad descompresiva, en la actualidad se desaconseja su utilización, ya que puede enmascarar la aparición de otros síntomas.

Implantación: al diseñar este documento debemos tener en cuenta los siguientes aspectos

- Formación y información a los trabajadores sobre los riesgos hiperbáricos, sus síntomas, los primeros auxilios adecuados y la secuencia de acciones en caso de evacuación.
- Mantenimiento preventivo de medios de comunicación con los servicios de emergencia y con el Centro Médico Hiperbárico, y de los equipos de oxigenoterapia.
- Establecimiento de un programa de simulacros, en los que se incluya la posibilidad de accidente disbárico.

I Seminario de Prevención de Riesgos Laborales en el sector del buceo
Cartagena, 22 de enero de 2005.

Reconocimientos médicos de aptitud para el Buceo

Serafin Balanza Galindo

Sanidad Marítima. Instituto Social de la Marina. Cartagena

INTRODUCCIÓN

Las características del ejercicio de cualquier actividad subacuática, bien sea con carácter profesional o deportivo, todas ellas realizadas en unas circunstancias totalmente hostiles hacia la propia fisiología de nuestro organismo, obligan a que todas las personas que la ejerzan reúnan unas condiciones óptimas de salud, de preparación física y psicológica, cumpliendo de forma estricta las normas de seguridad específicas para evitar los accidentes, que, aunque no son frecuentes, suelen ser muy graves y mortales.

Aspectos legales de los reconocimientos médicos

La legislación española sobre la obligatoriedad de realizar un reconocimiento médico a todas las personas que, bien profesionalmente o con carácter deportivo, se dedican al buceo viene recogida en la Orden Ministerial, Ministerio de Fomento, (O.M.) del 14-October-1997 por la que se aprueban las normas de seguridad para el ejercicio de las actividades subacuáticas (BOE nº 280, 22-11-97), manifestando en el artículo 25 del capítulo 4:

1. Toda persona que se someta a ambiente hiperbárico deberá realizar un examen médico especializado.
2. Periodicidad: anualmente los profesionales y bianual para los deportivos.
3. Deberán ser realizados por médicos que posean título, especialidad, diploma o certificado, relacionado con actividades subacuáticas, emitido por un organismo oficial.

En la mencionada OM no aparece reflejado las características obligatorias y necesarias, con los requisitos mínimos, que han de cumplir los reconocimientos médicos de aptitud para la iniciación y práctica de actividades subacuáticas, por lo que tampoco existe una referencia sobre las patologías que han de regir la actuación del médico evaluador para considerar la aptitud para el buceo.

Existe otro aspecto de la OM de 1997 que tiene características ambiguas, es la no regulación de la formación académica que ha de tener el médico evaluador, características del contenido temático y horas de formación necesarias. Son pocas las Universidades españolas que ofrecen estudios de postgrado a médicos para su formación en Medicina Subacuática, siendo, posiblemente, la Universidad de Barcelona, la única que de forma regular y anualmente ofrece la posibilidad de obtener un título universitario que acredita la formación específica y necesaria para ejercer la Medicina Subacuática. Por otro lado, hemos de considerar que la vigilancia de la salud de los trabajadores, cualquiera que sea su actividad, la ha de hacer un médico especialista en Medicina del Trabajo, conforme a la

legislación vigente sobre Prevención de Riesgos Laborales, lo cual añade un requisito más para poder examinar a un buzo profesional.

La especialidad de medicina Subacuática e Hiperbárica no está reconocida como especialidad médica en nuestro país por el Ministerio de Educación y Ciencia, dentro de la Ley de Especialidades Médicas, solamente el Ministerio de Defensa otorga títulos de especialista en Medicina Subacuática a los Oficiales Médicos que reciben una formación específica y de larga duración en el Centro de Buceo de la Armada de Cartagena.

Hemos de remontarnos al pasado y repasar la legislación existente a nivel nacional, para tener una referencia sobre la actitud médica ante un reconocimiento a buceadores, refiriéndonos, concretamente, a la O.M., 24 de Abril de 1973, Ministerio de Comercio, Subsecretaría de la Marina Mercante, BOE nº 173/1973, por la que se aprueban los cuadros de enfermedades y aptitud física para la práctica del buceo profesional y deportivo, resultando una transposición al ámbito civil de las normativas existentes, entonces, en las Fuerzas Armadas Españolas. Esta normativa, parece todavía vigente, es por su exigencia muy severa, no distingue criterios de aptitud diferentes entre profesionales y deportivos, y equipara los requisitos necesarios a las normas militares.

Desde la transferencias de las competencias a las Comunidades Autónomas para regular la formación y titulaciones de buceo, profesional y deportivo, la Comunidad Autónoma de Galicia, es la única que ha legislado, “Orden del 23 de Abril de 1.999 de la Consellería de Pesca y Acuicultura por la que se regula el ejercicio profesional del buceo”, estableciendo las condiciones físicas y psicológicas necesarias para obtener una titulación de buceo profesional y para ejercer esta profesión. Es en Galicia la única comunidad con competencia en buceo donde se regula las características del examen médico, tipo de pruebas complementarias de exploración que obligatoriamente han de realizarse en los exámenes médicos iniciales y orienta sobre las patologías que deben ser consideradas causa de no aptitud para ejercer esta actividad profesional.

Consideraciones generales de los reconocimientos médicos

La complejidad del buceo hace obligatoriamente que se establezcan distintas categorías de reconocimientos médicos, no podemos exigir lo mismo a quienes van a hacer del buceo una profesión para el futuro de los que solamente pretenden obtener una titulación con fines recreativos y deportivos, o bien a los que siendo profesionales, buceen con aire o con mezclas de gases, trabajen a profundidades distintas y posean titulaciones distintas, no existiendo normativa que dirija el examen médico en función de los riesgos y de los distintos niveles de titulación profesional, excepto en la Fuerzas Armadas.

Para la modalidad del buceo deportivo, es imprescindible una anamnesis individual y una exploración física dirigida para descartar patologías cardiorrespiratorias y enfermedades de los oídos, por ser estas las que más problemas plantean en la práctica de actividades subacuáticas, no considerando, de entrada, la necesidad de complejas exploraciones complementarias, a no ser que de la historia clínica y exploración deduzcamos la posible existencia de patologías que pueden contraindicar la práctica del buceo.

Es para el ejercicio del buceo profesional, cuando se hace imprescindible un examen médico minucioso, con el apoyo de pruebas complementarias diagnósticas, incluyendo las analíticas y radiológicas, que nos garantice la existencia de unas condiciones óptimas de salud del individuo que desea convertir el buceo en su profesión o a quienes siendo ya profesionales desean que la práctica de su profesión no conlleve un deterioro o pérdida de salud.

El contenido del desarrollo de este tema, sobre reconocimientos médicos a buceadores, aunque podría tener una aplicación generalizada para toda actividad subacuática va a estar dirigido y enfocado al buceo profesional. Al no existir una normativa regulada sobre los contenidos de los reconocimientos médicos, excepto en la Comunidad Autónoma de Galicia, cada médico realiza los exámenes médicos según criterio personal y disponibilidad de medios materiales.

Modalidades de reconocimientos médicos

Es necesario establecer dos modalidades de reconocimientos médicos, reconocimiento médico inicial y periódico.

- Examen médico Inicial: Es el estudio que tiene como objeto descartar contraindicaciones médicas previas a la obtención del primer título de buceo profesional. Hemos de considerar este tipo de reconocimiento como fundamental, que por su meticulosidad haga una selección de los individuos que tienen capacidad para desempeñar esta profesión, en el presente y futuro inmediato, garantizando que no padezcan enfermedad o defecto físico que pueda suponer un riesgo para su salud ni que puedan agravarse con el ejercicio de su profesión.

- Examen médico Periódico: Irá dirigido a la vigilancia de la salud de los trabajadores con una profesión tipificada como de alto riesgo por el Real Decreto 39/1997, en el anexo I, por el que se regula el Reglamento de los Servicios de Prevención. Tiene como objetivo principales:

- Verificar que tiene capacidad física suficiente para su nivel de cualificación
- Vigilar la aparición de patologías derivadas de su actividad laboral subacuática

A su vez, los exámenes médicos periódicos a los buceadores profesionales nos van a resultar de gran utilidad para conocer las enfermedades que como consecuencia de esta actividad profesional puedan repercutir en la salud de los buceadores a lo largo de su vida profesional, pudiendo de esta forma establecer un análisis epidemiológico de las patologías prevalentes e incidentes como consecuencia de las actividades subacuáticas, intentando que las normas legislativas, en materia de Seguridad Social, puedan considerar esta profesión beneficiosa de coeficientes reductores con el fin de una jubilación anticipada, por la peligrosidad que entraña y por ser una actividad donde la edad puede resultar, por razones puramente biológicas, un inconveniente y por haber encontrado una relación entre los accidentes descompresivos, no predecibles, y los buceadores de mayor edad.

Periodicidad de los reconocimientos médicos

El reconocimiento médico es, conforme a la legislación vigente, obligatoriamente anual, pero el médico que vigila la salud del buceador puede determinar un periodo menor cuando existan causas que lo justifique y de manera excepcional:

- A petición del interesado
- Cuando se detecte un problema médico que pueda interferir con su trabajo subacuático
- Por cambio de trabajo de mayor riesgo
- Para el acceso de una titulación superior
- Cuando sea imprescindible evaluar los efectos de las condiciones de trabajo en la salud

Evaluación del examen médico

La actitud de los reconocimientos médicos periódicos son reflejados en la Libreta de Actividades Subacuáticas; el texto y el espacio designado para ello va a depender de los modelos de libretas, todas son distintas, dependiendo de la comunidad autónoma que las ha expedido, solamente existiendo la posibilidad para que el médico señale “apto” o “no apto”. La aptitud de los reconocimientos médicos para el inicio del buceo profesional se refleja en un certificado médico oficial ordinario, que queda en poder de la administración autonómica que va a expedir el título.

Hemos de considerar en los reconocimientos médicos distintas evaluaciones, así viene reflejado en las normas reguladas por la Comunidad Autónoma de Galicia:

- Examen médico Inicial:
 - Apto
 - No apto permanente

- Examen médico periódico:
 - Apto
 - Apto con restricciones, casi siempre limitadas a la profundidad
 - No apto temporal, cuando existen patologías de la que se espera una total recuperación o normalidad
 - No apto permanente, cuando la patología de forma irreversible impide el ejercicio de la profesión

RECONOCIMIENTO MÉDICO

En el acto de examen médico, hemos de considerar varios apartados totalmente diferenciados, por un lado la declaración personal de salud, antecedentes familiares y personales, el interrogatorio por sistemas, la exploración clínica y la valoración de las pruebas complementarias.

Es común el acuerdo por diversos especialistas expertos en medicina Subacuática la conveniencia de realizar, junto al examen médico, una prueba de tolerancia al oxígeno en

cámara hiperbárica, a 18 metros durante 20 minutos, para descartar a los buceadores con sensibilidad y riesgo de intoxicación al oxígeno

El número de pruebas complementarias exploratorias que vamos a desarrollar son las que hemos considerado por su importancia necesarias y las que nos van a aportar un informe extenso y preciso del estado de salud del individuo que es aspirante a buceador profesional, no significando que sean estas las que obligatoriamente han de realizarse y tampoco que sea innecesario realizar otras. Es importante diferenciar el tipo de examen médico, inicial o periódico, para este último el médico examinador conforme a los datos de salud, historia de accidentabilidad laboral y riesgos de exposición, recogido en la anamnesis determinará las pruebas exploratorias que considere importante para la valoración de la actitud del buceador para el trabajo y analizará si el trabajo está suponiendo un deterioro en el estado de su salud.

1. Declaración personal de salud

La declaración personal de salud va a resultar muy importante en los reconocimientos médicos iniciales, ha de ir dirigida para obtener información sobre la existencia de signos, síntomas o patologías específicas diagnosticadas, existentes o pasadas, que no hacen aconsejable la práctica del buceo, debiendo ser firmada por el interesado donde haga constar que no ha ocultado datos relacionados con antecedentes y estado de salud actual.

Es importante que de la declaración de salud el médico examinador pueda descartar la existencia de los distintos tipos de epilepsia o alteración neurológica que implique pérdida de conciencia, siendo esta una patología, junto con los antecedentes de neumotorax, o la existencia de patología bullosa en el parénquima pulmonar, que mas de acuerdo ponen a todos los expertos en Medicina Subacuática cuando se trata de evaluar la aptitud de un buceador.

Para que la declaración de salud cumpla sus objetivos, es importante basarla en:

- Antecedentes de Bronquitis asmática y otros procesos respiratorios
- Pérdidas de conciencia
- Convulsiones
- Crisis vertiginosas
- Procesos otológicos recurrentes, infecciosos y supurativos
- Neumotorax espontáneo o secundario
- Dolor precordial relacionado con el esfuerzo
- Antecedentes psiquiátricos, trastornos de la personalidad
- Procesos osteomusculares crónico, recurrentes o degenerativos
- Enfermedades crónicas
- Antecedentes quirúrgicos

2. Exploración otológica

La exploración otológica de los buceadores es probablemente, aunque no es vital, si la más importante, por ser este el órgano que mas problemas puede dar a los buceadores, por ser las afecciones del oído las mas frecuentes y ser la consecuencia del final de una vida profesional, de ahí la importancia que tiene que todo los que se quieren iniciar en el buceo no han de tener antecedentes otológicos recurrentes.

La integridad del oído y su ventilación van a ser unos de los aspectos más elementales y fundamentales que todo buzo debe reunir, asegurándonos que no existe incapacidad anatómica o funcional para equilibrar presiones en el oído medio; se requiere permeabilidad normal de la trompa de Eustaquio.

La exploración otológica la vamos a basar en la realización de otoscopia, audiometría tonal, timpanometría y exploración del equilibrio.

- **Otoscopia**

La otoscopia es una exploración fundamental en el examen médico del buceador, con ella observaremos el conducto auditivo externo, la membrana timpánica, su movilidad tras una maniobra de Valsalva, y las estructuras y estado del oído medio. Las conclusiones tras la exploración otoscópica pueden quedar resumida en:

- Otoscopia normal
- Alteraciones del conducto auditivo externo
 - Exostosis
 - Eccemas
 - Tapones de cera
- Alteraciones de la membrana timpánica
 - Perforación abierta o cicatrices de perforación
 - Brillo, vascularización,
 - Depresión de la membrana timpánica
 - Existencia de placas hialinas
- Alteraciones de Oído medio
 - Niveles hidroaéreos
 - Serosidad o mucosidad

Serán considerados no aptos para el buceo quienes presenten en la otoscopia:

- Cualquier afección aguda o crónica del conducto auditivo externos, membrana timpánica y cavidad de oído medio detectada en la otoscopia y que a nuestro juicio sea incompatible con la práctica del buceo
- Cicatrices de perforación timpánica antiguas y amplias, que nos hacen sospechar la existencia de procesos infecciosos supurativos del oído medio, recurrentes en el pasado, ya que la mayoría de ellos siempre están asociados a procesos catarrales por disfunción tubárica..
- Exostosis en conducto auditivo externo amplias

- **Timpanometría**

La timpanometría es una exploración funcional del oído medio y de su mecanismo de aireación a través de la trompa de Eustaquio. Cualquier alteración de las curvas timpanométricas nos induce a investigar la existencia de patología en el oído medio o bien las disfunciones que afectan a la permeabilidad de la trompa de Eustaquio; la existencia de una curva anormal va a estar asociada, normalmente, con una probable hipoacusia de transmisión.

Con la timpanometría podemos comprobar:

- Permeabilidad de la trompa de Eustaquio
- Estado funcional de la cadena osicular
- Estado de la membrana del tímpano, integridad y elasticidad
- Estado de la cavidad del oído medio y ocupación por líquidos, seroso o mucoso
- Presiones en la cavidad del oído medio

Serán considerados no aptos para el buceo quienes presenten en la timpanometría:

- Existencia de curvas de timpanometría compatibles con patología de la cadena osicular, obstrucción tubárica o líquido en el oído medio.

- **Audiometría**

Posiblemente sean las hipoacusias unas de las pocas patologías conocidas y documentadas que se asocian con la práctica del buceo, de ahí la importancia de la exploración funcional de la audición de un aspirante a buceador profesional con el fin de evitar la iniciación en esta profesión a quienes, desde un principio, sufren hipoacusias, enfermedad que se agravaría con la práctica del buceo. Por otro lado, es importante programar de forma periódica la realización de audiometrías a quienes ejercen su profesión como buceador, para verificar si el ambiente hiperbárico está resultando perjudicial para su audición.

La audiometría nos va a resultar de gran utilidad en el examen médico:

- Complementa la exploración timpanométrica
- Diagnóstica hipoacusias:
 - Transmisión, cuando está afectado el conducto auditivo externo, la membrana timpánica, la cavidad timpánica, cadena de huesecillos y ventanas laberínticas.
 - Percepción o neurosensorial, afectado el oído interno o las vías nerviosas retrolaberínticas
 - Mixta, cuando está afectado el oído presentando una hipoacusia de transmisión y de percepción

Serán considerados no aptos para el buceo quienes presenten en la Audiometría:

- Pérdidas de audición superiores a 30 Dbs en cualquiera de las frecuencias, en los exámenes iniciales

- Pérdidas de audición superiores a 50 db en las frecuencias agudas de 6.000 y 8.000 hzrs, en los exámenes periódicos, cuando exista constancia documental que ha ocurrido como consecuencia del trabajo

- **Exploración del equilibrio**

Los individuos con antecedentes de síndromes vertiginosos, ya sean centrales o periféricos, no deben iniciarse en el ejercicio del buceo. Es importante descartar en un aspirante a buceador la existencia de patología que afecten a su oído interno, especialmente al laberinto posterior, órgano regulador del equilibrio, ya que van a estar expuestos a sufrir lesiones en este órgano por barotraumatismos e incluso vértigos relacionados por embolización de gas.

Para un examen del equilibrio o examen vestibular existen los tests de estímulos provocados por excitación laberíntica, los cuales requieren una gran formación y medios técnicos. No obstante, desde un punto de vista clínico, podemos realizar los tests estatocinéticos que estudian el equilibrio del individuo en condiciones normales y sin estímulo del aparato vestibular:

- Signo de Romberg: colocamos al paciente de pie con los pies juntos y observamos el equilibrio, primero con los ojos abiertos, después con los ojos cerrados y luego con un pie delante de otro. Si existen lesiones periféricas las alteraciones del equilibrio serán muy marcadas.
- Prueba de Babinski-Weill o marcha en estrella: hacemos andar al individuo cinco pasos adelante y atrás varias veces; si el paciente presenta un desequilibrio entre oído derecho e izquierdo se desvía hacia un lado u otro.

Serán considerados no aptos para el buceo quienes presenten en la exploración vestibular:

- Signos de sospecha de trastorno del equilibrio de causa laberíntica, más aún si va acompañada de una hipoacusia neurosensorial, unilateral o bilateral.

3. Exploración respiratoria

La exploración respiratoria se ha de considerar fundamental en el examen de salud de los buceadores. Una vez descartado en la historia clínica antecedentes fundamentados de patología relacionada con el sistema exploratorio, tal y como nos hemos referido en la “declaración personal de salud” que contraindican la iniciación en la práctica del buceo, hemos de dirigir la exploración respiratoria basándonos en la auscultación pulmonar y de la fosas nasales por rinoscopia anterior, además de la pruebas exploratorias, radiografía de senos paranasales, radiografías de tórax y espirometría

- **Rinoscopia**

La rinoscopia anterior es una exploración propia de los especialistas en ORL, pero la escasa dificultad técnica le hace asequible al médico que pretenda evaluar la aptitud de un

buceador, basta con poco entrenamiento para su aprendizaje. La información que se ha de obtener en esta exploración puede quedar resumida en observar:

- Coloración de las mucosas, unas mucosas pálidas inducen a pensar en un proceso alérgico de evolución crónica y si son congestivas a cualquier proceso que induce a la inflamación de las mucosas, bien sea de causa infecciosa o inflamatoria no infecciosa
- Vascularización de mucosas
- La existencia de hipertrofia de cornetes, inferiores o medios
- La existencia de rinorrea, acuosa, mucosa o purulenta
- La existencia de dismorfia septal, verificando el paso de aire a través de las fosas nasales
- La existencia de pólipos de origen alérgico o inflamatorio

Serán considerados no aptos para el buceo quienes presenten en la exploración rinoscópica:

- La predisposición de venas en tabique con riesgo de sangrado espontáneo
- Estados congestivos de las mucosas que dificulte el drenaje de los agujeros de comunicación de los senos paranasales con las fosas nasales
- Existencia de pólipos nasales de causa alérgica o inflamatoria.
- Evidentes signos de sospecha de la existencia de procesos inflamatorios crónicos de la rinofaringe que dificulten la permeabilidad de la trompas de Eustaquio

- **Senos paranasales**

Los senos paranasales son, junto al oído, la zona del organismo que más problemas plantean a un buzo, por la necesidad de estar obligado, si quiere continuar con la inmersión, a compensar las diferencias de presiones que experimentan.

Consideramos obligatoria esta exploración radiológica, porque es necesario para el inicio del buceo profesional que las cavidades de los senos paranasales estén perfectamente aireados. Tienen un gran inconveniente, si queremos explorar todos los senos paranasales tenemos que recurrir a varias proyecciones o bien realizar un TAC de senos y fosas nasales; en la práctica se recurre a una sola proyección, la naso-mento-placa, en ella observamos los senos maxilares, los frontales y etmoidales anterior, pero no los esfenoidales, reservándonos el TAC antes la sospecha de procesos de sinupatía que impiden el ejercicio de la profesión o para verificar la permeabilidad del drenaje de los senos a la fosas nasales o para confirmar las lesiones detectadas en una radiografía convencional.

La información recibida de la exploración radiológica de los senos paranasales puede quedar resumida observando:

- Velamientos totales y difusos
- Existencia de imágenes compatibles con quistes mucosos
- Niveles hidroaéreos

- Osteomas
- Edemas e hipertrofia de las mucosas que recubren a los senos

Serán considerados no aptos para el buceo quienes presenten en la exploración radiológica de senos paranasales:

- Cualquier signo radiológico que evidencia la existencia de lesiones en las cavidades paranasales es motivo de no apto para todos los que se quieren iniciar en el buceo
- La sospecha de ocupación por líquido, sangre o moco, contraindican la práctica del buceo por ser procesos, normalmente agudos, infecciosos o no
- Cuando en los exámenes médicos periódicos se observa la existencia de signos radiológicos de hipertrofia de mucosas y de quistes mucosos, se han de valorar junto a la capacidad, riesgos y actitud profesional del buzo, verificando la existencia o no de clínica durante el ejercicio profesional

- **Radiografía de Tórax**

Dentro de la exploración respiratoria, el estudio radiográfico del tórax consideramos que debe ser obligatorio realizar a los aspirantes a buceadores profesionales dos proyecciones, una postero-anterior y otra lateral.

La información recibida de la exploración radiológica de las radiografías de tórax queda resumida observando la existencia de:

- Patología o malformaciones de la parrilla costal
- Procesos de fibrosis que causen restricción
- Atrapamientos aéreo por enfisema
- Signos de hipertensión pulmonar
- Patología pleural
- Valoración de la silueta cardiaca y cayado aórtico

Serán considerados no aptos para el buceo quienes presenten en la exploración radiológica de tórax:

- Procesos restrictivos que limitan la elasticidad pulmonar oponiéndose a la compresibilidad del pulmón
 - Enfermedad inflamatoria de la pleura
 - Grandes adenopatías calcificadas
 - Procesos fibróticos antiguos
- Obstrucción crónica del flujo aéreo
 - Bronquitis crónicas obstructivas
 - Asma, Enfisema

- **Espirometría forzada**

La espirometría forzada, junto con la auscultación pulmonar y la valoración de la radiología de tórax, va a completar la exploración respiratoria del buceador.

La espirometría es una prueba importante para la valoración de la aptitud del buceador, ya que nos mide la capacidad pulmonar, la cual nos indica la funcionalidad pulmonar, su elasticidad y el nivel de flujos en bronquios de gran, mediano y pequeño calibre.

La información recibida de la exploración radiológica de la espirometría forzada queda resumida observando la existencia de:

- Insuficiencia respiratoria restrictiva: FVC bajo
- Insuficiencia respiratoria obstructiva: FEV 1seg. / FVC bajo
- Insuficiencia respiratoria mixta: FVC bajo y FEV 1seg. / FVC bajo
- Obstrucción en bronquios pequeño calibre: FEV 25% – 75 % bajo

Serán considerados no aptos para el buceo quienes presenten en la espirometría forzada:

- Insuficiencia respiratorias restrictivas, obstructivas o mixtas, tomando como referencia valores inferiores al 75% de los parámetros considerados normales para la FVC y el cociente resultante de dividir FEV 1 segundo/FVC

4. Exploración cardiovascular

La exploración Cardiovascular forma parte esencial del examen médico que a todo buceador se le ha de realizar, siendo dirigida después de conocidos los antecedentes clínicos del buceador, tras realizar la declaración de salud, resultando imprescindible la realización de un electrocardiograma en reposo.

Es muy importante con la auscultación cardiaca verificar la existencia de soplos, asegurándonos de la no existencia de valvulopatías, congénitas o adquiridas, o así como la sospecha de malformaciones cardiacas. Sería de sumo interés descartar la persistencia del foramen oval, defecto frecuente en el ser humano, totalmente asintomático y sin consecuencias clínicas, pero que en el buzo puede ser la causa de una embolia por gas. Continuamos la exploración midiendo la presión arterial y explorando los pulsos periféricos de miembros inferiores, así como el estado del sistema venoso de los mismos.

- **Electrocardiograma en reposo**

Es la exploración mas elemental del corazón, aunque cada vez es mas aconsejado la realización de electrocardiograma de esfuerzo, en tapiz rodante, así es como está indicado en la Comunidad Autónoma de Galicia, donde es obligatorio esta exploración en todos los individuos que se quieren iniciar en el buceo profesional, requiriendo de esta forma la colaboración del especialista en Cardiología. En los reconocimientos médicos periódicos es aconsejable, ante la evidencia de cualquier alteración cardiovascular, el asesoramiento de la medicina especializada que nos indicará si la anomalía encontrada aconseja el abandono de la práctica del buceo por constituir un riesgo para la salud del buceador.

La importancia de la información recibida de la exploración electrocardiográfica puede quedar resumida en que nos aporta datos sobre:

- Frecuencia cardiaca
- Ritmo cardiaco
- Eje eléctrico cardiaco
- Alteraciones de la conducción eléctrica
- Alteración de la repolarización ventricular
- Crecimiento de cavidades, aurículas y ventrículos

Serán considerados no aptos para el buceo quienes presenten en el examen médico inicial cualquier signo de sospecha de cardiopatía adquirida o congénita o cualquier trazado patológico del electrocardiograma. En los reconocimientos médicos periódicos, hemos de valorar y ser considerados como no aptos las siguientes situaciones:

- Cardiopatías congénitas, sospecha foramen oval persistente
- Cardiopatía isquémica.
- Varices con riesgo de tromboflebitis
- Insuficiencia vascular arterial periférica
- Hipertensión arterial severas, no controladas
- Valoración alteraciones valvulares.
- Valoración y estudio de las arritmias que no sean sinusales
- Valoración y estudio de las alteraciones de la conducción eléctrica, que no sean bloqueos incompletos de rama derecha o bloqueos auriculo ventriculares de primer grado

5. Exploración Analítica

Una analítica general de sangre y de orina nos ayudará a hacer una valoración más íntegra y global de la aptitud para el buceo, tanto si se trata de un examen médico inicial o periódico, siendo esta prueba complementaria de exploración obligatoria en los reconocimientos médicos iniciales a buceadores en la Comunidad de Galicia y a los aspirantes a buceadores en la Fuerzas Armadas.

La analítica a realizar deberá incluir:

- Orina: Anormales y estudio del sedimento
- Sangre
 - Hemograma
 - Bioquímica: Colesterol y fracciones, glucosa, triglicéridos, creatinina, urea, ácido úrico, perfil hepático, proteínas totales y pruebas de coagulación

En la valoración analítica deberá valorarse cualquier anomalía detectada en reconocimientos médicos periódicos, que exprese trastornos agudos o crónicos, verificando si supone un riesgo para el buceador o puede agravarse con la práctica de la profesión, y

deberán considerarse no aptos a los individuos que queriéndose iniciar en el buceo presente:

- Poliglobulias
- Alteraciones de la coagulación
- Diabetes mellitus en cualquiera de sus formas
- Dislipemias
- Disproteinemias
- Perfil hepático patológico

6. Otras exploraciones

Hemos descrito la exploración a lo buceadores, que de una forma u otra, están apoyadas por pruebas de exploración complementaria. La anamnesis nos ha de llevar a explorar y valorar otros sistemas importantes que pueden presentar patología que contraindiquen la práctica del buceo.

• Aparato digestivo

Las patologías del aparato digestivo no son frecuentes en los buceadores y su existencia no son consideradas de especial riesgo para el ejercicio de su profesión.

Hemos de valorar cualquier patología digestiva detectada en la anamnesis de los exámenes médicos periódicos y considerar no aptos a los buceadores iniciales que presenten:

- Hernias inguinales, umbilicales, eventraciones.
- Hepatitis en fase aguda o crónica
- Cualquier proceso inflamatorio intestinal crónico
- Antecedentes de aerofagia y meteorismo acentuado

• Sistema neurológico y enfermedades psiquiátricas

Consideramos que una exploración neurológica básica es suficiente, medida de reflejos, motricidad y sensibilidad, para descartar cualquier déficit neurológico, teniendo siempre como referencia en la historia clínica la declaración de salud, ya que la epilepsia y cualquier enfermedad susceptibles de producir convulsiones o episodios de pérdida de conciencia, contraindican la práctica de cualquier actividad subacuática, buceo deportivo o profesional.

La realización de un Electroencefalograma o cualquier otra técnica exploratoria queda supeditada ante la sospecha de patología del sistema nervioso central o bien, tal y como lo hacen en las Fuerzas Armadas, solamente realizarlo a los buceadores de grandes profundidades.

Si en el examen médico, durante la entrevista dirigida observaremos la actitud y rasgos de la personalidad del buceador, valorando la existencia de trastornos psicopatológicos, y debemos considerar no aptos:

- Cuando existan antecedentes o sospecha clínica de trastornos psiquiátricos, psicótico o afectivo
- Cualquier trastorno de la personalidad o del comportamiento que comprometa la seguridad de la práctica del buceo
- Toxicomanías, incluido el etilismo crónico

- **Examen oftalmológico**

Para la valoración de aptitud para las actividades subacuáticas se ha de realizar una exploración del globo ocular y de la agudeza visual; en la Comunidad Autónoma de Galicia es obligatorio, en los exámenes médicos iniciales, la realización de una campimetría por un oftalmólogo.

Cualquier patología aguda o crónica del globo que produzca síntomas como fotofobia, diplopia o disminución de la visión se ha de valorar ante la práctica de cualquier actividad subacuática, pero se ha de considerar no apto cuando exista:

- El glaucoma y cualquier proceso susceptible de producir hipertensión ocular.
- Retinopatías, con alteraciones especiales del campo visual
- Agudezas visuales corregidas inferiores a 2/3 en cada uno de los ojos.
- Alteraciones cromáticas severas
- La queratotomía radial será causa de exclusión durante un periodo de 12 meses tras la intervención.

- **Examen odontológico**

Los buceadores deben de tener una buena salud dental, la integridad total de caninos, incisivos, y primeros premolares es requisito básico en el examen inicial, o bien repuestos con prótesis fijas, con el fin de poder tener bien sujeto el regulador en la boca.

En la exploración odontológica serán considerados no aptos cuando:

- Existan procesos e infecciones bucales que sean susceptible de causar barodontalgia

- **Examen osteomuscular**

La exploración osteomuscular del buceador no requiere pruebas diagnósticas complementarias especiales, estará basada en la historia clínica, pero es importante que los buceadores profesionales tengan una movilidad y motricidad normal que les facilite las

tareas de su trabajo bajo el agua y los movimientos propios de la actividad subacuática, incluyendo la previsión de situaciones límites.

Cualquier limitación funcional articular en un buceador debe ser valorada por si repercute en su seguridad durante la actividad profesional y debe considerarse no aptos a quienes presenten:

- Artropatías agudas y crónicas
- Discopatías intervertebrales con examen neurológico positivo
- Secuelas funcionales y dolorosas postquirúrgicas o traumáticas

- **Examen dermatológico**

El examen de la piel es una exploración importante con la finalidad de descartar, ante todo, la existencia de dermatitis atópicas, bien o mal definidas y las de evolución crónica, en los aspirantes a buceadores profesionales.

Debemos considerar no aptos a los buceadores que presenten:

- Las dermatopatías que cursan con hipersensibilización a materiales y equipos de buceo
- Las dermatitis infecto contagiosas
- Las dermatitis que se agraven en contacto con el medio subacuático

- **Otras valoraciones**

En los reconocimientos médicos iniciales será causa de exclusión aquellas patologías no descritas en la relación expuesta en este tema, que a juicio del médico reconocedor puedan comprometer la seguridad del buceador

En los exámenes médicos periódicos serán considerados no aptos a los que presenten:

- Secuelas de patologías disbáricas
- Enfermedad descompresiva de repetición no explicable
- Sensibilidad acusada a la narcosis y a la hiperoxia

Es muy difícil enumerar una lista completa de causas por las cuales a un individuo se le ha de excluir de la práctica de actividades subacuáticas, pues todo va a depender de las características individuales del buceador, todo ello valorado en un contexto global del examen de salud realizado y del tipo de buceo que realiza.

Las patologías enumeradas en este texto han estado basadas en la experiencia de diez años, después de haber realizado 1.069 reconocimientos médicos a buceadores profesionales, junto a la información recibida de las escasas publicaciones que existen sobre el examen de salud en actividades subacuáticas, por grandes profesionales en Medicina Subacuática, en

el ámbito civil de nuestro país y también influenciado por las actitudes médicas de los profesionales en el ámbito militar.

BIBLIOGRAFÍA

Desola J. La aptitud médica para el buceo. Jano 1979; 380: 78-80

Salas Pardo E. Aptitud médica para el buceo. Medicina Marítima 2002; 2(4): 264-268

Gallar Montes F. Examen de aptitud para el buceo. En: Fernando Gallar. Medicina Subacuática e Hiperbárica. 3ª edición. Madrid: Instituto Social de la Marina;1995. 519-546

Weiss M. Standards on Medical Fitness Examinations for Navy Divers. Med Marit 2003; 3 (2): 162-168

Wendling J. International Fitness-to-dive Requeriments for Professional Divers. Med Marit 2003; 3 (2): 149-161

Reglamento de Especialidad y Aptitud de Buceo de la Armada. OM Delegado N° 282/82. Diario oficial de la Marina N 251

I SEMINARIO DE PREVENCIÓN DE RIESGOS LABORALES EN EL BUCEO



Cartagena,

20, 21 y 22 de enero de 2005

Trabajos en zonas con corrientes y en zonas con redes y mallas



- Trabajos con corrientes
- Trabajos con redes y mallas

Trabajos con corrientes



- **RIESGOS:**
- Perdida de buceadores (autónomo)
- Atrapamiento del buzo
- Perdida del fondeo o rotura de amarras
- Extenuación del buzo

Trabajos con corrientes

- **RIESGOS:**
- Aumento del consumo de aire
- Enfriamiento del buceador
- Dificultad para realizar la descompresión adecuadamente
- Perdida de visibilidad

Trabajos con corrientes

- **MEDIDAS CORRECTORAS:**
 - No bucear con corrientes superiores a un nudo
 - Uso de cabo guía
 - Colocación de cabos flotantes con aros en superficie
 - Dotar al buzo de silbato, bengalas o luz de destellos

Trabajos con corrientes

- **MEDIDAS CORRECTORAS:**
 - Uso de equipos que faciliten su localización
 - Globos de descompresión verticales
 - Buceo semiautonomo prioritario
 - Iniciar buceando contra corriente
 - Embarcaación de apoyo sigue al buzo

Trabajos con corrientes

- **MEDIDAS CORRECTORAS:**

- Previsión de consumo de aire adecuada
- Protección termica adecuada
- Uso de cabos de seguridad en descompresión y fondo
- Amarre del soporte adecuado a las condiciones

Zonas con redes y mallas



- **RIESGOS:**
 - Redes fijas (piscifactorias)
 - Redes perdidas, palangres, cales, etc.
- Enredos

Zonas con redes y mallas



- **MEDIDAS CORRECTORAS:**
 - Llevar cuchillo, tijeras bien afilados (mejor 2)
 - Cabo guia
 - No dar nunca la espalda a la obstrucción
 - Maniobras claras
 - Liberar zona de trabajo de las obstrucciones

Puntos clave

- **Perdidas de buceadores**
- **Sobreesfuerzos**
- **Perdida o rotura de amarras**
- **Enredos**