

GOVERNO DO ESTADO DO ESPÍRITO SANTO

CORPO DE BOMBEIROS MILITAR



MANUAL
ENFERMIDADE DESCOMPRESSIVA - ED ou MAL
DESCOMPRESSIVO - MD (Doença Descompressiva - DD
e Lesões Causadas pela Síndrome da Hiperextensão
Pulmonar - SHP) e 1º SOCORROS ESPECÍFICOS



CDAА – DIRETORIA DE MERGULHO AUTÔNOMO

2012

SUMÁRIO

| | |
|--|----|
| 1. INTRODUÇÃO | 03 |
| 2. DOENÇA DESCOMPRESSIVA (DD) | 03 |
| 2.1. Classificação da Doença Descompressiva | 06 |
| 2.1.2 Outros Tipos de Sintoma | 09 |
| 2.1.3. Prevenção da DD | 10 |
| 3. SÍNDROME DA HIPEREXTESÃO PULMONAR (SHP)..... | 13 |
| 3.1. Embolia Arterial Gasosa (EAG) | 15 |
| 3.1.2. Enfisema Mediastinal | 17 |
| 3.1.3. Enfisema Subcutâneo | 17 |
| 3.1.4. Pneumotórax | 17 |
| 3.2. Prevenção da SHP | 17 |
| 4. COMPARAÇÃO DE SINTOMAS | 18 |
| 5. PRIMEIROS SOCORROS DA DD e SHP | 19 |
| 5.1 A importância do oxigênio | 20 |
| 5.2 Sequência de procedimentos | 20 |
| 5.3 Exame neurológico de campo | 23 |
| 6. RECOMPRESSÃO NA ÁGUA | 24 |
| 7. CONCLUSÃO | 27 |
| 8. REFERÊNCIAS, BIBLIOGRAFIA e AGRADECIMENTO | 30 |

ANEXOS

| | |
|---|----|
| TABELA DOPPLER DE LIMITES NÃO DESCOMPRESSIVOS BASEADOS NA | |
| TABELA DE MERGULHO <i>U.S.NAVY</i> | 32 |
| TABELA DE PROFUNDIDADE CORRIGIDA PARA ALTITUDE | 34 |

1. INTRODUÇÃO

Este manual se dedica exclusivamente ao tema Enfermidade Descompressiva (ED) ou Mal Descompressivo (MD), nomenclatura que abrange a Doença Descompressiva (DD) e a Síndrome da Hiperextensão Pulmonar (SHP), moléstias causadas pelo efeito da pressão no organismo do mergulhador e que devido à sua gravidade, exigem um pronto e eficaz atendimento por parte das equipes de mergulho e de atendimento pré-hospitalar.

Pela natureza insalubre e perigosa das atividades de mergulho autônomo na área de segurança pública, torna-se imprescindível a manutenção de equipes treinadas na primeira resposta a um acidente de mergulho do tipo ED/MD, bem como a manutenção de um serviço médico especializado que se responsabilize pela manutenção dos exames de saúde necessários à atividade e ao cumprimento das normas vigentes.

Ainda que ocorrências desse tipo sejam muito baixas, uma vez que venham a ocorrer, a demora no atendimento ou a falta de padronização nos procedimentos de resgate, transporte e tratamento provavelmente trará consequências severas e até mesmo o óbito do militar acidentado.

A nomenclatura **Enfermidade Descompressiva** ou **Mal Descompressivo** é utilizada para identificar tanto as lesões causadas pela Doença Descompressiva - DD, como as lesões causadas pela Síndrome da Hiperextensão Pulmonar - SHP (embolia, enfisema mediastinal, enfisema subcutâneo e pneumotórax) e surgiu uma vez que seus sintomas se justapõem e os mesmos primeiros socorros são administrados para todos os dois casos.

2. DOENÇA DESCOMPRESSIVA (DD)

Os primeiros relatos da Doença Descompressiva (DD) em humanos surgiram em meados do século XIX, em trabalhadores de minas pressurizadas e apenas em 1878, o fisiologista francês Paul Bert compreendia e preconizava métodos para evitar a DD: Tempo de exposição curto e subida lenta e uniforme.

Neste ínterim alguns apelidos surgiam. Primeiro como Mal dos Caixões, pela sua ocorrência em trabalhadores de caixas pressurizadas, usadas para permitir que trabalhassem a seco em leitos de rios na construção de túneis e pontes. Depois, como BENDS¹ (do Inglês “dobrar”), pois trabalhadores de caixões pressurizados de uma determinada ponte comparavam a postura que os afetados apresentavam com a maneira com que as mulheres da moda daquela época caminhavam.

A primeira descrição de ED com mergulhadores foi registrada na Inglaterra, em 1834, durante mergulho de recuperação de um artefato militar: *“...em consequência ele se lesionou severamente enquanto mergulhava, não por nenhum acidente e sim pelo seu extraordinário afinco que o induziu a se superar e permanecer muito tempo debaixo d’água, o que lhe causou certo tipo de paralisia em metade do corpo...”*²

No caso dos mergulhadores, a luz só surgiu em 1908, quando o fisiologista escocês, Dr. John Scott Haldane, a serviço da Marinha Real britânica, com fins militares, criava as primeiras tabelas de mergulho e a Teoria Básica da Descompressão, permitindo que mergulhadores da marinha inglesa fizessem imersões de até 60 metros de profundidade, sem consequências descompressivas.

A Doença Descompressiva (DD) é causada pelo excesso de nitrogênio, ou outro gás inerte usado na mistura respiratória, geralmente o gás Hélio (He), dissolvido nos tecidos do corpo humano em decorrência da permanência do indivíduo em condições hiperbáricas. A quantidade de nitrogênio (N₂) ou de outros gases inertes que se dissolve nos tecidos aumenta proporcionalmente ao aumento da pressão ambiente.

Segundo a lei de Henry (1801), a solubilidade de um gás em um líquido a temperatura constante é diretamente proporcional à pressão parcial que o gás exerce sobre o líquido, ou seja, quanto maior a pressão exercida pelo gás, maior

¹ “The Grecian Bend” Woodward CM. A history of the St. Louis River Bridge. Jones e Co., 1881, p 392.

² Diving operations on the Royal George – 1834 Major General Sir Charles Willian Pasley FRS KCB (1780-1860)

será sua dissolução no líquido, sendo o sangue o transportador dessa sobrecarga gasosa, que vai saturando gradativamente os tecidos.

A doença descompressiva tem como gatilho as bolhas de gás inerte (N_2 no caso de mergulhos cuja mistura respiratória seja ar comprimido), que se expandem no sangue e/ou nos tecidos do corpo, causando efeitos intravasculares (isquemia, trombose, espasmo vascular, estase venosa e hemorragia) e extravasculares (lesão tissular, síndrome compartimental, isquemia e hemorragia). O efeito dessas bolhas pode ser mecânico (compressão tecidual, obstrução do fluxo sanguíneo, entre outros) ou bioquímico (agregação de plaquetas e linfócitos, aumento da viscosidade sanguínea, entre outros). Podemos dizer que não há doença descompressiva se não houver formação de bolhas. Mas não podemos dizer que toda formação de bolhas gera DD, pois via de regra, após todo mergulho se encontram bolhas no sangue venoso do mergulhador (percebidas por um tipo de ultra sonografia – Medidor de Fluxo Ultrassônico Doppler), sem que ocorra qualquer moléstia.

Quando mergulhamos, à medida que descemos, vamos dissolvendo gás inerte no sangue e nos tecidos em razão direta da profundidade, em consequência da pressão. Quando começamos a subir, se a pressão diminui abruptamente em decorrência de uma subida rápida, o gás dissolvido nos tecidos sai para o sangue, favorecendo a formação de bolhas.

Quanto mais descemos, respiramos mais gás sob pressão. A dez metros de profundidade, respiramos o dobro de pressão de ar, e em consequência, de N_2 . O gás inerte é absorvido pela respiração, daí para os alvéolos, para o sangue e para os tecidos.

A maneira com que o N_2 é distribuído pelo corpo envolve três fatores: difusão, perfusão e afinidade.

Difusão: é a tendência de um gás passar de uma área de maior concentração para uma área de menor concentração, em razão da diferença (gradiente) de pressão, até que haja equilíbrio. Quanto mais fundo, mais gás é absorvido. Se um mergulhador ficar muito tempo em uma dada profundidade, seu corpo irá se

saturar de N_2 . Ou seja, seu corpo já recebeu todo o N_2 possível, para aquela profundidade.

Perfusão: é a quantidade de sangue que cada tecido recebe, ou seja, alguns tecidos recebem mais sangue enquanto outros recebem menos. Uma vez difundido dos alvéolos para o sangue, o N_2 é difundido do sangue para os tecidos. Cada tecido vai receber sua carga de nitrogênio também em função da perfusão, ou seja, a quantidade de sangue que ele recebe.

Afinidade: para complicar um pouco, ainda existe um terceiro fator, quanto de afinidade um determinado tecido tem por N_2 . Isto é basicamente dado pela quantidade de gordura no tecido.

O corpo humano tem capacidade de lidar e eliminar o gás inerte, tanto na fase dissolvida como o gás na forma de bolhas, desde que o volume e a quantidade dessas bolhas seja limitado. As bolhas que chegam ao pulmão pela circulação venosa, podem ser filtradas e eliminadas junto com o gás na forma dissolvida. Essa eliminação será proporcional à capacidade do filtro pulmonar de cada indivíduo. A DD irá ocorrer quando a velocidade de descompressão exceder a possibilidade do organismo eliminar o excesso de gás inerte através dos processos de perfusão e difusão citados anteriormente.

2.1 CLASSIFICAÇÃO DA DOENÇA DESCOMPRESSIVA - DD

É importante ressaltar que a classificação da DD serve como uma forma didática de entendimento dessa moléstia e como forma de direcionar o tratamento do acidentado no ambiente hospitalar. Porém, o mecanismo de evolução do quadro clínico é dinâmico, podendo haver progressão dos sintomas ou mesmo a presença dos dois tipos.

Como as bolhas de N_2 podem se formar em diversas áreas do corpo, os sinais e sintomas também podem variar. Podem ser classificados em categorias de similaridade fisiológica como:

Quanto aos sintomas

- **DD Tipo 1**

Quando as dores são o único sintoma, podendo incluir ou não manifestações cutâneas e linfáticas como: inchaços, coceiras, irritações e pele marmórea.

As dores geralmente se localizam nos membros superiores (cotovelos) e inferiores (joelhos), mas os ombros, os punhos e as coxas também podem ser afetados. Os tendões, a princípio, são os locais onde as bolhas se localizam, pois são tecidos aquosos (irrigados) e, conseqüentemente, propensos a formação de bolhas. Geralmente a DD do tipo I responde bem ao tratamento hiperbárico, com menos probabilidade de deixar sequelas.

Distribuição percentual de apresentação de sintomas:

| LOCALIZAÇÃO | % |
|----------------------------|----------|
| Membros Superiores | 53,0 |
| Membros Inferiores | 27,1 |
| Região lombar | 6,4 |
| Região cefálica e cervical | 4,7 |
| Região torácica | 4,3 |
| Região abdominal | 3,4 |

Tabela 1: Distribuição percentual de apresentação dos sintomas - Fonte: Artigo: As doenças descompressivas no mergulho autônomo, escrito pelo Dr. Paulo Roberto Silveira.

- **DD Tipo 2**

Quando os sintomas estão associados ao sistema nervoso central, variando desde alteração de sensibilidade (parestesia) até a perda parcial dos movimentos (paresia), podendo chegar à paralisia, passando por outras alterações neurológicas como: perda da fala (afasia), dores de cabeça, alterações visuais e no sistema excretor. A ocorrência da DD tipo II é muito mais séria que a do tipo I, pois tem um potencial de deixar sequelas muito mais graves. Geralmente requerendo mais de uma sessão de tratamento hiperbárico.

Quanto à gravidade

Além da classificação da DD em tipo I (dores articulares) e do tipo II (sintomas neurológicos), a *Divers Alert Network* (DAN), introduziu em 2002, a classificação de gravidade dos sintomas. Esse sistema de classificação, baseado na percepção dos médicos na avaliação pré-tratamento de vítimas de DD e da síndrome da hiperextensão pulmonar, foi chamado de Índice de Gravidade Percebida (IGP). O sistema foi dividido em seis níveis de gravidade:

- **Nível I - Sintomas neurológicos graves-** Disfunção na bexiga e/ou intestino, dificuldade em andar e/ou movimentos descoordenados, nível de consciência alterado, alterações auditivas, tonturas, dificuldade em falar, perda de memória, alteração de humor, dificuldade de orientação, reflexos alterados, fraqueza parcial em um dos lados do corpo, fraqueza muscular, paraplegia e alterações visuais.
- **Nível II - Sintomas cardiopulmonares-** Batimentos cardíacos irregulares, palpitações, tosse, tosse com sangue, respiração curta, alterações respiratórias e mudanças na voz.
- **Nível III - Sintomas neurológicos brandos-** Alterações de sensibilidade (parestesia), sensação de torpor, dormência e contrações involuntárias.
- **Nível IV - Dores-** Dores, câibras, desconforto, dor nas articulações, espasmos musculares e rigidez.
- **Nível V - Sintomas linfáticos e cutâneos-** Alterações linfáticas, inchaços, irregularidades cutâneas, queimação da pele, coceiras e alterações cutâneas diversas.
- **Nível VI - Sintomas não específicos-** Vertigem, tontura, fadiga, dor de cabeça, calafrios, náuseas, sudorese, sensação de cabeça pesada ou leve, indisposição e insônia.

Na maioria dos casos a DD ocorre na superfície dentro de trinta minutos a duas horas depois do mergulho. Entretanto ela pode ocorrer até mesmo debaixo d'água

durante a subida, antes do término do mergulho, ou pode demorar de 48 a 72h para os sintomas se manifestarem.

Um estudo de 923 casos de mergulhadores com doença descompressiva, Rivera encontrou as seguintes distribuições percentuais:

| TEMPO DECORRIDO | Nº DE CASOS | % |
|-------------------------|--------------------|------------|
| Durante a descompressão | 85 | 9,1 |
| Durante a 1ª hora | 426 | 45,6 |
| Entre 1 e 2 horas | 113 | 12,1 |
| Entre 3 e 6 horas | 182 | 19,5 |
| Entre 7 e 12 horas | 72 | 6,6 |
| Entre 25 e 36 horas | 3 | 0,3 |
| Desconhecido | 42 | 4,5 |
| Total | 923 | 100 |

Tabela 2: Distribuição percentual de manifestação dos sintomas X tempo decorrido após o mergulho - Fonte: Artigo: As doenças descompressivas no mergulho autônomo, escrito pelo Dr. Paulo Roberto Silveira.

2.1.2 OUTROS TIPOS DE SINTOMAS

Podem ocorrer outros sintomas relacionados a tipos e perfis específicos de mergulho autônomo como o Técnico, com o uso de misturas trimix (hélio, oxigênio e nitrogênio), utilizadas para mergulhos mais profundos que cinquenta metros.

Como o de Saturação, realizado por mergulhadores comerciais e em atividades econômicas que requerem imersões diárias, onde esses mergulhadores realizam mergulhos repetitivos em condições adversas como água fria (abaixo de 10°C), esforço físico extenuante e perfis do tipo “ioiô” ou “dente de serra”, tais como os executados por trabalhadores de fazendas de salmão no Chile.

Esses sintomas podem se apresentar como:

- **Sintomas vestibulares-** Incluem sintomas que envolvem disfunções no sistema vestibular, localizado na orelha interna, causando náuseas, vômitos, tonturas, alteração no nervo ótico (nistagmo) e na audição. Também é classificado como DD do tipo II, pois normalmente aparecem junto a outros tipos de sintomas neurológicos. Contudo, casos de doença descompressiva em que os sintomas vestibulares são os únicos presentes têm sido relacionados ao mergulho

técnico, em profundidades superiores a 100m, com sérios riscos para o mergulhador, visto que na maioria das vezes, ele fica incapacitado de cumprir a descompressão pelo aparecimento de tonturas giratórias e vômitos, podendo levar ao afogamento.

- **Sintomas pulmonares-** Sensação de garganta dolorida, tosse, dor torácica, dispnéia, hipertensão pulmonar, inconsciência e insuficiência respiratória podem ocorrer pela reação vascular causada pelas bolhas formadas nas mucosas das membranas do sistema traqueobrônquico. Essa reação é conhecida com “choke” (sufocação), sendo raro o seu aparecimento, principalmente em imersões com exposições curtas aos gases de fundo.
- **Lesões no tecido ósseo-** As osteonecroses, popularmente conhecidas como enfraquecimento dos ossos, podem ocorrer principalmente nos ossos longos do corpo. Este tipo de manifestação de DD era raro e só costumava se manifestar em mergulhadores com histórico de repetidos procedimentos descompressivos durante anos e mergulhos de saturação. Porém, começa a se tornar cada vez mais comum em certas regiões do Chile que apresentam mergulhadores atuando em atividades econômicas ligadas as fazendas de salmão. Esse tipo de lesão normalmente é detectado por meios de exames radiográficos ou ressonância magnética.

2.1.3. PREVENÇÃO DA DD

Para diminuir o risco de desenvolver DD use com precisão a tabela ou computador de mergulho, eles procuram prever a diminuição de pressão de maneira gradual e aceitável, sem que se formem bolhas nocivas ao organismo, porém, além disso, siga outras práticas de segurança:

- Nunca mergulhe até os limites não descompressivos (LND) das tabelas, sempre deixe uma margem de segurança antes de alcançar qualquer limite da tabela ou computador;
- Respeite a velocidade de 18 metros por minuto na subida, (velocidades menores são aceitas);

- Tenha em mente que devido às diferenças fisiológicas e suscetibilidade entre as pessoas, nenhuma tabela ou computador poderá garantir que uma DD nunca ocorrerá.

Mesmo mergulhando dentro dos limites das tabelas de mergulho, atualmente há 10 fatores que se acredita favorecerem o surgimento da DD em mergulhadores. Quanto mais os fatores abaixo aplicarem-se a você, mais conservador deverá ser o planejamento de mergulho.

1) Idade- O sistema circulatório se torna menos eficiente, dificultando a eliminação do N_2 e há a tendência de ganho de peso com o envelhecimento;

2) Gordura- Experiências com animais e prática de trabalhos sob o ar comprimido têm demonstrado que a doença descompressiva ocorre mais entre os indivíduos obesos, devido à maior solubilidade do N_2 nos tecidos gordurosos e ainda por serem pobremente vascularizados, dificultam a liberação do gás inerte na volta à superfície;

3) Esforço Físico- Apesar de alguns autores afirmarem que o exercício físico moderado até 24 horas antes do mergulho tenha efeito protetor e durante a descompressão melhore a circulação sanguínea ajudando a eliminar o excesso de N_2 , admite-se atualmente que exercício físico realizado após o mergulho predisponha ao aparecimento da doença descompressiva, não só pelo aumento do nível de gás carbônico (CO_2), como pela elevação da circulação sanguínea devendo ser evitado por no mínimo duas horas após a imersão.

4) Lesões e Doenças- Podem afetar a circulação no local lesionado como também a habilidade em eliminar N_2 , provavelmente por um mecanismo de cavitação sanguínea dos tecidos lesados;

5) Desidratação- Estudos recentes concluíram que a ingestão reduzida de líquidos e o débito urinário baixo são elementos importantes na gênese desse acidente, além de reduzir a quantidade de fluídos disponíveis para ajudar na eliminação de N_2 ;

6) Álcool- Antes do mergulho contribui na desidratação e depois altera a circulação, aumentando a fração de gordura no sangue. Além disso, tem potencial de quebrar a tensão dos líquidos, facilitando o crescimento de bolhas;

7) Água fria- Prejudica a circulação nas extremidades, afetando a eliminação de N_2 ;

8) Banhos quentes ou saunas- Imediatamente após o mergulho causa vaso dilatação nos capilares da pele, alterando a circulação e conseqüentemente modificando a maneira com que o gás inerte é eliminado;

9) Aumento do CO_2 - Interfere na capacidade do sangue em transportar N_2 . No caso do mergulho é causado por ventilações inadequadas (respiração errada), ou por cansaço físico;

10) Exposição à altitude- Voar ou dirigir para altitudes depois de mergulhar, ou mergulhar em altitude requer cuidados especiais, já que as tabelas consideram a superfície estando ao nível do mar.

A exposição à altitude diminui a pressão circundante, permitindo a formação de bolhas que não ocorreriam no nível do mar. Deve-se esperar um intervalo mínimo de 12 horas na superfície antes de subir a altitudes mais elevadas ou voar. Se forem realizados mergulhos múltiplos diários o intervalo mínimo de superfície deve ser de 18 horas. Para mergulhos que requeiram procedimento descompressivo de emergência o intervalo mínimo de superfície é de 24 horas.

Embora em mergulhos não descompressivos haja uma pequena possibilidade de que um mergulhador desenvolva DD, é importante lembrar que:

UM DOS MOTIVOS QUE PODE LEVAR O MERGULHADOR A DESENVOLVER DD É UM ERRO DO PRÓPRIO MERGULHADOR E O DESRESPEITO ÀS REGRAS DE SEGURANÇA.

Esses erros incluem não usar ou usar de forma errada as tabelas, velocidade de subida inadequada e monitoramento impreciso do tempo de fundo e profundidade.

3. SÍNDROME DA HIPEREXTENSÃO PULMONAR (SHP)

Na década de 30 do século passado, foram relatadas mortes de militares durante programa de treinamento de evasão de submarinos da Marinha dinamarquesa. A análise dos casos revelou embolia arterial por ar decorrente de barotrauma pulmonar como causa dos óbitos, suscitando um melhor entendimento da sua fisiopatologia. Os casos foram relatados separadamente da bem conhecida doença descompressiva.

Essa lesão é resultante de prender a respiração durante a subida para a superfície ou profundidades menores, ou então quando uma condição fisiológica, tal como mergulhar em estado gripal, faz com que o gás comprimido fique preso nos pulmões durante uma condição de diminuição de pressão.

Segundo a Lei de Boyle (1662), o volume ocupado por um gás é inversamente proporcional à sua pressão. Logo, se um mergulhador realiza uma inspiração de 05 litros de ar comprimido a 10 metros de profundidade, ao subir para a superfície sem exalar o gás inspirado aos 10 metros, chega com o dobro de volume em seus pulmões. Isso acarreta uma sobrepressão pulmonar com ruptura alveolar e enfisema intersticial, uma vez que há acúmulo de ar no tecido conjuntivo dos pulmões, mediastino ou subcutâneo.

| Profundidade | Pressão | Volume | Densidade |
|--------------|---------|--------|-----------|
| 0 | 1 atm | 1 | x1 |
| 10 metros | 2 atm | 1/2 | x2 |
| 20 metros | 3 atm | 1/3 | x3 |
| 30 metros | 4 atm | 1/4 | x4 |
| 40 metros | 5 atm | 1/5 | x5 |

Tabela 3: Relação entre profundidade, pressão, volume e densidade dos gases. Fonte: Química e Física do mergulho / Parte II – Miguel Helfrich.

A causa mais comum de lesões relacionadas à expansão excessiva dos pulmões é o esgotamento do suprimento da mistura respiratória, causado na maioria das vezes pelo mau gerenciamento de gás, que faz com que o mergulhador ao invés de reagir de acordo com o seu treinamento, entre em pânico e faça uma subida rápida retendo gás comprimido em seus pulmões.

Porém, uma operação de reflutuação mal conduzida com a subida descontrolada do mergulhador, bem como o desrespeito a uma das regras básicas do mergulho autônomo (respirar lenta, profunda e continuamente e nunca fazer apnéia quando respirar gás comprimido), também pode ser a causa desse tipo de acidente.

Mergulhos em locais de refluxo ou mergulhos rasos com ondulações (comuns em praias de mar aberto) devem ser realizados com cuidado devido às variações bruscas e involuntárias de profundidade, pois a expansão excessiva dos pulmões pode ocorrer até em profundidades pequenas.

É importante ressaltar que o maior risco de ocorrência desse tipo de lesão é perto da superfície, nos primeiros dez metros da coluna d'água.

Isso porque é aí onde ocorrem as maiores variações de volume, ou seja, a taxa de expansão do volume da mistura gasosa se torna maior com a diminuição da pressão ambiente.

Um aumento de pressão intrapulmonar de 80 mm de mercúrio força o gás utilizado na mistura respiratória nos capilares pulmonares. Considerando que 1 pé de água salgada (30,48 cm) é o equivalente a 23 mm de mercúrio de pressão, a subida para a superfície sem exalar de uma profundidade menor de 4 pés de água salgada (1,22 m) com os pulmões cheios de ar pressurizado pode produzir dano pulmonar em decorrência da SHP.

Uma subida de uma profundidade de 100 pés (30,4m) para 96 pés (29,2 m) produz menos expansão de volume da mistura gasosa dentro do pulmão do que de 1,22 m para a superfície. As maiores taxas de mudança de volume de uma mistura gasosa ocorrem mais perto da superfície, o que impõe maior perigo e requer maior cuidado.

Em qualquer situação, seja o gás aprisionado por se prender a respiração, seja em decorrência de uma condição fisiológica qualquer, a mistura respiratória em expansão pode lacerar os pulmões, soltando bolhas de gás nos tecidos do corpo que podem causar quatro lesões distintas: EMBOLIA, ENFISEMA MEDIASTINAL, ENFISEMA SUBCUTÂNEO e PNEUMOTÓRAX. Estas condições podem ocorrer independentemente, ou mais de uma ao mesmo tempo.

3.1 EMBOLIA ARTERIAL GASOSA (EAG)

A mais comum e a mais séria dessas lesões é a embolia, também conhecida como embolia traumática pelo ar (ETA) e mais recentemente como embolia arterial gasosa (EAG). Ocorre quando a mistura gasosa em expansão respirada pelo mergulhador, devido à variação de pressão, escapa dos alvéolos e penetra nos capilares pulmonares.

A mistura respiratória forma bolhas que viajam pelo sistema circulatório passando pelo coração, atingindo o suprimento sanguíneo e alojando-se nos tecidos do corpo, onde impedem a circulação do sangue.

Dessa forma, os sintomas da EAG variam dependendo de onde as bolhas se alojam. Os sintomas mais sérios e também os mais comuns são o resultado de dessas bolhas atingindo o cérebro através das artérias carótidas, impedindo a circulação e privando os tecidos cerebrais de oxigênio (O₂).

Esses sintomas aparecem rapidamente, geralmente em até cinco minutos e são similares a um derrame cerebral. O mergulhador pode ter visão obscurecida, tonteira, perda súbita de consciência e perda de coordenação. Os sinais incluem saliva espumante e sangrenta, falta de ar, tosse, alteração de personalidade, parada respiratória (PR) ou parada cardio respiratória (PCR).

As distribuições percentuais nesse tipo de acidente são:

| MANIFESTAÇÕES | Nº DE CASOS | % |
|-----------------------|--------------------|----------|
| Perda de consciência | 25 | 81 |
| Dor torácica | 09 | 29 |
| Vômitos | 09 | 29 |
| Incapacidade evidente | 07 | 23 |
| Hemoptise | 07 | 23 |
| Alterações sensitivas | 06 | 19 |
| Parada cardíaca | 05 | 16 |
| Cefaléia | 05 | 16 |
| Alterações visuais | 04 | 16 |
| Tonturas | 03 | 10 |
| Náuseas | 03 | 10 |
| Dor abdominal | 01 | 03 |
| Dor articular difusa | 03 | 03 |

Tabela 4: Distribuição percentual dos tipos de manifestação - Fonte - Neuman, Tom S (2003). "10.5: Arterial Gas Embolism and Pulmonary Barotrauma".

3.1.2. ENFISEMA MEDIASTINAL

Ocorre quando a mistura gasosa em expansão respirada pelo mergulhador, após rompimento dos bronquíolos, fica alojada na cavidade entre os pulmões (mediastino), comprimindo o coração e os pulmões. Os sinais e sintomas incluem dor sob o osso esterno, dispnéia, choque e cianose. Embora menos grave que a embolia, o enfisema mediastinal requer atenção devido ao comprometimento de órgãos vitais.

3.1.3. ENFISEMA SUBCUTÂNEO

Ocorre quando a mistura gasosa em expansão respirada pelo mergulhador, após rompimento dos alvéolos, se acumula sob a pele ao redor do pescoço e da clavícula. Os sinais e sintomas incluem dilatação na área ao redor do pescoço, mudança na voz, edema no pescoço, dificuldade em engolir e uma sensação “crocante” quando a pele é movida.

3.1.4. PNEUMOTÓRAX

Ocorre quando a mistura gasosa em expansão respirada pelo mergulhador escapa pelos alvéolos, ocupa e força o espaço entre os pulmões e a parede do tórax (cavidade pleural). Quando o pneumotórax é grande, ele pode fazer com que o coração se desloque. Os sinais e sintomas são: dor intensa no peito, dispnéia e pulso irregular.

3.2. PREVENÇÃO DA SÍNDROME DA HIPEREXTENSÃO PULMONAR

Para reduzir os riscos de desenvolver uma SHP, alguns cuidados devem ser tomados pelos mergulhadores, tais como:

- Manter-se treinado nos procedimentos de emergência em situações de falta de gás, incluindo a subida livre controlada e boiada de emergência;
- Durante as subidas manter controle de fluabilidade, dedicando especial atenção na liberação de ar do colete equilibrador;
- Realizar um minucioso gerenciamento de gás e nunca fazer apnéia durante mergulhos com qualquer tipo de gás comprimido;

- Realizar com cautela mergulhos em locais de refluxo devido às variações bruscas e involuntárias de profundidade;
- Informe antecipadamente a quem de direito, a impossibilidade de atuar em atividades subaquáticas em caso de condições fisiológicas desfavoráveis devido a patologias das vias aéreas.

4. COMPARAÇÃO DE SINTOMAS

Em relação à situação de mergulho associada à SHP, devemos saber se houve pânico ou manobras que levaram o mergulhador a prender a respiração na subida em qualquer profundidade. Havendo dano no sistema nervoso central, ele é geralmente cerebral e com as manifestações pertinentes a essa localização. Além das manifestações neurológicas, há aquelas próprias do comprometimento pulmonar também já mencionadas. Já na DD, realizando-se um levantamento do que ocorreu durante o mergulho, geralmente é constatado que o mergulhador excedeu o tempo de fundo máximo permitido para determinada profundidade de acordo com o indicado nas tabelas de mergulho.

Em relação às manifestações neurológicas, no caso da doença descompressiva, elas são geralmente decorrentes do comprometimento do sistema nervoso central na medula e se evidencia perda total ou parcial de sensibilidade ou motricidade das extremidades. Em 50% dos casos, as manifestações ocorrem na primeira hora após o mergulho e, em 90%, nas primeiras 6 horas.

Manifestação dos sintomas:

SHP – Geralmente os sintomas se manifestam nos primeiros cinco minutos após a chegada do mergulhador a superfície.

DD – Tendem a demorar.

Sintomas mais comuns:

SHP – Perda de consciência súbita.

DD – Dor nas articulações, fadiga e parestesia.

Localização dos sintomas:

SHP – Geralmente em um lado do corpo.

DD – Geralmente em ambos os lados dos membros superiores ou inferiores.

Mudança nos sintomas:

SHP – Muitos melhoram com o resultado dos primeiros socorros.

DD – Os sintomas podem piorar com o passar do tempo, podendo começar com uma parestesia e evoluir para paralisia.

5. PRIMEIROS SOCORROS DA DD e SHP

O tratamento da enfermidade descompressiva possivelmente irá consistir na recompressão em câmara hiperbárica, visando reduzir o diâmetro das bolhas responsáveis pelo quadro clínico e provocar a reabsorção de seu conteúdo gasoso pelos tecidos circunjacentes, porém o primeiro atendimento a uma vítima desse tipo de acidente de mergulho pode fazer a diferença entre o sucesso no restabelecimento, uma lesão permanente ou mesmo a morte do mergulhador.

Quanto mais rápido e adequado for o atendimento e o tratamento, mais rápida será a regressão do quadro, mais completa será a recuperação e menor a probabilidade de complicações.

É de extrema relevância o conhecimento da informação de que a existência de uma câmara hiperbárica próxima ao acidente nem sempre será sinônimo de tratamento possível e adequado para uma ED, pois as Tabelas de Tratamento utilizadas na recompressão de um mergulhador acidentado requerem câmaras com capacidade e especificações próprias bem como um médico hiperbárico treinado nessas situações.

Tanto no Brasil quanto em outros países, a maior parte dos Centros de medicina hiperbárica estão voltados para a oxigenoterapia hiperbárica e tem pouca ou nenhuma experiência com tratamento de mergulhadores. Os pacientes de oxigenoterapia hiperbárica em geral são pacientes crônicos e por essa razão, a grande maioria dos Centros de medicina hiperbárica não possui equipes de plantão fora do horário normal de atendimento.

5.1 A IMPORTÂNCIA DO OXIGÊNIO

Dados contidos no Banco de Dados da DAN (1998 – 2003), com 2.231 casos de acidentes de mergulho, apontam que 50% dos mergulhadores acidentados que não receberam O₂ normobárico durante os primeiros socorros requereram mais de um tratamento recompressivo³, mergulhadores com quadros graves de DD apresentaram melhor resposta ao tratamento recompressivo quando receberam O₂ normobárico nos primeiros socorros antes do tratamento de recompressão⁴, apresentando nível de melhora dos sintomas em 51% dos acidentados⁵.

O objetivo da terapia com alta concentração de O₂ é facilitar a entrada desse gás no sangue, para chegando aos tecidos, suprir a demanda metabólica e acelerar a saída do gás inerte. Em última análise, o O₂ reduz o tamanho das bolhas, aumenta a oxigenação do fluxo sanguíneo tecidual e diminui a obstrução microvascular provocada pelas bolhas de gás inerte. Além disso, o oxigênio reduz a inflamação tecidual e reduz a sensação de falta de ar.

Tanto a DD como as lesões geradas pela expansão excessiva dos pulmões causam bolhas dentro do corpo. Sendo assim, podem ter sinais e sintomas similares e coincidentes, onde ambos exigirão os mesmos 1º SOS e possível tratamento em câmara hiperbárica.

5.2 SEQUÊNCIA DE PROCEDIMENTOS

Enquanto o paciente é conduzido até um hospital com UTI para estabilização ou câmara hiperbárica para tratamento definitivo, deverão ser adotados os seguintes procedimentos de primeiros socorros:

Em casos de sintomas não tão graves (DD tipo I) como fadiga, coceira, e erupção da pele proceda da seguinte forma:

- a) Administre O₂ a 100% através de máscara com válvula de demanda com fluxo livre (forma ideal), ou na ausência da válvula de demanda, através de

³ Longphre et al. First aid normobaric oxygen for treatment of recreational diving injuries. Undersea Hyperb Med 2007: 34(1)

⁴ Dick, A; Bennett, P; Miller, J. "Oxygen and Diving Accidents". Undersea Journal (Third Quarter 1983); 23.

⁵ Longphre et al. First aid normobaric oxygen for treatment of recreational diving injuries. Undersea Hyperb Med 2007: 34(1)

- máscara com reservatório sem recirculação com fluxo de 15 l/min. **NÃO** suspenda a administração de O₂ mesmo que o paciente apresente melhora no quadro clínico;
- b) Previna a hipotermia: retire a roupa de exposição do mergulhador, enxugue-o e cubra-o com manta aluminizada;
 - c) Coloque o paciente na posição de decúbito dorsal. Não permita que o paciente se levante ou se sente, foi constatado que os sintomas pioram significativamente.
 - d) Durante o transporte e/ou primeiro atendimento, **NÃO** utilize a posição de “Trendelemburg” (cabeça mais baixa que as pernas);
 - e) Administre líquidos não alcoólicos por via oral, preferencialmente água;
 - f) Monitore e avalie constantemente o aparecimento de sintomas mais sérios;
 - g) Não desconsidere sintomas que podem ter desaparecido com o uso do O₂, pois existem relatos do retorno dos mesmos após algumas horas;
 - h) Não desmonte o equipamento do paciente, anote todos os dados possíveis do mergulho (tempo de fundo, profundidade máxima alcançada, pressão do cilindro, mistura respiratória, etc...) e envie junto com o transporte para a orientação do médico hiperbárico;
 - i) Providencie o rápido deslocamento do paciente para o hospital mais próximo que possua UTI, quando então a equipe médica do hospital deverá ser orientada a realizar contato telefônico com a linha de emergência da DAN Brasil, **0800 684 9111** (Somente EMERGÊNCIA - ligação gratuita). A equipe médica de emergência da DAN orientará qual hospital naquele momento possui equipamento e profissionais habilitados a atender de forma definitiva o paciente.

Obs: O primeiro atendimento da ligação poderá ser em inglês e será necessário aguardar alguns minutos para que possa ser localizado um dos médicos que fale português e esteja de sobreaviso em regime de plantão à distância ou de um intérprete.

CASO NÃO HAJA MELHORA DENTRO DE 30 MINUTOS OU HAJA AGRAVAMENTO DOS SINTOMAS, PROCEDA COMO DESCRITO ABAIXO.

Em casos de sintomas mais sérios (DD tipo II), associados com dores articulares, dificuldades para ver e falar, dispnéia, diminuição ou perda de consciência, paralisia, convulsões ou tosse severa, **além** dos procedimentos de primeiros socorros listados acima, atente para:

- a) Mantenha a permeabilidade das VAS, com fornecimento de O₂ a 100%;
- b) Aplique RCP se necessário. Em caso de PCR, proceder RCP utilizando dispositivo bolsa-válvula-máscara (Ambu), dotado de reservatório conectado a fonte de oxigênio com fluxo de 15l/min;
- c) No caso de convulsões não contenha o paciente, apenas ampare sua cabeça e evite com que se machuque;
- d) Proteja o paciente do calor excessivo, frio e vapores nocivos (fumaça proveniente do motor da embarcação);
- e) Se a evacuação for por via aérea (helicóptero), oriente o piloto para a necessidade de voar na menor altitude possível, com máxima de 300 m. Em caso de aviões, a cabine deve estar pressurizada a 1 ATA (pressão do nível do mar).

Na falta da válvula de demanda com fluxo livre (forma ideal), a escolha deverá ser sempre pela máscara com reservatório sem reinalação, pelo fato de ser o meio apropriado para prover um fluxo de 15 litros por minuto e proporcionar uma concentração de 100% de oxigênio ao paciente. A máscara com reservatório reinalável é indicada para fluxos menores, de 6 a 10 litros por minuto, além de

prover apenas de 35 a 60% de oxigênio. A máscara simples é indicada para fluxos de 8 a 10 litros por minuto e provê de 40 a 60% de oxigênio e a cânula nasal é indicada para fluxos de 1 a 6 litros por minuto provendo apenas de 25 a 45% de oxigênio.⁶

A tradicional posição de deitar a vítima sobre o lado esquerdo do corpo, com a cabeça mais baixa, não tem mostrado benefício algum para mergulhadores sofrendo de DD. Ela pode surtir efeito benéfico em casos de SHP, mas deve ser interrompida, obviamente, se ventilações de socorro ou RCP se tornarem necessários. Contudo, em casos comprovados de lesões causadas por SHP, ela deve ser usada com cuidado e somente sob as seguintes orientações:

1. Ser utilizada somente nos 20 primeiros minutos iniciais do acidente, devendo ser interrompida se o paciente experimentar desconforto ou agravamento dos sinais/sintomas;
2. Se você estiver em dúvida se o paciente está sofrendo de DD ou lesão por SHP, ou sobre como administrar esta posição, não a utilize.

Pacientes conscientes devem ser orientados a não se sentarem durante os primeiros socorros ou o transporte até serem orientados do contrário por um médico e durante o tempo em que a busca pelo Centro de medicina hiperbárica é feita, é importante que o paciente seja mantido respirando oxigênio com concentração inspirada tão próxima quanto possível a 100%.

5.3 EXAME NEUROLÓGICO DE CAMPO

Como citado anteriormente, sinais e sintomas do MD podem ser ambíguos. Se não tiver certeza de que os sintomas de um mergulhador acidentado sugerem uma DD ou uma hiperexpansão pulmonar, você pode usar um exame neurológico de campo para procurar os possíveis efeitos visíveis sobre o sistema nervoso. Se encontrar alguma irregularidade, assuma a existência de um MD, comece os primeiros socorros e contate cuidados médicos de emergência.

⁶ Fonte: Seção de Ensino e Treinamento do Grupamento de Socorro e Emergência (GSE) do CBMRJ.

Um exame neurológico de campo deve ser realizado em até cinco minutos.

Para realizar um exame neurológico de campo proceda da seguinte forma:

- a) Faça com que o paciente siga o seu dedo com ambos os olhos. Eles devem acompanhar juntos;
- b) Faça o paciente usar ambas as mãos para apertar as suas. Fraqueza de um lado sugere problemas;
- c) Peça ao paciente para fechar os dois olhos, alongar os braços e, em seguida, dobrar os cotovelos para tocar o nariz com as pontas dos dedos. A incapacidade de fazer isso com uma das mãos ou ambas sugere um problema;
- d) O paciente deverá ser capaz de ficar em pé sobre uma das pernas;
- e) Estale os dedos de cada lado da cabeça do paciente. Pergunte se não existe qualquer diferença significativa na sonoridade. Uma diferença significativa pode sugerir dano ao nervo, embora isoladamente também possa significar um barotrauma na orelha média ou água no conduto auditivo.

Obviamente, um exame de campo, executado por um socorrista, não se destina a substituir diagnóstico de um profissional médico.

6. RECOMPRESSÃO NA ÁGUA

Um questionamento que surge é: Se o tratamento em câmara hiperbárica comprime o mergulhador acidentado para fazer com que as bolhas diminuam, por que não imergir o paciente na água novamente para ganhar tempo no tratamento?

Esse procedimento existe, porém o tema é controverso, fazendo-se necessárias algumas considerações. Pelo menos cinco tipos de Tabela de recompressão na água (IWR – In Water Recompression) foram relatadas pela literatura científica,

(Royal Australian Navy, Clipperton, Havaiana, Pyle e US Navy). Cada um desses cinco métodos possui pontos em comum, geralmente consistindo em imergir o mergulhador acidentado por períodos variáveis de até quatro horas, utilizando concentração de 100% de oxigênio, respirado com quebras de ar (Air Breaks) à profundidades de nove metros, seguido de um período respirando oxigênio na superfície.

Embora atualmente existam algumas certificadoras de mergulho autônomo que defendam a IWR como uma forma de tratamento da ED em locais remotos, onde o transporte para uma câmara hiperbárica possa demorar mais do que doze horas, os fatores logísticos envolvidos, bem como sua eficácia discutível, tornam esse procedimento não recomendável.

Há consequências graves no caso de improvisações, erros ou suspensão do tratamento. Se um rigoroso controle dos equipamentos e procedimentos necessários não for seguido, o resultado pode ser trágico.

Como ponto de partida, a IWR requer máscara full-face ou capacete de segurança com equipamento de comunicação para o mergulhador, roupa seca, acompanhamento obrigatório do mergulhador acidentado por uma equipe treinada na superfície e turnos de revezamento para acompanhamento na água, ampla oferta de oxigênio, um meio de troca entre o oxigênio e o ar, câmera de vídeo e iluminação submersa dedicada para observação direta do paciente.

A IWR pode aparecer como uma solução atraente e rápida, porém as suas desvantagens são definitivamente mais importantes do que qualquer benefício potencial. Ela não deve ser considerada a menos que seja extremamente bem planejada e haja completa disponibilidade dos equipamentos necessários, além de assistência de superfície e na água por mergulhadores de segurança.

Outro aspecto negativo da IWR é a impossibilidade de re-hidratação que pode contribuir para uma maior desidratação do mergulhador acidentado, visto que as diretrizes internacionais atuais para primeiros socorros da ED enfatizam a administração de líquidos não alcoólicos, aliados ao oxigênio na concentração de

100% e evacuação imediata para instalações de tratamento (hospital com UTI ou câmara hiperbárica) ⁷.

Tratamentos definitivos para acidentes de mergulho classificados como ED são realizados em câmaras hiperbáricas (recompressão), utilizando Tabelas de Tratamento próprias para tais casos. O emprego dessas Tabelas é definido por um médico hiperbárico especializado na área de mergulho e varia conforme o perfil da imersão executada, tipo e gravidade dos sinais/sintomas apresentados pelo mergulhador acidentado. A recompressão em câmara hiperbárica exige:

- a) Grandes pressões. Dependendo de qual Tabela for utilizada, a recompressão pode ser feita até 50m de profundidade, o que vai muito além dos limites de segurança de uma exposição na água;
- b) Terapia com O₂ hiperbárico e administração de drogas, ambos impossíveis dentro d'água;
- c) Dependendo da Tabela de Tratamento utilizada o procedimento pode durar até 06 horas;
- d) Acompanhamento e comunicação da equipe médica com o paciente dentro da câmara.

NAS OPERAÇÕES DE MERGULHO DO CBMES A IWR É UM PROCEDIMENTO PROIBIDO. TENTAR RECOMPRIMIR UM MERGULHADOR ACIDENTADO NA ÁGUA, SEM TREINAMENTO E LOGÍSTICA NECESSÁRIA, FARÁ COM QUE SEU QUADRO PIORE E IRÁ ATRASAR O SEU TRANSPORTE PARA O TRATAMENTO DEFINITIVO EM UMA CÂMARA HIPERBÁRICA.

⁷ © Alert Diver — Winter 2011

7. CONCLUSÃO

Embora por norma as imersões no âmbito da Corporação estejam restritas a mergulhos não descompressivos e de até 30 (trinta) metros de profundidade (NORMERG 01 – Art. 15), ainda assim, pode haver a ocorrência de uma **ENFERMIDADE DESCOMPRESSIVA** durante as atividades desenvolvidas pelos mergulhadores da Corporação.

Em se tratando especificamente da DD, fisiologistas podem apontar fatores predisponentes, mas atualmente não há como quantificar as diferenças e suscetibilidades individuais de modo que elas possam ser incorporadas aos modelos de descompressão. Segundos estudos recentes, “O “Bends” não é um acidente e sim um evento estatisticamente previsível”. “É algo que simplesmente ocorrerá a cada certo número de mergulhos independentemente de quão bom seja o mergulhador ou de quantas precauções se tomem.”⁸

Portanto, quanto mais fatores predisponentes estiverem presentes, maior a importância de se mergulhar conservadoramente. Não planeje os mergulhos utilizando os máximos limites não descompressivos (LND) das tabelas ou computadores de mergulho, respeite a velocidade de subida e faça uma parada de segurança a 05 (cinco) metros por três minutos ao final de todos os mergulhos.

Para prevenir uma ED, no que diz respeito à SHP, não faça apnéia enquanto respirar ar comprimido, respire lenta, profunda e continuamente, realize um efetivo gerenciamento de gás e seja precavido ao atuar em ocorrências em locais de refluxo e/ou baixas profundidades com presença de ondulação, pois a SHP pode ocorrer mesmo em baixas profundidades, principalmente próximo à superfície, havendo registros de casos desse tipo de acidente com variações de menos de 03 (três) metros de profundidade.

⁸ R.W. “Bill” Hamilton, Ph.D

PELA GRANDE DIVERSIDADE NA APRESENTAÇÃO DOS SINAIS E SINTOMAS DA ENFERMIDADE DESCOMPRESSIVA, NUNCA CONSIDERE SINTOMAS POUCO IMPORTANTES.

PRESUMA QUE QUALQUER COISA FORA DO NORMAL APRESENTADO POR UM MERGULHADOR AUTÔNOMO APÓS UMA IMERSÃO PODE SER UM SINTOMA CAUSADO POR BOLHAS.

MANTENHA-SE TREINADO NOS PROCEDIMENTOS DE RESPOSTA A UMA EMERGÊNCIA DURANTE O MERGULHO E ESTEJA PREPARADO PARA UMA POSSÍVEL INTERVENÇÃO NO ATENDIMENTO A UM ACIDENTE DE MERGULHO.

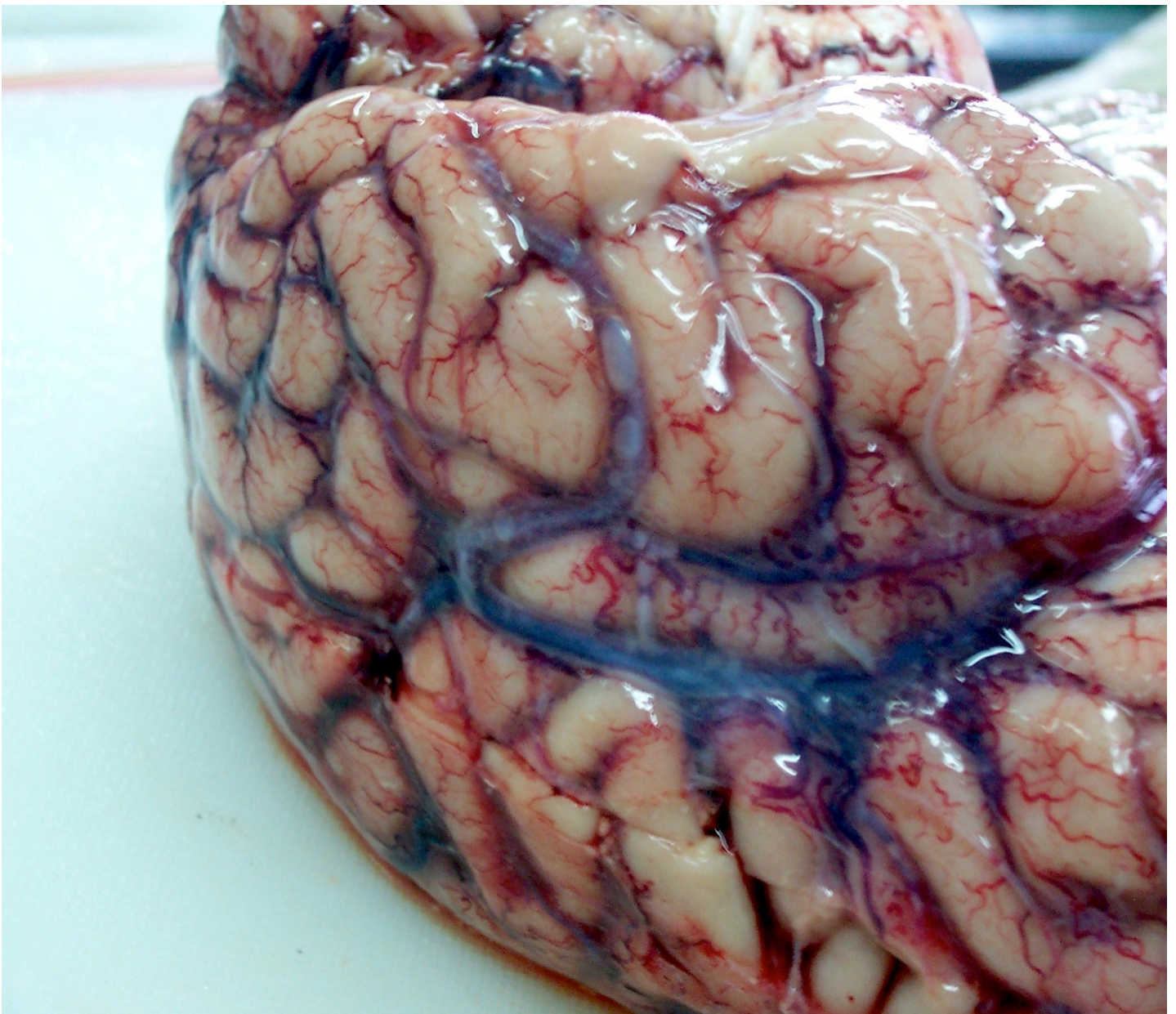


Imagem cedida pelo Dr. Antonio Felmer Aichele: Especialista em Baromedicina. Chefe da Unidade de Baromedicina do Hospital do Trabalhador. Médico de Referência DAN América. Membro da UHMS - Undersea & Hyperbaric Medical Society.

A imagem acima se refere a bolhas de ar, provenientes da mistura respiratória utilizada pelo mergulhador, claramente visíveis nos vasos cerebrais, causadas pela embolia arterial gasosa. Foram verificadas durante a necropsia de um mergulhador de nacionalidade chilena que durante um mergulho a 32 metros de profundidade e 25 minutos de tempo de fundo respirando ar comprimido, teve problemas no seu equipamento, realizando uma subida descontrolada, ficando inconsciente na chegada à superfície. Embora tenha sido encaminhado a um hospital, foi a óbito durante o transporte.

8. REFERÊNCIAS

Manual desenvolvido pelo 1º Sgt BM Carlos Alberto Mendes de Souza a partir do Trabalho de conclusão de curso apresentado pelos alunos do Curso de Aperfeiçoamento de Sargentos – CAS/2010: 1º Sgt Carlos Alberto Mendes de Souza, Eliamar de Alvarenga e Alfredo Luis Sacht, ao Centro de Ensino e Instruções do Corpo de Bombeiros Militar do Espírito Santo, sob orientação dos instrutores Ten Cel BM Lauedis Tomazelli e Maj BM Leonardo de Alcântara Meriguetti.

BIBLIOGRAFIA:

- Manual de *MERGULHO TEC DEEP DIVER PADI/DSAT*, 2000;
- Manual do *MERGULHADOR DE RESGATE PADI*, 2001;
- Manual de *MERGULHO AVANÇADO PADI*, 2002;
- Manual de *MERGULHO TEKTRIMIX PDIC*, 2005;
- Norma de Mergulho nº 01/NORMERG nº 01/2007 - CBMES
- Artigo: As doenças descompressivas no mergulho autônomo, escrito pelo Dr. Paulo Roberto Silveira - Neurocirurgião, Especialista em Neurologia e Psiquiatria e Medicina do Trabalho, 2009; Autor da Monografia de Conclusão do Curso de Especialização em Medicina do Trabalho na Universidade Gama Filho com o Título: Aspectos Neurológicos das Baropatias Julho 1981. Publicado no JBM (Jornal Brasileiro de Medicina) em 1994.
- Artigo: Doença descompressiva, escrito por Gabriel Ganme - Médico membro da *Undersea & Hyperbaric Medical Society*, *Course Director PADI* desde 1990, *Cave Instructor Sponsor (NSS/CDS)*, *Cavern Instructor (PADI)*. Instrutor técnico pela *TDI* e *IANTD* e *Tec Deep Trainer* pela *DSAT*.
- Artigo: O mergulho e os riscos de barotrauma pulmonar, escrito por Augusto Marques Ramos – Mestre em medicina, formado pela UFRGS, Médico hiperbarista formado pela UFSP e pelo CIAMA – Centro de Instrução e Almirante Átila Monteiro Aché, membro associado da DAN – *Divers Alert Network*, Sociedade Brasileira de Medicina Hiperbárica e *South Pacific Underwater Medicine Society - SPUMS*
- NR – 15 (Anexo VI).
- 9º Curso de Medicina Hiperbárica e Subaquática DAN – 2012.

AGRADECIMENTOS: Ao Cap BM Siwamy Reis dos Anjos, Cap BM Lorena Sarmiento Rezende e ao Cb BM Jacques Prates de Oliveira, pelo incentivo dado na confecção deste Trabalho, pela disponibilidade e a valiosa contribuição na revisão e configuração do texto.

Ao Dr. Gustavo Alberto Mauvencin, que foi Chefe da Divisão de Medicina Subaquática da Base Naval de Mar Del Plata, Chefe do Centro Experimental de Medicina Subaquática da Escola de Mergulho da Armada Argentina e atual Diretor médico do Centro de Medicina Hiperbárica de Mar Del Plata.

O Dr. Gustavo foi palestrante no Curso de Medicina Hiperbárica e Subaquática *DAN BRASIL*, realizado no auditório do Hospital Santa Cruz em SP, no período de 24 a 26 de agosto de 2012, foi revisor deste trabalho e gentilmente intermediou junto ao Dr. A. Felmer, a autorização do uso da imagem da necrópsia de um mergulhador de nacionalidade chilena que veio a óbito em decorrência de uma enfermidade descompressiva, imagem esta que ilustrou de maneira emblemática sua apresentação.

NOTA

Solicita-se aos usuários deste manual a apresentação de sugestões que tenham por objetivo aperfeiçoá-lo.

As observações apresentadas, mencionando a página, o parágrafo e a linha do texto a que se referem, devem conter comentários apropriados para seu entendimento ou sua justificação.

As observações devem ser enviadas diretamente para o e-mail: carlos.mendes@bombeiros.es.gov.br

TABELA DOPPLER DE LIMITES NÃO-DESCOMPRESSIVOS BASEADOS NA TABELA DE MERGULHO U.S. NAVY



TABELA 1 Tabela de limites Não-Descompressivos e Grupos Repetitivos para mergulhos Não-Descompressivos com AR

COMO USAR TABELA 1: Defina a profundidade estimada para o mergulho. Siga a linha de números à direita da profundidade até encontrar o tempo de fundo planejado. Desça a coluna do tempo de fundo a fim de encontrar o Grupo Repetitivo (GR).

| Profundidade (m) / metros | Limite Doppler Não-Descompressivo (em minutos) | 60 | 120 | 210 | 300 | 225 | 350 | 240 | 325 | 245 | 205 | 160 | 130 | 110 | 90 | 70 | 50 | 40 | 30 | 25 | 20 | 15 | 10 | 5 | |
|---------------------------|--|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|---|--|
| 10 | 3.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 15 | 4.5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 20 | 6.0 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 25 | 7.5 | 245 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 30 | 9.0 | 205 | 15 | 30 | 45 | 60 | 75 | 95 | 120 | 145 | 170 | 205 | | | | | | | | | | | | | |
| 35 | 10.5 | 160 | 5 | 15 | 25 | 40 | 50 | 60 | 80 | 100 | 120 | 140 | 160 | | | | | | | | | | | | |
| 40 | 12.0 | 130 | 5 | 15 | 25 | 30 | 40 | 50 | 70 | 80 | 100 | 110 | 130 | | | | | | | | | | | | |
| 50 | 15.0 | 70 | | 10 | 15 | 25 | 30 | 40 | 50 | 60 | 70 | | | | | | | | | | | | | | |
| 60 | 18.0 | 50 | | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | 40 | 50 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 70 | 21.0 | 40 | | 5 | 10 | 15 | 20 | 30 | 35 | 40 | | | | | | | | | | | | | | | |
| 80 | 24.0 | 30 | | 5 | 10 | 15 | 20 | 25 | 30 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 90 | 27.0 | 25 | | 5 | 10 | 12 | 15 | 20 | 25 | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 100 | 30.0 | 20 | | 5 | 7 | 10 | 15 | 20 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 110 | 33.0 | 15 | | | 5 | 10 | 13 | 15 | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 120 | 36.0 | 10 | | | 5 | 10 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |
| 130 | 39.0 | 5 | | | 5 | | | | | | | | | | | | | | | | | | | | |

GRUPO REPETITIVO: **A B C D E F G H I J K**

COMO USAR A TABELA 2:

Identifique o Grupo Repetitivo da Tabela 1. Siga a seta para baixo até encontrar a letra correspondente na Tabela 2. Os Intervalos de Superfície possíveis encontram-se à esquerda dessas letras. Siga a linha do Grupo Repetitivo para a esquerda até localizar o Intervalo de Superfície planejado. Desça a coluna de Intervalos de Superfície para encontrar o novo Grupo Repetitivo. Mergulhos cujo Intervalo de Superfície ultrapassar 12 horas, não são considerados Mergulhos Repetitivos.

TABELA 2 Tabela de Intervalos de Superfície

| Intervalo de Superfície | A | B | C | D | E | F | G | H | I | J | K |
|-------------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|---|
| 0:10 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 3:21 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 4:50 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 5:49 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 6:35 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 7:06 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 7:36 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 8:00 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 8:22 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 8:51 12:00* | | | | | | | | | | | |
| 8:59 12:00* | | | | | | | | | | | |

NOVO GRUPO REPETITIVO: **A B C D E F G H I J K**

PROFUNDIDADE REPETITIVA: **▼ NITRÓGENIO RESIDUAL E LIMITES NÃO-DESCOMPRESSIVOS AJUSTADOS (NO VERSO) ▼**

© 1995 Concept Systems, Inc. • Revisado em 9/02 • Reorden #27067

TABELA DOPPLER DE LIMITES NÃO-DESCOMPRESSIVOS BASEADOS NA TABELA DE MERGULHO U.S. NAVY

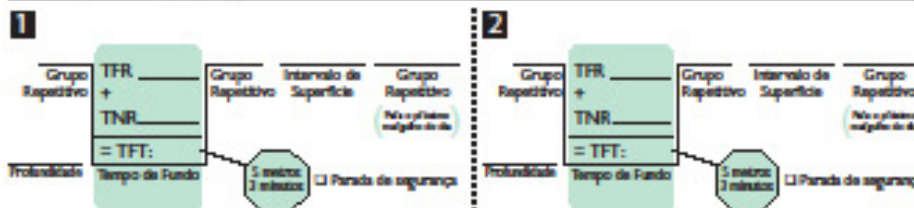


TABELA 3 Tabela de Tempos de Nitrogênio Residual e Limites Não-Descompressivos Ajustados (em minutos)
— CONTINUAÇÃO DA TABELA DOB —

| NOVO GRUPO REPETITIVO | PROFUNDIDADE DO MERGULHO | A B C D E F G H I J K | | | | | | | | | | |
|-----------------------|--------------------------|---|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|--|
| | | □ = LINDA - LIMITE NÃO-DESCOMPRESSIVO AJUSTADO □ S / L = SEM LIMITE | | | | | | | | | | |
| 10 | 3 | 39 | 88 | 159 | 279 | | | | | | | |
| | | S/L | S/L | S/L | S/L | | | | | | | |
| 20 | 6 | 18 | 39 | 62 | 88 | 120 | 159 | 208 | 279 | 399 | | |
| | | S/L | S/L | S/L | S/L | S/L | S/L | S/L | S/L | S/L | | |
| 30 | 9 | 12 | 25 | 39 | 54 | 70 | 88 | 109 | 132 | 159 | 190 | |
| | | 193 | 180 | 166 | 151 | 135 | 117 | 96 | 73 | 46 | 15 | |
| 40 | 12 | 7 | 17 | 25 | 37 | 49 | 61 | 73 | 87 | 101 | 116 | |
| | | 123 | 113 | 105 | 93 | 81 | 69 | 57 | 43 | 29 | 14 | |
| 50 | 15 | 6 | 13 | 21 | 29 | 38 | 47 | 56 | 66 | | | |
| | | 64 | 57 | 49 | 41 | 32 | 23 | 14 | 4 | | | |
| 60 | 18 | 5 | 11 | 17 | 24 | 30 | 36 | 44 | | | | |
| | | 45 | 39 | 33 | 26 | 20 | 14 | 6 | | | | |
| 70 | 21 | 4 | 9 | 15 | 20 | 26 | 31 | 37 | | | | |
| | | 36 | 31 | 25 | 20 | 14 | 9 | 3 | | | | |
| 80 | 24 | 4 | 8 | 13 | 18 | 23 | 28 | | | | | |
| | | 26 | 22 | 17 | 12 | 7 | 2 | | | | | |
| 90 | 27 | 3 | 7 | 11 | 16 | 20 | 24 | | | | | |
| | | 22 | 18 | 14 | 9 | 5 | 1 | | | | | |
| 100 | 30 | 3 | 7 | 10 | 14 | 18 | | | | | | |
| | | 17 | 13 | 10 | 6 | 2 | | | | | | |
| 110 | 33 | 3 | 6 | 10 | 13 | | | | | | | |
| | | 12 | 9 | 5 | 2 | | | | | | | |
| 120 | 36 | 3 | 6 | 9 | | | | | | | | |
| | | 7 | 4 | 1 | | | | | | | | |
| 130 | 39 | 3 | | | | | | | | | | |
| | | 2 | | | | | | | | | | |

COMO USAR A TABELA 3:

Inicie com o Novo Grupo Repetitivo encontrado na Tabela 2. Localize a profundidade do mergulho repetitivo em metros ou pés na primeira coluna desta Tabela. Cruze a profundidade do Mergulho Repetitivo. O número de baixo representa o seu limite não-descompressivo ajustado para o próximo mergulho.



ATENÇÃO: As Tabelas U.S. Navy foram projetadas para o uso dos mergulhadores da Marinha. Quando utilizadas por mergulhadores recreativos, as tabelas devem ser usadas cautelosamente. Mesmo que sejam utilizadas de forma adequada e seguindo as medidas de segurança, existe a chance de ocorrer **O MAL DESCOMPRESSIVO**.

PARADA DE SEGURANÇA: É recomendado que seja realizada uma parada descompressiva de segurança de 3 a 5 minutos, a 5 metros (15 pés), em todas as mergulhos acima de 9 metros (30 pés).

DESCOMPRESSÃO OMITIDA: Caso o Limite Não-Descompressivo (LND) seja ultrapassado em menos de 5 minutos em qualquer mergulho, é recomendado subir para 5 metros (15 pés) e fazer uma parada descompressiva de, no mínima, 10 minutos ou o máximo de tempo que o suprimento de gás permitir. Se o LND for ultrapassado em mais de 5 minutos, ou menos de 10 minutos em qualquer mergulho, faça uma parada a 5 metros (15 pés) de pelo menos 20 minutos ou mais se o suprimento de gás permitir. Evite participar de qualquer atividade de mergulho pelas próximas 24 horas.

© 1995 Concept Systems, Inc. • Revisado em 9/02 • Reorden #72067

Tabela de Profundidades Corrigidas para Altitude

TECH DIVING

Consultoria & Treinamento

| Altitude (m) | Profundidade Real (m) | | | | | | | | | | | Fator de Correção | Parada | Parada | Vel. Subida (18 m/min) |
|--------------|-----------------------|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|-------------------|--------|--------|------------------------|
| | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | | 3 m | 6 m | |
| 0 | 12 | 15 | 18 | 21 | 24 | 27 | 30 | 33 | 36 | 39 | 42 | 1.000 | 3.0 | 6.0 | 18 |
| 300 | 12 | 16 | 19 | 22 | 25 | 28 | 31 | 34 | 37 | 40 | 44 | 1.038 | 2.9 | 5.8 | 17 |
| 600 | 13 | 16 | 19 | 23 | 26 | 29 | 32 | 36 | 39 | 42 | 45 | 1.078 | 2.8 | 5.6 | 17 |
| 900 | 13 | 17 | 20 | 24 | 27 | 30 | 34 | 37 | 40 | 44 | 47 | 1.119 | 2.7 | 5.4 | 16 |
| 1200 | 14 | 17 | 21 | 24 | 28 | 31 | 35 | 38 | 42 | 45 | 49 | 1.162 | 2.6 | 5.2 | 15 |
| 1500 | 14 | 18 | 22 | 25 | 29 | 33 | 36 | 40 | 43 | 47 | 51 | 1.206 | 2.5 | 5.0 | 15 |
| 1800 | 15 | 19 | 23 | 26 | 30 | 34 | 38 | 41 | 45 | 49 | 53 | 1.252 | 2.4 | 4.8 | 14 |
| 2100 | 16 | 20 | 23 | 27 | 31 | 35 | 39 | 43 | 47 | 51 | 55 | 1.300 | 2.3 | 4.6 | 14 |
| 2400 | 16 | 20 | 24 | 28 | 32 | 36 | 40 | 45 | 49 | 53 | 57 | 1.350 | 2.2 | 4.4 | 13 |
| 2700 | 17 | 21 | 25 | 29 | 34 | 38 | 42 | 46 | 50 | 55 | 59 | 1.401 | 2.1 | 4.3 | 13 |
| 3000 | 17 | 22 | 26 | 31 | 35 | 39 | 44 | 48 | 52 | 57 | 61 | 1.455 | 2.1 | 4.1 | 12 |
| 3300 | 18 | 23 | 27 | 32 | 36 | 41 | 45 | 50 | 54 | 59 | 63 | 1.511 | 2.0 | 4.0 | 12 |
| 3600 | 19 | 24 | 28 | 33 | 38 | 42 | 47 | 52 | 56 | 61 | 66 | 1.568 | 1.9 | 3.8 | 11 |
| 3900 | 20 | 24 | 29 | 34 | 39 | 44 | 49 | 54 | 59 | 64 | 68 | 1.628 | 1.8 | 3.7 | 11 |

O uso adequado desta tabela é de responsabilidade do usuário

© Copyright 1997 Pedro Paulo A. C. Cunha