



FACULDADE DE
MEDICINA
LISBOA

TRABALHO FINAL

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

Doença da Descompressão no Mergulho Recreativo com Ar Comprimido

Leonardo Camus de Matos Coelho

MAIO'2017



FACULDADE DE
MEDICINA
LISBOA

TRABALHO FINAL

MESTRADO INTEGRADO EM MEDICINA

Clínica Universitária de Otorrinolaringologia

Doença da Descompressão no Mergulho Recreativo com Ar Comprimido

Leonardo Camus de Matos Coelho

Orientado por:

Dr. Marco António Cabrita Simão

MAIO'2017

Resumo

O mergulho recreativo com ar comprimido tem visto o seu número de praticantes aumentar nos últimos anos. Embora seja uma atividade segura praticada por entre 3 a 6 milhões de pessoas em todo o mundo, existem riscos decorrentes das pressões elevadas a que o mergulhador é exposto durante o mergulho. Um desses riscos é a Doença da Descompressão.

Este trabalho procura explicar de forma clara e atualizada quais os mecanismos fisiopatológicos por detrás da Doença da Descompressão, quais as suas formas de apresentação e como é que se faz o diagnóstico diferencial entre esta doença e outras que se manifestam de forma semelhante, como a embolia gasosa arterial e o barotrauma do ouvido interno. É também abordado o tratamento da doença com oxigénio hiperbárico e a forma como esta e outras doenças resultantes da prática do mergulho podem ser prevenidas através de normas estabelecidas a nível internacional pelas principais agências de mergulho.

Abstract

Recreational SCUBA diving has seen its number of practitioners increase in recent years. Although it is a safe activity practised by 3 to 6 million people worldwide, there are risks arising from the high pressures the diver is subjected to during diving. One such risk is Decompression Sickness.

This paper aims to explain in a clear and updated way the pathophysiological mechanisms behind Decompression Sickness, its clinical presentation and how the differential diagnosis between this disease and others that present themselves with similar symptoms, such as arterial gas embolism and inner ear barotrauma, can be done. Treatment of the disease with hyperbaric oxygen is also addressed, as well as prevention of this and other diseases resulting from diving through international norms established by the major diving agencies.

Palavras-chave: Doença da Descompressão; Mergulho; Oxigénio Hiperbárico; Pressão; Profundidade

Key words: Decompression Sickness; SCUBA diving, Hyperbaric Oxygen; Pressure, Depth

O trabalho final exprime a opinião do autor e não da FML.

Índice

1. Introdução - O Mergulho com Ar Comprimido	3
1.1 Mergulho Recreativo vs. Mergulho Técnico	3
2. A Doença da Descompressão	4
2.1 Fisiopatologia	4
2.1.1 Física da Pressão	4
2.1.2 Formação de Bolhas	5
2.1.2.1 Conceito de Micronúcleos	5
2.2 Manifestações da Doença da Descompressão	6
2.2.1 Doença da Descompressão Tipo I	6
2.2.2 Doença da Descompressão Tipo II	7
2.2.3 Embolia Gasosa Arterial	8
2.2.4 Foramen Oval Patente	8
2.2.5 Inner-Ear Decompression Sickness (IEDCS)	9
2.3 Diagnóstico	10
2.4 Tratamento	10
2.4.1 Situações de Emergência	10
2.4.2 Oxigénio Hiperbárico	11
2.5 Prevenção	13
Conclusão	14
Agradecimentos	15
Bibliografia	16

1. Introdução - O Mergulho com Ar Comprimido

O mergulho com garrafa de ar comprimido é uma forma de mergulho em que se usa um equipamento de respiração autónomo que permite a permanência em profundidade durante períodos de tempo superiores àqueles que seriam possíveis com a simples contenção da respiração. A prática é conhecida a nível internacional como SCUBA, que é um acrónimo para o nome em inglês do equipamento usado (*Self-Contained Underwater Breathing Apparatus*).

1.1 Mergulho Recreativo vs. Mergulho Técnico

Existem vários tipos de mergulho autónomo. A primeira distinção a ser feita é aquela entre mergulhadores profissionais e amadores, sendo os profissionais todas as pessoas cuja atividade profissional envolve o mergulho, como é o caso dos militares, instrutores de mergulho, biólogos marinhos, etc.

Os mergulhadores amadores são todos aqueles que fazem mergulho por desporto e lazer, dividindo-se na prática de 2 tipos de mergulho principais: o mergulho recreativo e o mergulho técnico. O primeiro é todo o mergulho que respeita os limites de profundidade e de tempo de mergulho impostos pelas principais agências de mergulho. Estes limites definem a profundidade máxima que um mergulhador pode atingir e o tempo máximo por valores de profundidade que pode permanecer submerso de modo a que não necessite de fazer pausas de descompressão na sua ascensão à superfície, isto é, períodos de tempo ao longo da ascensão em que se mantém à mesma profundidade para que os gases inertes acumulados durante o mergulho possam ser expelidos do corpo [1].

O mergulho técnico é aquele em que os limites definidos pelas tabelas de descompressão são superados, sendo necessárias outras precauções por parte dos mergulhadores, como a utilização de misturas de gases diferentes para evitar a intoxicação quer por nitrogénio quer por oxigénio, e a execução de pausas de descompressão para permitir a expulsão dos gases inertes acumulados no corpo durante o mergulho [2].

O foco desta revisão será a Doença da Descompressão no mergulho recreativo amador.

2. A Doença da Descompressão

A Doença da Descompressão define-se como o conjunto de sinais e sintomas que advêm da formação de bolhas de gás no corpo a partir dos gases inertes acumulados nos tecidos, aquando da despressurização.

2.1 Fisiopatologia

2.1.1 Física da Pressão

A variações de pressão que se verificam no mergulho afetam apenas as substâncias compressíveis do corpo. A água é não-compressível, mas os gases são compressíveis, o que significa que vão estar sujeitos a estas variações de pressão. O comportamento dos gases pode ser descrito pelas 3 seguintes leis, que se aplicam diretamente no mergulho:

1- Lei de Boyle-Mariotte, segundo a qual, para gases perfeitos, a uma temperatura constante, a pressão é inversamente proporcional ao seu volume [3].

2- Lei de Dalton, que dita que numa mistura gasosa, a pressão de cada componente é independente da pressão dos demais, sendo a pressão total igual à soma das pressões parciais dos componentes. Isto significa que à medida que a pressão aumenta com o aumento da profundidade, aumentam também as pressões parciais dos gases que compõem o ar atmosférico [4].

3- Finalmente a lei de Henry, de acordo com a qual a quantidade de gás que se irá dissolver num líquido é diretamente proporcional à pressão parcial desse gás, a uma temperatura constante [5].

No mergulho com ar comprimido, a aplicação destas leis vai ter em conta somente o nitrogénio, uma vez que é este o gás que

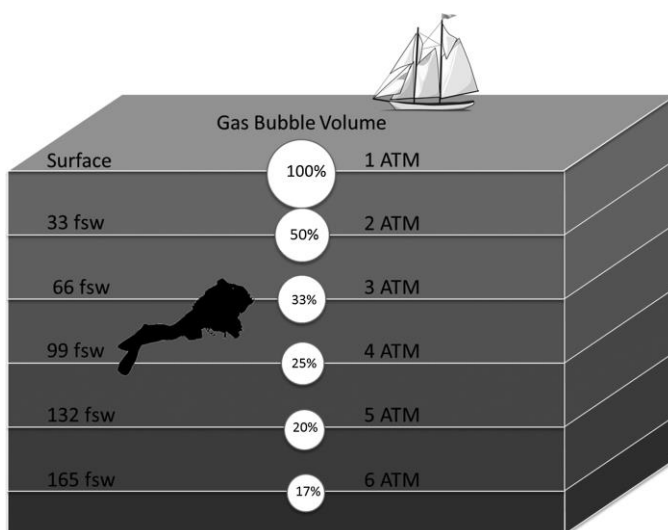


Fig. 1 - Variação de pressão e volume debaixo de água.

causa a Doença da Descompressão por ser um gás inerte, ou seja, que se acumula nos tecidos sem ser metabolizado.

Quando um mergulhador desce a pressão aumenta 1 atmosfera por cada 10 metros e o volume de ar diminui para metade (lei de Boyle). Isto leva a que a pressão parcial de nitrogénio também aumente com o aumento da profundidade (lei de Dalton). Este, ao ser inspirado, passa pelos alvéolos para a corrente sanguínea e difunde-se nos tecidos. Com o aumento da sua pressão parcial, aumenta o gradiente de pressão entre o nitrogénio no ar alveolar e na corrente sanguínea (lei de Henry), aumentando assim a sua velocidade de difusão para o sangue [6]. Conclui-se assim que quanto maior for a profundidade, maior será a difusão de nitrogénio para o sangue e para os tecidos.

2.1.2 Formação de Bolhas

O problema da Doença da Descompressão surge quando o mergulhador, com os tecidos saturados de nitrogénio devido a uma longa permanência no ambiente hiperbárico do fundo do mar, ascende à superfície. A ascensão deve ser gradual para permitir que o excesso de nitrogénio possa percorrer o caminho inverso e ser expulso através dos pulmões.

Se a subida for demasiado rápida, sem pausas de descompressão, o gradiente de pressão, isto é, a diferença de pressão de nitrogénio entre o ar alveolar e os tecidos, é demasiado elevado. Quando isto acontece, o nitrogénio não consegue sair através dos pulmões, formando-se bolhas na corrente sanguínea e nos tecidos. É o acumular destas bolhas nos tecidos e corrente sanguínea que vai causar os sintomas da Doença da Descompressão.

2.1.2.1 Conceito de Micronúcleos

A formação das bolhas não acontece somente com a despressurização brusca. De acordo com a teoria da nucleação, estas formam-se a partir de locais microscópicos conhecidos como micronúcleos, que correspondem a pontos hidrofóbicos preexistentes na corrente sanguínea e nos tecidos. O nitrogénio difunde-se naturalmente para estas zonas hidrofóbicas, e é partir destas zonas que as bolhas crescem e se desenvolvem devido ao acumular de cada vez mais gás [7,8].

É hoje aceite que todos os mergulhos levam ao aparecimento de bolhas, mas que, na maior parte dos casos, estas são microscópicas e resolvem sem causar quaisquer sintomas,

uma vez que viajam até aos pulmões onde são expelidas ao nível dos alvéolos. Estas bolhas silenciosas foram descobertas com a introdução do Eco-Doppler nos anos 70, uma vez que este permitiu identificar bolhas na corrente sanguínea de mergulhadores, após estes mergulharem, sem que estes apresentassem quaisquer sintomas da Doença da Descompressão [9,10]. Os problemas na Doença da Descompressão surgem quando se acumula demasiado nitrogénio nos micronúcleos, fazendo-os aumentar de volume e interferir com o organismo, causando sintomas.

2.2 Manifestações da Doença da Descompressão

A Doença da Descompressão resulta do efeito das bolhas nos sistemas de órgãos. Estas podem interferir com a função celular, podem agir como êmbolos e bloquear a circulação ou comprimir vasos, ou podem agir como antigénios e ativar as fases iniciais da cascata da coagulação, bem como a libertação de substâncias vasoativas e diminuir o número de plaquetas [11,12]. Uma vez que as bolhas podem ser transportadas para praticamente qualquer parte do corpo, a Doença da Descompressão pode manifestar-se de muitas maneiras diferentes.

Na Doença da Descompressão as bolhas viajam principalmente no sistema venoso, e como tal, a doença só se começa a manifestar algumas horas após a ascensão à superfície, podendo este intervalo ir de 1 até 48 horas. De acordo com os sinais e sintomas apresentados a doença pode ser classificada em 2 tipos: Doença da Descompressão Tipo 1 (DD Tipo 1), mais frequente e mais leve, e Doença da Descompressão Tipo 2 (DD Tipo 2), mais rara e mais grave. Quando as bolhas passam para a circulação arterial, pode haver embolia gasosa arterial, que muitos autores classificam como Doença da Descompressão Tipo 3.

2.2.1 Doença da Descompressão Tipo I

A DD Tipo 1 pode manifestar-se a nível cutâneo com o aparecimento de um *rash* conhecido como *cutis marmorata*, normalmente no peito e ombros, acompanhado de prurido. No entanto, o sintoma mais frequente são as fortes dores articulares, que aparecem em cerca de 70 a 85% dos doentes e afetam os membros superiores 3 vezes mais do que os inferiores. As articulações mais frequentemente afetadas são os ombros, os cotovelos, os joelhos e os tornozelos, sendo raro afetar o lado contralateral.

Embora seja a forma menos grave de Doença da Descompressão, a DD Tipo 1 deve ser tratada, ou poderá evoluir para DD Tipo 2 [13].

2.2.2 Doença da Descompressão Tipo II

A DD Tipo 2 pode manifestar-se a nível neurológico, pulmonar ou circulatório.

A nível neurológico afeta principalmente a espinal medula, dando azo a sintomas como dor, normalmente a nível lombar, parestesias e paralisia das extremidades inferiores e perda do controlo esfinteriano. Quando as bolhas de ar passam para a circulação arterial, podem viajar pelas carótidas até ao cérebro, podendo causar dores de cabeça, alterações visuais, confusão, perda de consciência e até morte. Num estudo do Hospital Geral de Singapura concluiu-se que uma instalação prematura dos sintomas estava associada a um pior prognóstico: mergulhadores que manifestaram sintomas nos primeiros 30 minutos após a vinda à superfície apresentaram sequelas múltiplas com resolução inferior a 50% depois de terapia agressiva com oxigénio hiperbárico. De acordo com o mesmo estudo, acredita-se que as lesões neurológicas se devam a enfartes a nível arterial e venoso [14].

A nível pulmonar, normalmente, só há sintomatologia quando há acúmulo de nitrogénio em quantidades excessivas nos pulmões (no caso de uma descompressão excessivamente rápida), uma vez que, em condições normais, as bolhas microscópicas que chegam aos pulmões pela circulação venosa difundem-se para o exterior pelos alvéolos. Quando, em casos raros, a respiração se torna insuficiente para expulsar as bolhas de nitrogénio, estas acumulam-se ao nível dos pulmões e, por um lado, interferem com as trocas gasosas e, por outro, bloqueiam a artéria pulmonar e diminuem a quantidade de sangue que chega às cavidades esquerdas do coração. Os sintomas respiratórios podem ser dor retrosternal na inspiração, tosse não produtiva e dispneia.

A nível circulatório pode haver choque hipovolémico devido à passagem de líquido do espaço intravascular para o espaço extravascular, por mecanismos ainda não compreendidos. Por outro lado, há formação de trombos devido à ativação das fases iniciais da cascata de coagulação e libertação de substâncias vasoativas [11, 13].

2.2.3 Embolia Gasosa Arterial

Como já foi referido, a nível pulmonar pode haver acúmulo de nitrogénio em quantidades excessivas que se sobrepõem à capacidade de difusão para o exterior pelos alvéolos. Esta situação pode dar azo a barotrauma pulmonar e à passagem das bolhas para a circulação arterial. Uma vez do lado arterial, as bolhas podem alojar-se nas coronárias, artérias cerebrais e outras artérias sistémicas. Os sintomas vão depender dos locais onde os êmbolos se alojarem, podendo haver enfarte do miocárdio e disritmias no caso de alojamento nas coronárias e sintomas neurológicos como os descritos na DD Tipo 2 no caso de alojamento nas artérias cerebrais. Devido à semelhança de sintomas a DD Tipo 2 e a embolia gasosa arterial confundem-se muitas vezes, distinguindo-se pelo seu aparecimento. Na embolia gasosa os sintomas aparecem cerca de 10 a 20 minutos após a ascensão à superfície, enquanto que na DD Tipo 2 os sintomas podem demorar horas a aparecer.

2.2.4 Foramen Oval Patente

O Foramen Oval Patente (FOP) corresponde a uma comunicação entre as aurículas direita e esquerda, que condiciona uma comunicação entre as circulações venosa e arterial. Nestes doentes existe um maior risco de que as bolhas passem diretamente da circulação venosa para a arterial, evitando os pulmões. Nestes casos, há maior perigo do desenvolvimento de Doença da Descompressão Tipo 2, com sintomas mais graves, bem como de embolia gasosa arterial.

Num estudo com 2 grupos de mergulhadores, em que metade manifestou sintomas neurológicos de Doença da Descompressão, 50-53% dos mergulhadores sintomáticos tinham FOP, enquanto que no grupo dos não sintomáticos apenas 8% apresentava FOP [17].

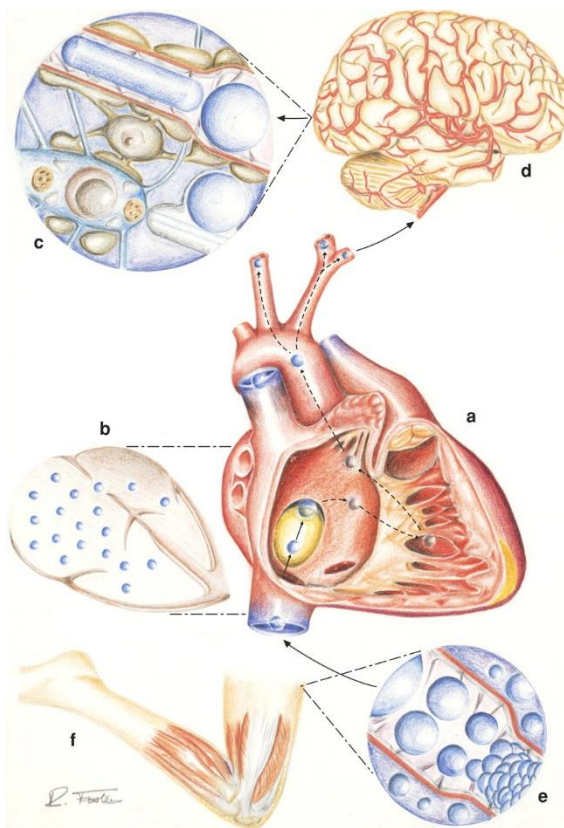


Fig. 2 - Foramen oval patente

2.2.5 Inner-Ear Decompression Sickness (IEDCS)

A nível de ORL, a Doença da Descompressão também pode afetar o ouvido interno ao haver difusão de nitrogénio do ouvido médio para a perilinfa da cóclea, onde este expande, forma bolhas e produz os sintomas. Estes podem ser náuseas, vómitos, vertigens, nistagmo e surdez parcial ou total. Modelos animais já demonstraram hemorragias e exsudado proteico na cóclea, bem como irritação do endóstio dos canais semicirculares, que levava a labirintite [19]. Embora os sintomas possam ser difíceis de distinguir dos do barotrauma do ouvido interno, na IEDCS os sintomas vestibulares, como vertigens, são a queixa principal, ocorrendo em cerca de 77 a 100% dos doentes e a perda auditiva em 6 a 40% [20, 21]. Já no barotrauma, as vertigens não são um problema significativo, sendo as principais queixas a perda auditiva e o acufeno.

A distinção entre IEDCS e barotrauma do ouvido interno é importante, uma vez que o tratamento hiperbárico usado na IEDCS pode ser prejudicial no barotrauma [19].

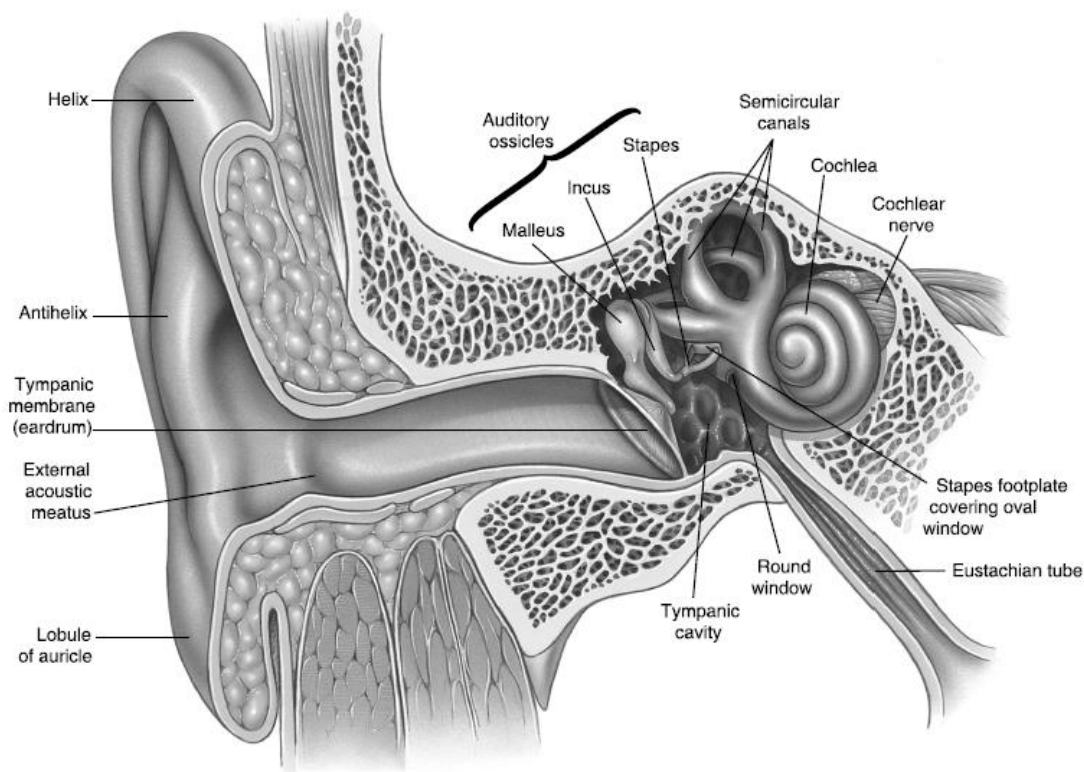


Fig. 3 - Anatomia do ouvido médio e interno

2.3 Diagnóstico

Dada a variabilidade dos sintomas, deve-se suspeitar sempre da Doença da Descompressão em mergulhadores que apresentem qualquer um dos sintomas nas 48 horas após o mergulho, nunca descurando a possibilidade de os sintomas se poderem dever a outros diagnósticos.

A história clínica e a descrição dos sintomas são o mais determinante no diagnóstico da Doença da Descompressão. Este confirma-se através da regressão dos sintomas quando feita a recompressão com oxigénio hiperbárico.

A realização de Ressonância Magnética (RM) permite identificar lesões focais na medula no caso da DD Tipo 2, bem como no cérebro, no caso da embolia gasosa. Para além de ajudar a identificar a área da lesão, a RM permite monitorizar a evolução da doença, bem como excluir outras etiologias para os sintomas do doente [14].

2.4 Tratamento

2.4.1 Situações de Emergência

Numa situação de emergência o primeiro passo a tomar após a retirada do paciente de dentro de água é a sua imobilização no caso de suspeita de trauma e de seguida o tratamento com oxigénio a 100% no local até ser possível o tratamento com oxigénio hiperbárico numa câmara de alta pressão. A utilização de oxigénio normobárico como tratamento de emergência nas primeiras horas após a ascensão à superfície aumenta a taxa de sucesso da subsequente terapia de recompressão e reduz o número de sessões de recompressão necessárias. Num estudo que seguiu 2,231 mergulhadores que manifestaram sintomas da Doença da Descompressão, 47% foram tratados com oxigénio de emergência, num tempo médio até ao início do tratamento de 4 horas após a vinda à superfície e 2,2 horas após o início dos sintomas. 14% dos doentes tratados com oxigénio mostraram regressão completa dos sintomas e 51% mostraram melhoria imediata. Mais tarde, após a primeira sessão de tratamento com oxigénio hiperbárico, 67% dos doentes do grupo que recebeu oxigénio normobárico de emergência indicaram sentir alívio completo dos sintomas versus 58% dos doentes do grupo que não recebeu oxigénio de emergência [22].

O uso de oxigénio em situações de emergência é de tal forma benéfico que a Divers Alert Network (DAN) promoveu a sua distribuição por diferentes locais de mergulho, principalmente aqueles mais remotos e mais afastados de centros hospitalares com câmaras de oxigénio hiperbárico à disposição, para utilização em situações de emergência.

2.4.2 Oxigénio Hiperbárico

O *gold-standard* para o tratamento da Doença da Descompressão é a recompressão com oxigénio hiperbárico em câmaras de alta pressão. Mesmo doentes com total regressão dos sintomas após administração de oxigénio normobárico nas primeiras horas devem ser submetidos a tratamento com oxigénio hiperbárico por haver perigo de recorrência dos sintomas.

O tratamento com oxigénio hiperbárico funciona da seguinte forma: primeiro há uma hiperpressurização da câmara hiperbárica para simular as condições de pressão do fundo do mar, o que causa a diminuição do volume das bolhas formadas dentro do corpo e a sua dissolução de novo nos tecidos e sangue. Concomitantemente vai sendo administrado oxigénio a concentrações cada vez mais elevadas de modo a criar um gradiente de difusão maior entre o nitrogénio difundido no sangue e o nitrogénio nas bolhas, aumentando a passagem deste das bolhas para sangue e diminuindo assim o tamanho das mesmas [23]. O oxigénio é administrado de forma intermitente para evitar toxicidade. Pouco a pouco a pressão da câmara vai baixando até atingir os níveis da pressão atmosférica. Esta descida gradual permite que o nitrogénio seja expulso gradualmente do corpo através dos pulmões.

Existem 2 tipos de câmaras hiperbáricas para o tratamento com oxigénio hiperbárico: as câmaras individuais, ou monolugares, e as câmaras multilugares. Nas primeiras só é tratado um paciente de cada vez. O paciente é a única pessoa dentro da câmara, estando a equipa médica fora da mesma, e todo o espaço interior da câmara está oxigenado a 100%. Daí podem advir 2 problemas: por um lado, o paciente



Fig. 4 - Câmara hiperbárica monolugar

pode sentir claustrofobia, e por outro, poder ocorrer intoxicação por oxigénio. É também mais difícil à equipa médica intervir em caso de emergência devido à barreira física interposta entre a mesma e o doente. Nas câmaras múltiplas são tratados vários doentes ao mesmo tempo estando geralmente um ou mais membros da



Fig. 5 - Câmara hiperbárica multilugar

equipa médica no interior da câmara para acompanhar o tratamento e intervir em caso de emergência. A câmara não é pressurizada com oxigénio, sendo este administrado através de máscaras individuais a cada um dos pacientes, o que diminui o risco de toxicidade.

A duração do tratamento depende da severidade dos sintomas, sendo normalmente necessário submeter os doentes a mais do que uma sessão. Existem vários protocolos de tratamento de recompressão, sendo o mais usado na Doença da Descompressão o US Navy Table 6. Segundo este protocolo, o doente é colocado numa câmara a uma pressão equivalente a uma profundidade de 18 metros (2.8 ATA) durante pelo menos três intervalos de 20 minutos a oxigénio a 100% separados por 5 minutos a ar ambiente. De seguida a câmara é gradualmente descomprimida até chegar a uma pressão equivalente a 9 metros, mantendo-se assim durante dois intervalos de 60 minutos separados por 15 minutos a ar ambiente. Os curtos intervalos em que o paciente é mantido em ar ambiente servem para evitar a toxicidade por oxigénio. O tempo durante o qual o doente é mantido a pressões elevadas pode ser aumentado de acordo com a resposta do doente ao tratamento [24].

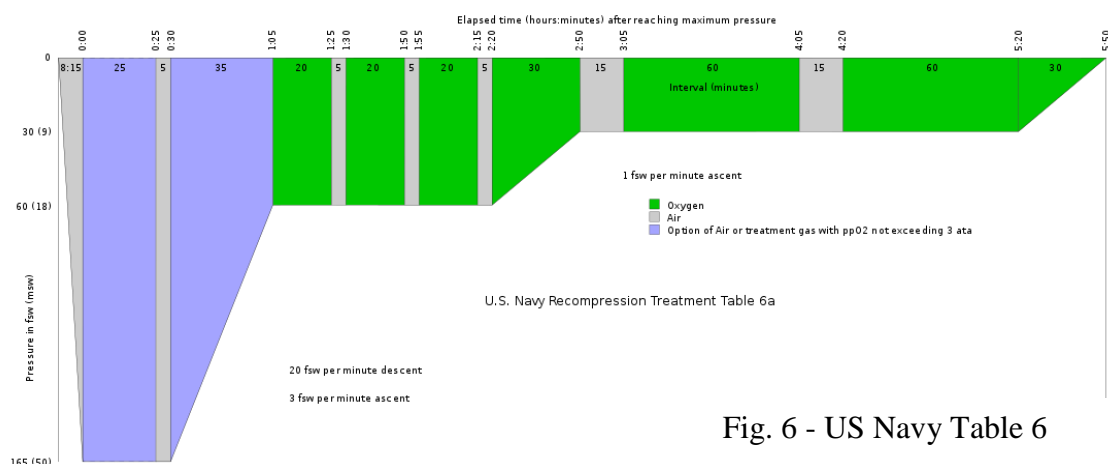


Fig. 6 - US Navy Table 6

2.5 Prevenção

Como já foi referido, existem limites de profundidade e de duração do mergulho impostos pelas principais agências de mergulho que definem uma zona de segurança dentro da qual não há perigo do desenvolvimento da Doença da Descompressão. Estes limites estão definidos em tabelas de mergulho onde está especificado o número de minutos que um mergulhador pode permanecer a determinada profundidade, bem como a duração das pausas de descompressão que ele deve fazer ao ascender e a que profundidade estas devem ser feitas. Ao seguir estas recomendações e não exceder os limites máximos, o mergulhador evita a absorção de nitrogénio em excesso durante o mergulho. Apesar de seguirem as tabelas de descompressão, os mergulhadores nunca conseguem eliminar totalmente todos os gases inertes no seu corpo (como já vimos pela existência de bolhas silenciosas), pelo que, por um lado, os tempos de descompressão devem ser ajustados em mergulhadores que mergulhem mais do que uma vez no mesmo dia, e por outro, os mergulhadores não podem voar no mesmo dia em que mergulham, uma vez que a subida para grandes altitudes implica uma exposição a pressões mais baixas, ativando o mecanismo da Doença da Descompressão.

RECREATIONAL DIVE PLANNER™
DIVING SCIENCE & TECHNOLOGY, CORP. **TABLE 2**
SURFACE INTERVAL CREDIT TABLE

START (DEPTH (feet))

DEPTH (feet)	35	40	50	60	70	80	90	100	110	120	130	140
A	10	9	7	6	5	4	4	3	3	3	3	3
B	19	16	13	11	9	8	7	6	6	5	5	4
C	25	22	17	14	12	10	9	8	7	6	6	5
D	29	25	19	16	13	11	10	9	8	7	7	6
E	32	27	21	17	15	13	11	10	9	8	8	7
F	36	31	24	19	16	14	12	11	10	9	8	8
G	40	34	26	21	18	15	13	12	11	10	9	
H	44	37	28	23	19	17	15	13	12	11	10	
I	48	40	31	25	21	18	16	14	13	12	11	
J	52	44	33	27	22	19	17	15	14	13	12	
K	57	48	36	29	24	21	18	16	14	13	12	
L	62	51	39	31	26	22	19	17	15	14	13	
M	67	55	41	33	27	23	21	18	16	15	14	
N	73	60	44	35	29	25	22	19	17	16	15	
O	79	64	47	37	31	26	23	20	18	17	16	
P	85	69	50	39	33	28	24	21	19	18	17	
Q	92	74	53	42	35	29	25	22	20	19	18	
R	100	79	57	44	36	30	26	23	21	20	19	
S	108	85	60	47	38	32	28	25	23	22	21	
T	117	91	63	49	40	34	30	27	25	24	23	
U	127	97	67	52	43	36	32	29	27	26	25	
V	139	104	71	54	45	38	34	31	29	28	27	
W	152	111	75	55	47	40	36	33	31	30	29	
X	168	120	80	60	50	43	39	36	34	33	32	
Y	188	129	85	65	54	47	43	40	38	37	36	
Z	205	140	90	70	58	50	46	43	41	40	39	

TABLE 1
NO DECOMPRESSION LIMITS AND GROUP DESIGNATION TABLE

NO DECOMPRESSION LIMITS
40

SAFETY STOP REQUIRED

IMPERIAL

PADI
padi.com
DISTRIBUTED BY
PADI AMERICAS, INC.

START OF SURFACE INTERVAL

CONTINUE ON OTHER SIDE

Fig. 7 - Tabela de mergulho PADI (Professional Association of Diving Instructors)

Conclusão

A prática do mergulho com ar comprimido tem vindo a crescer por todo o mundo e seguramente manterá esta tendência. É uma atividade indispensável para vários tipos de atividades profissionais, desde o campo da ciência e da investigação até à área militar e de resgate. Para além da sua utilidade nestas e outras áreas, o mergulho enquanto atividade lúdica é uma das melhores formas que o ser humano encontrou para conhecer em primeira mão os oceanos e a imensa biodiversidade que estes contêm. No entanto, a prática do mergulho envolve colocar o organismo em condições de pressão para as quais este não foi feito, o que acarreta vários riscos.

A Doença da Descompressão é uma das doenças mais prevalentes na prática do mergulho, podendo manifestar-se de maneiras muito variadas, pelo que é sempre um diagnóstico a ter em conta à mínima suspeita. Os sintomas vão desde *rash* cutâneo, dor articular, dispneia e tosse até parestesias, alterações visuais e perda de consciência. Os sintomas do aparelho auditivo, como vertigens e perda auditiva, fazem diagnóstico diferencial com o barotrauma do ouvido interno e os sintomas cerebrais com a embolia gasosa arterial.

Quando a Doença da Descompressão se instala, o único tratamento é a recompressão em câmaras de oxigénio hiperbárico e mesmo este pode não conseguir evitar sequelas permanentes. Desta forma, para evitar esta e outras doenças decorrentes da prática do mergulho e garantir que esta seja segura e inócua, devem-se respeitar os limites de profundidade e duração do mergulho impostos pelas principais agências de mergulho.

Agradecimentos

Gostaria de agradecer em primeiro lugar ao meu orientador, o Dr. Marco António Cabrita Simão e ao Prof. Dr. Óscar Dias por me terem dado a possibilidade de poder desenvolver este trabalho no âmbito da área de ORL e pelo entusiasmo com que acolheram e apoiaram a minha proposta.

Gostaria também de agradecer à minha família por todo o apoio prestado não só ao longo destes 6 anos do curso de Medicina, mas por toda a educação que me deram e todas as oportunidades que me proporcionaram ao longo da minha vida e que fizeram de mim a pessoa que sou hoje. À minha mãe agradeço ainda ter-me iniciado na prática do mergulho, que foi a inspiração por detrás deste trabalho.

Finalmente, gostaria também de agradecer a todos os meus amigos que me acompanharam nesta caminhada, alguns nestes últimos 6 anos de Medicina, outros desde os tempos da escola, e outros desde o berço; alguns na mesma cidade que eu, outros espalhados pelo Mundo.

Bibliografia

1. Richardson, D. et. a. (1999). PADI Manual Open Water Diver.
2. Richardson, D. (2003). Taking “tec” to “rec”: the future of technical diving. *South Pacific Underwater Medicine Society (SPUMS)*, 33(4), 202–205.
3. Levine, I. N. (1978). *Physical Chemistry*. University of Brooklyn: McGraw-Hill.
4. Silberberg, M. S. (2009). *Chemistry: the molecular nature of matter and change* (5th ed.). Boston: McGraw-Hill.
5. Henry, W. (1803). *Experiments on the quantity of gases absorbed by water, at different temperatures, and under different pressures*. *Phil. Trans. R. Soc. Lond.* 93: 29–274
6. Lynch, J. H., & Deaton, T. G. (2014). Barotrauma With Extreme Pressures in Sport. *Current Sports Medicine Reports*, 13(2), 107–112.
7. Arieli, R., & Marmur, A. (2013). Dynamics of gas micronuclei formed on a flat hydrophobic surface, the predecessors of decompression bubbles. *Respiratory Physiology & Neurobiology*, 185(3), 647–652.
8. Papadopoulou, V., Evgenidis, S., Eckersley, R. J., Mesimeris, T., Balestra, C., Kostoglou, M., Karapantsios, T. D. (2015). Decompression induced bubble dynamics on ex vivo fat and muscle tissue surfaces with a new experimental set up. *Colloids and Surfaces B: Biointerfaces*, 129, 121–129.
9. G. A. Brock-Fisher, *Ultrasound device to detect caisson’s disease*, Mar. 2004. US Pat. 6699191
10. Møllerløkken, A., Breskovic, T., Palada, I., Valic, Z., Dujic, Z., & Brubakk, A. O. (2011). Observation of increased venous gas emboli after wet dives compared to dry dives. *Diving and Hyperbaric Medicine*, 41(3), 124–8
11. Boussuges, A., Succo, E., Juhan-Vague, I., & Sainy, J. M. (1998). Activation of coagulation in decompression illness. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 69(2), 129–32.

12. Pontier, J.-M., Jimenez, C., & Blatteau, J.-E. (2008). Blood platelet count and bubble formation after a dive to 30 msw for 30 min. *Aviation, Space, and Environmental Medicine*, 79(12), 1096–9.
13. Shreeves, K. Lewis, J. (2006). *Encyclopedia of Recreational Diving, 3rd edition*. United States: PADI
14. Henedige, T., Chow, W., Ng, Y. Y., Chung-Tsing, G. C., Lim, T. C., & Kei, P. L. (2012). MRI in spinal cord decompression sickness. *Journal of Medical Imaging and Radiation Oncology*, 56(3), 282–288.
15. Foster, P. P., & Butler, B. D. (2009). Decompression to altitude: assumptions, experimental evidence, and future directions. *Journal of Applied Physiology*, 106(2).
16. Nakayama, H., Shibayama, M., Yamami, N., Togawa, S., Takahashi, M., & Mano, Y. (2003). Decompression sickness and recreational scuba divers. *Emergency Medicine Journal: EMJ*, 20(4), 332–4.
17. Honek, T., Veselka, J., Tomek, A., Srámek, M., Janugka, J., Sefc, L., ... Novotný, S. (2007). [Paradoxical embolization and patent foramen ovale in scuba divers: screening possibilities]. *Vnitřní Lekarství*, 53(2), 143–6.
18. Doolette, D. J., & Mitchell, S. J. (2003). Biophysical basis for inner ear decompression sickness. *Journal of Applied Physiology*, 94(6), 2145–2150.
19. Nachum, Z., Shupak, A., Spitzer, O., Sharoni, Z., Doweck, I., & Gordon, C. R. (2001). Inner Ear Decompression Sickness in Sport Compressed-Air Diving. *The Laryngoscope*, 111(5), 851–856.
20. Klingmann, C. (n.d.). Inner ear decompression sickness in compressed-air diving. *Undersea & Hyperbaric Medicine: Journal of the Undersea and Hyperbaric Medical Society, Inc*, 39(1), 589–94.
21. Gempp, E., & Louge, P. (2013). Inner ear decompression sickness in scuba divers: a review of 115 cases. *European Archives of Oto-Rhino-Laryngology*, 270(6), 1831–1837.

22. Longphre JM, Denoble PJ, Moon RE, Vann RD, Freiburger JJ. (2007). First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. *Undersea Hyperb Med.* 34(1):43-9
23. Brubakk A, Neuman T. (2003). *Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving*. 5th ed. Great Britain: Elsevier Science Limited; cap 10.
24. Navy Department. Diving Medicine and Recompression Chamber Operations. *US Navy Diving Manual*. Rev 4. Washington DC: 1999. 5
25. Van Der Wal, A. W., Van Ooij, P. J. A. M., & De Ru, J. A. (2016). Hyperbaric oxygen therapy for sudden sensorineural hearing loss in divers. *The Journal of Laryngology & Otology*, 130(11), 1039–1047.