

Doença Descompressiva



APRESENTAÇÃO DA DOENÇA DESCOMPRESSIVA

Um dos riscos associados ao mergulho submerso é a doença descompressiva (DD) causada por uma liberação descontrolada de gases dos tecidos durante ou após a volta à superfície."

O mergulho é um passatempo recreativo popular, assim como é uma atividade com inúmeras aplicações práticas nos campos científico, comercial, militar e exploratório. Embora o mergulho possa ser realizado com segurança, é essencial que todos os mergulhadores – independentemente da razão pela qual mergulham – compreendam que o ambiente subaquático é implacável. Problemas podem aparecer durante um mergulho devido a uma aptidão médica ou física insuficiente, ao uso inapropriado do equipamento ou a um gerenciamento incorreto do ambiente de alta pressão.

Um dos riscos associados ao ambiente subaquático pressurizado é a doença descompressiva (DD), uma condição também conhecida em inglês como "the bends". Este capítulo explica o básico sobre a DD, enquanto os capítulos subsequentes oferecem detalhes relacionados à sua manifestação e ao seu gerenciamento, assim como os fatores de risco que podem predispor-lo a essa condição e as atitudes preventivas que você pode tomar para minimizar as suas chances de desenvolver a doença.

PREVENDO A ABSORÇÃO E ELIMINAÇÃO DE GASES

COMPARTIMENTOS DE TECIDO

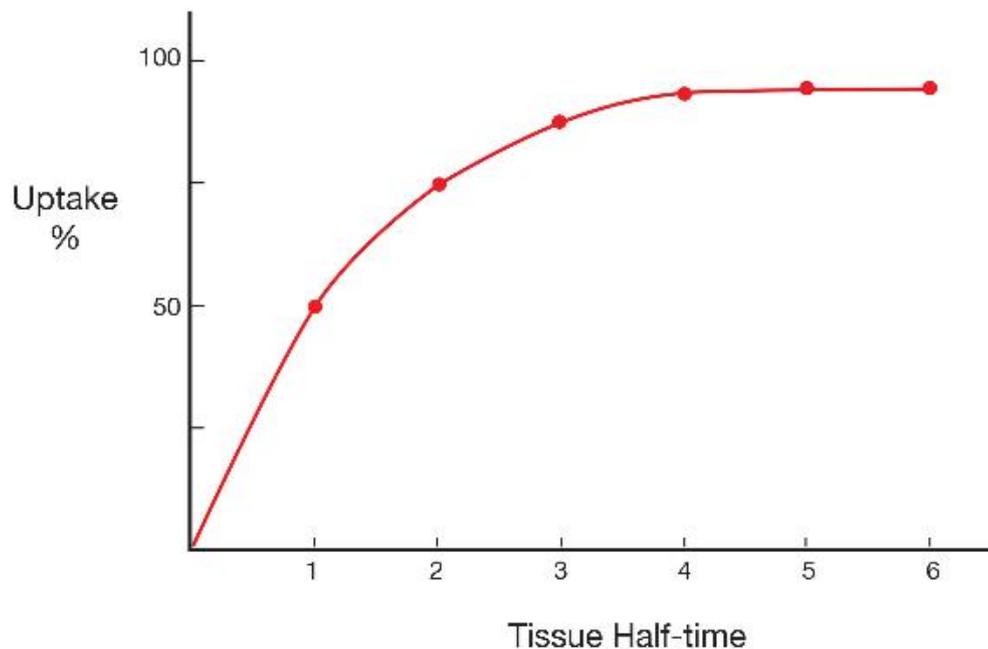


Esse mecanismo fisiológico natural pode ser previsto por uma série de algoritmos matemáticos baseados em "meias-vidas de compartimentos", que calculam aproximadamente os padrões exponenciais de absorção e eliminação esperados em vários tipos de tecidos perfundidos. O ponto principal para esses algoritmos é que diferentes partes do corpo absorvem e eliminam gases inertes em taxas diferentes – por exemplo, o sangue é considerado um "compartimento rápido" e os ossos "um compartimento lento". (O termo "compartimento" não é uma referência exata a esses tecidos, e sim um artifício matemático para estimar o que acontece em várias partes do corpo.)

Os tecidos mais rápidos são os pulmões, que atingem o equilíbrio quase instantaneamente. O seguinte em velocidade é o sangue e, então, o cérebro. Os tecidos mais lentos são aqueles relativamente mal perfundidos, como os ligamentos e cartilagens, ou aqueles que têm uma alta capacidade de absorção de gases inertes, como os tecidos adiposos em áreas mal perfundidas. A razão para a utilização de algoritmos matemáticos para estimar o status

de tecido é que ainda não é viável medir diretamente a absorção e a eliminação em tecidos específicos.

Half-time concept of inert gas uptake by tissues



Para um tecido teórico com intervalo de 10 minutos, 50% da diferença é eliminada nos primeiros 10 minutos, depois 25% nos 10 minutos seguintes (metade dos 50% restantes) e 12,5% nos próximos 10 minutos. , e assim por diante.

Um exemplo pode demonstrar como o algoritmo funciona. Vamos imaginar um mergulhador que foi instantaneamente transportado da superfície para uma dada profundidade – na verdade, uma dada pressão – e vamos dizer que nesse cenário específico de mergulho, um compartimento rápido tem uma meia vida de cinco minutos. Nesse caso, os primeiros cinco minutos de exposição a uma pressão maior resultaria em uma absorção de gás inerte suficiente para eliminar metade da diferença produzida pelo gradiente de pressão (50 por cento, em outras palavras); essa é a parte mais acentuada da curva de absorção. O segundo período de cinco minutos eliminaria metade da diferença restante (outros 25 por cento). O terceiro período de cinco minutos eliminaria metade da diferença restante (12,5 por cento); o quarto, 6,25 por cento; o quinto 3,125 por cento; e assim por diante. Esse padrão exponencial significa que a taxa de mudança se torna progressivamente mais lenta conforme a magnitude da diferença diminui. O exemplo descreve um compartimento rápido; as meias-vidas de compartimentos mais lentos foram calculadas em alguns algoritmos com quase 500 minutos. Na teoria da descompressão, a diferença absoluta de pressão é imaterial – o

mesmo artifício de meia-vida se aplica a qualquer gradiente. Sem nenhuma outra influência no processo, o equilíbrio, ou a saturação, seria atingido em um período igual a cerca de seis meias-vida. Conforme o gás se dissolve no tecido, a diferença entre a pressão externa e a interna diminui, reduzindo a força motriz.

A maioria dos mergulhos não dura o suficiente para que o mergulhador atinja a saturação - esses são chamados de "bounce dives". Durante essas exposições, o gradiente que gera absorção existe durante toda a fase de descida e de fundo do mergulho, o que causa uma absorção contínua de gases inertes, certamente nos compartimentos lentos do corpo e provavelmente nos compartimentos intermediários. Quando o mergulhador começa a subir, e a pressão ambiente começa a cair, o gradiente começa a se inverter - primeiro nos compartimentos rápidos e então em compartimentos progressivamente mais lentos.

GRAU DE SUPERSATURAÇÃO

Na verdade, durante a subida e após voltar à superfície, a maioria dos tecidos de um mergulhador estará supersaturada em comparação à pressão ambiente. Se o grau de supersaturação for modesto, os gases inertes podem voltar de maneira ordenada dos tecidos periféricos do corpo para o sangue e então para os pulmões, de onde eles podem ser exalados para a atmosfera. Mas se o grau de supersaturação for muito grande, a eliminação dos gases inertes se torna desordenada. Neste caso, bolhas de gás podem se formar nos tecidos do corpo do mergulhador.

A formação de bolhas nem sempre causa problemas, mas quanto maior o gradiente, ou grau de supersaturação, maior a probabilidade de que sinais e sintomas de DD possam ocorrer.

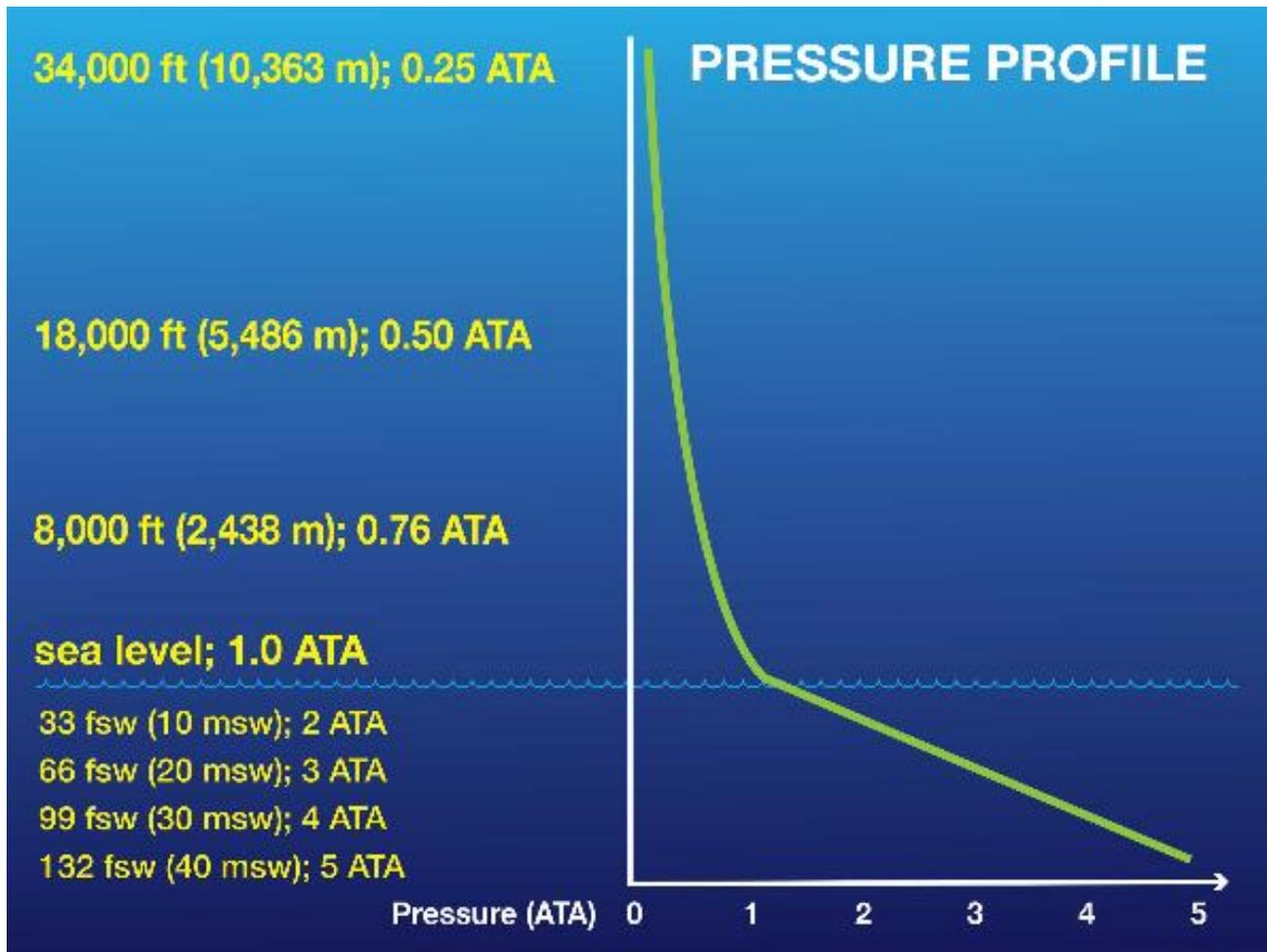
É um engano perigoso achar que bolhas mensuráveis se formam após todos os mergulhos e que elas não têm importância. Mas, ao mesmo tempo, é um engano achar que bolhas visualizadas na corrente sanguínea sejam por si só um sinal de DD. A formação de bolhas de gás durante a descompressão representa um estresse maior do que o ótimo e pode levar à DD. É melhor seguir perfis de mergulho conservadores para minimizar a probabilidade de formação de bolhas. A maior dificuldade é saber o que é considerado "conservador", já que a maioria dos mergulhadores nunca foi monitorada para bolhas, e a absorção e a eliminação são modificadas por muitos fatores além do perfil de pressão-tempo.



Os cálculos de meias-vidas de compartimentos são usados para gerar previsões de limites de exposição para uma gama de compartimentos hipotéticos. Em plástico ou papel eles são conhecidos como "tabelas de mergulho". Computadores de mergulho modernos permitem uma orientação muito mais flexível já que eles conseguem monitorar continuamente o perfil de pressão-tempo e simultaneamente calcular o status de uma variedade de compartimentos de tecidos teóricos. Mas, na realidade, o quadro é muito mais complexo. A troca gasosa é influenciada por mais do que apenas o perfil de pressão-tempo. Portanto, ao mesmo tempo em que é importante que os mergulhadores compreendam os conceitos por trás do cálculo das meias-vidas de compartimentos, os mergulhadores também devem levar em conta que uma ampla gama de fatores pode influenciar a absorção e a eliminação de gases e efetivamente alterar o risco de descompressão. Assim o mergulhador tem o dever de não confiar demais em uma tabela ou dispositivo para sua segurança.

OS MECANISMOS FISIOLÓGICOS DA DOENÇA DESCOMPRESSIVA

TENSÃO NOS TECIDOS



A pressão do ar aumenta lentamente de zero no limite do espaço para uma atmosfera (14,7 psi) ao nível do mar; a pressão da água aumenta muito mais drasticamente, adicionando uma atmosfera de pressão a cada 33 pés de água do mar.

Quando um mergulhador é exposto a um ambiente de alta pressão, gases inertes, por exemplo, o nitrogênio, acumulam em seus tecidos. Quanto mais profundo for um mergulho, mais rápida será a absorção desses gases pelo tecido. Quando o mergulhador sobe, o sentido do fluxo é invertido e o gás deixa o tecido. A subida do mergulhador deve ser controlada para permitir uma eliminação ordenada dos gases acumulados. Uma subida lenta realizada continuamente, ou em etapas, normalmente permite uma descompressão segura, enquanto uma subida rápida após um acúmulo de gás pode algumas vezes resultar em uma DD.

A concentração, ou "tensão", do gás inerte dissolvido nos tecidos do seu corpo é uma função da pressão ambiente – ou seja, a pressão do ambiente ao redor de você em um dado momento. Os gases inertes que não são utilizados nas reações metabólicas do seu corpo normalmente estão em equilíbrio com o ambiente no qual você está inserido – na mesma concentração em que estão no ar ao redor de você. Tecidos sob essas condições são chamados de "saturados". Pequenas mudanças de pressão, como aquelas criadas por alterações das condições climáticas, produzem pequenas variações de pressão nos gases atmosféricos que são então equalizadas com mudanças de pressão dos gases nos tecidos do corpo. Quando uma diferença de pressão, ou "gradiente", é criada, moléculas da área de maior concentração fluem em direção à área de menor concentração até que o equilíbrio seja reestabelecido. Como todos nós constantemente experimentamos pequenas mudanças e correções dessa natureza, a tensão de gás em nosso corpo está em um estado de equilíbrio dinâmico e não estático – mesmo antes do mergulho ser incluído na equação.

PRESSÃO

O ambiente do mergulho coloca um peso ainda maior nesse mecanismo adaptativo. Eis a razão: a pressão é medida usando-se uma unidade conhecida como uma "atmosfera". Não há nenhum limite físico verdadeiro entre a atmosfera terrestre e o espaço, mas normalmente considera-se que a atmosfera se estende por 100 km (62 milhas) entre o nível do mar e o limite do espaço sideral. A pressão exercida por toda essa coluna de gás agindo ao nível do mar equivale a uma atmosfera, e equivale a 14,7 libras por polegada quadrada (psi) ou 101,3 quilopascal (Kpa). Em comparação, a diferença de pressão embaixo da água aumenta em uma atmosfera para cada 10 metros (33 pés) de água salgada e cada 10,36 metros (34 pés) de água doce. Dessa forma, qualquer variação na pressão atmosférica na superfície que você vivencie é extremamente modesta quando comparada à variação de pressão que você pode sofrer quando se desloca verticalmente embaixo da água; isso pode criar enormes gradientes na absorção de gases durante a descida e em sua eliminação durante a subida.

TROCA DE GASES

Seus pulmões servem como a principal conexão entre seu corpo e o ambiente no qual você está situado em um dado momento. Quando você se expõe a uma maior pressão debaixo da água, o gás em seus pulmões é comprimido. Isso cria um gradiente de seu pulmão para sua corrente sanguínea e, subsequentemente, de sua corrente sanguínea para seus tecidos enquanto eles são perfundidos, ou supridos, com sangue oxigenado. Seus tecidos irão absorver gás inerte até que o gradiente seja eliminado, um estado efetivo de equilíbrio, ou saturação, com a pressão ambiente externa. É necessária uma longa exposição para que a saturação completa seja atingida, mas, uma vez que ela é atingida, uma maior permanência não aumenta ainda mais a absorção de gás ou a descompressão obrigatória.

DICAS E RECURSOS ESPECÍFICOS

APERTE OS BOTÕES CORRETOS



Você deve saber não apenas quais botões apertar para fazer o seu computador funcionar, mas também qual modelo matemático, ou modelo derivado, ele utiliza em seus cálculos da descompressão. Existe uma surpreendente variedade de modelos, desde conservadores até liberais, e essas diferenças podem não ser evidentes à primeira vista. Por exemplo, um computador pode estabelecer limites conservadores para um mergulho inicial, mas limites liberais para mergulhos repetitivos. É melhor conhecer o suficiente sobre os vários modelos disponíveis e derivações antes de escolher um computador de mergulho, para que você tenha certeza de escolher um que seja compatível com seu próprio nível de tolerância ao risco. Escolher um puramente baseado em familiaridade pode não ser a melhor estratégia. Mesmo que você tenha tido bons desfechos em mergulhos anteriores com um computador, isso não garante que ele será o melhor para seus mergulhos futuros. Acumular conhecimento exige comprometimento, um planejamento fundamentado para uma descompressão segura deve ser a preocupação principal.

SINTONIZE E LIGUE

Esquecer de ligar seu computador de mergulho (ou de leva-lo com você em um mergulho) pode parecer uma piada, mas acontece e pode criar problemas reais. Nenhum computador

pode contabilizar o perfil de exposição de um mergulho anterior se ele não estava lá. E qualquer modelo de decompressão é inválido ao menos que você comece a usá-lo quando você estiver "limpo" – completamente livre de gases inertes de mergulhos anteriores. Se você esquecer de levar seu computador com você em um mergulho inicial em uma série repetitiva, você então está limitado a usar tabelas durante aquela série (assumindo que você seja capaz de calcular manualmente a exposição do mergulho não monitorado). E nem pense em pendurar seu computador em um cabo de descida durante um intervalo de superfície em uma tentativa de compensar por tê-lo esquecido em um mergulho anterior; podem existir histórias sobre isso, mas não é uma atitude responsável.

USE-O CORRETAMENTE

A única pessoa que não precisa se preocupar em levar o computador de mergulho em todos os mergulhos é aquela que o utiliza apenas como um registrador de dados – isso é, apenas para registrar informações sobre o tempo e a profundidade ao invés de usar para calcular perfis descompressivos. Lembre-se, entretanto, de que usar seu computador apenas para registrar seus tempos e profundidades significa que você ainda deve planejar seus mergulhos usando tabelas de mergulho e deve recalcular seus grupos de pressão repetitivos no final, de maneira apropriada. Você não pode oscilar entre confiar ou não nos cálculos de decompressão de seu computador a menos que ele tenha registrado todos os seus perfis de exposição.

LEMBRE-SE DE SUAS LIMITAÇÕES

Os computadores de mergulho são maravilhosos para realizar cálculos matemáticos programados, mas eles são cegos para as muitas percepções que você pode ter antes, durante ou entre seus mergulhos. Por exemplo, o seu computador de mergulho não sabe nada sobre seu estado de saúde pessoal, seu nível de condicionamento físico ou sua suscetibilidade individual ao estresse descompressivo. Ele também não sabe nada sobre seu estresse térmico ou esforços físicos durante ou entre mergulhos. O fato de muitos computadores de mergulho mostrarem a temperatura da água pode sugerir que o estresse térmico está sendo levado em conta pelos algoritmos do equipamento. A leitura da temperatura da água, entretanto, não oferece nenhuma informação útil com relação ao estresse térmico, pois o mergulhador que carrega o computador pode estar vestindo qualquer coisa desde uma roupa de banho, uma roupa úmida sem capuz até uma roupa seca para águas frias com capuz, luvas e roupas de baixo para águas frias. Mais importante, ainda não é possível calcular diretamente o impacto das diferenças no estado térmico durante diferentes partes de um mergulho, mesmo que o computador fosse capaz de medir a temperatura interna e a da pele do mergulhador em pontos chave.

Nós sabemos que estar aquecido (ao invés de fresco ou frio) durante as fase de compressão e de fundo de um mergulho promovem a absorção de gases inertes (não o ideal), e que estar aquecido durante a fase de descompressão promove a eliminação (o ideal). Embora pouco prático para o mergulhador amante do conforto, a segurança descompressiva é otimizada ao se estar neutro ou fresco durante a fase de absorção de gases inertes da descida e de fundo e aquecido durante a fase de eliminação de gases inertes da subida. Embora o conceito de mudanças térmicas no estresse descompressivo esteja claro, nós ainda estamos muito distantes de sermos capazes de quantificar os efeitos reais desses fatores para propósitos de planejamento de mergulhos. Da mesma forma, enquanto alguns computadores de mergulho são capazes de monitorar o consumo de gás, ainda temos muito o que aprender antes que essa informação possa ser significativamente incorporada aos modelos descompressivos. Variações no consumo de ar podem refletir diferenças na profundidade de um mergulhador ou na experiência, grau de ansiedade ou grau de cansaço físico do mergulhador. No final das contas interpretar o impacto fisiológico preciso das interações entre esses diversos fatores é extremamente difícil, e exige uma pratica consciente por parte dos mergulhadores.

ATENÇÃO ÀS LEITURAS DE SEU COMPUTADOR

Os mergulhadores precisam prestar atenção aos seus computadores para que a informação fornecida seja de alguma utilidade. Esteja ciente de que uma tendência de confirmação pode levar a um comportamento de risco. "Sair impune" de uma exposição de risco uma vez, duas vezes ou até várias vezes pode eventualmente se tornar um hábito. Pode não ser verdadeiramente seguro para você ou para um companheiro que pode ter um grau maior de susceptibilidade ao estresse descompressivo. Aqueles que desejam se preocupar menos com a sua exposição terão maior paz de espírito se eles escolherem um computador que empregue um modelo descompressivo extremamente conservador. Também é importante prestar atenção ao seu computador de mergulho. Se você estiver mergulhando com um grupo, não se esqueça de que pode haver uma variabilidade considerável nas orientações oferecidas por diferentes computadores ou computadores com diferentes configurações selecionadas pelo usuário. Isso significa que há um benefício considerável em mergulhar com outras pessoas que utilizam computadores com um modelo descompressivo e configurações semelhantes, porque se pequenas discrepâncias aparecerem, seguir as diretrizes mais conservadoras não será provavelmente muito oneroso para o grupo. Mas se os membros de um grupo estiverem usando computadores com modelos substancialmente diferentes, e cada mergulhador quiser seguir seu próprio dispositivo, isso pode levar a uma quebra no sistema de duplas.

NÃO CONFIE CEGAMENTE EM SEU COMPUTADOR



Embora prestar atenção ao seu computador seja importante, não aceite seu conselho sem pensar. O mesmo perfil pode algumas vezes ser conduzido sem problemas repetidamente, até o mergulho onde ele não se prove seguro. Os mergulhadores frequentemente tentam culpar um fator específico, como a desidratação, pelo desenvolvimento de sintomas após um mergulho e não outro. Essa atitude não é produtiva. As variáveis que atuam durante um mergulho raramente são idênticas, e existe um elemento probabilístico no risco descompressivo – ou seja, o acaso pode ter um papel na manifestação da DD.

A melhor abordagem é evitar os extremos tanto da resignação fatalista quanto de se concentrar em uma única suposta solução milagrosa. Existem muitos, muitos pequenos passos que você pode dar para tornar qualquer mergulho mais seguro. O mais importante é ficar dentro de um perfil tempo-profundidade razoavelmente conservador e incluir paradas de segurança em todos os mergulhos. Outros passos importantes são minimizar a sua intensidade de exercícios e evitar superaquecimento durante a fase de absorção de gases de seu mergulho, escolher o gás correto, treinar o suficiente para que você seja capaz de controlar sua flutuabilidade perfeitamente, permanecer bem descansado e bem hidratado, escolher configurações mais conservadoras dos parâmetros ajustáveis pelo usuário do seu computador, e mergulhar com um dupla que tenha objetivos similares aos seus e seguir práticas similares. Adicionar pequenas margens de segurança em cada etapa pode ajudar a

oferecer uma margem de segurança confortável. Computadores de mergulho são ferramentas poderosas, mas um sólido conhecimento da fisiologia do mergulho, um bom condicionamento físico e aderência às práticas conscientes oferecem a melhor proteção aos mergulhadores.

MANTENHA-O COM VOCÊ

Se você desenvolver sintomas de DD, você deve manter seu computador com você quando for fazer a avaliação médica. Alguns serviços médicos podem conseguir baixar ou revisar seu perfil para ajudar na avaliação do seu caso. A equipe médica com certeza irá gostar de ver a confirmação da sua descrição dos eventos que precipitaram seus sintomas.

DIRETRIZES BÁSICAS



Existem algumas diretrizes básicas que podem ajudar a garantir a segurança e o uso eficiente de um computador de mergulho. As seguintes considerações oferecem uma visão descontraída do que o seu computador de mergulho pode – e não pode – fazer.

É útil pensar no seu computador das seguintes maneiras:

- Como um concorrente nos negócios: domine-o conhecendo seus pontos fortes e fracos.
- Como um namorado(a): ele deve ser estimulado para que a relação funcione.
- Como um dupla de mergulho: ele deve descer e subir sempre, e apenas quando, que você o fizer.
- Como um assistente pessoal: ele o lembra das regras e dos horários que você poderia esquecer.
- Como um ator: ele recita as falas sem precisar entender suas implicações.
- Como um político: não acredite em tudo o que ele lhe disser.
- Como um recepcionista de hotel: ele irá ajudá-lo a fazer o que você quer – mas por um preço.
- Como um estranho: ele não conhece praticamente nada sobre a sua realidade pessoal.
- Como um companheiro: ele é compatível com seus amigos?
- Como um jornalista: ele irá expor a sua roupa suja.
- Como uma ferramenta: use-o apropriadamente.

CUIDADOS IMPORTANTES



Embora a orientação oferecida pelos modelos de descompressão possa ser muito útil, é importante que os mergulhadores se lembrem de que os perfis de mergulho – sejam eles apresentados em tabelas impressas ou na tela de um computador de mergulho – são limitados pelo que eles medem e pelas premissas sobre as quais o modelo foi construído. Os parâmetros dos compartimentos de tecido podem ser ajustados, ou novos compartimentos podem ser adicionados a um algoritmo, se a experiência mostrar deficiências em um dado modelo – mas em tempo real, os cálculos são limitados pelas variáveis que estão sendo processadas. Os algoritmos podem estimar limites baseados em perfis de tempo e pressão (profundidade) para um dado gás, mas eles não conseguem calcular o impacto de uma miríade de fatores que agem em tempo real, incluindo a condição térmica, intensidade de exercício, forças conjuntas e uma série de predisposições individuais que atualmente ainda não são bem compreendidas, muito menos quantificadas em seus impactos no estresse descompressivo.

Os mergulhadores frequentemente se surpreendem quando sintomas de DD se desenvolvem após mergulhos que foram conduzidos dentro dos limites de seus computadores de mergulho. É importante lembrar, entretanto, que embora os modelos matemáticos prevejam desfechos, eles não os garantem. O fato de que um mergulho tenha sido conduzido dentro dos limites sugeridos por um computador de mergulho (ou tabela de

mergulho) não torna o aparecimento de uma DD "não merecida". Os algoritmos matemáticos oferecem uma orientação que deve ser avaliada e ponderada por um mergulhador consciente.

Muitos mergulhadores também não têm consciência de que os computadores de mergulho utilizam muitos modelos matemáticos diferentes, ou versões de modelos diferentes; não existe um padrão universal. Um único fabricante pode até mesmo usar mais de um modelo, possivelmente em um único tipo de computador. Isso torna extremamente difícil avaliar as nuances de todos os sistemas.

INTRODUÇÃO COMPUTADOR DE MERGULHO

"Os mergulhadores se surpreendem quando sintomas de DD se desenvolvem após mergulhos que pareciam seguros de acordo com seus computadores de mergulho. Lembre-se, modelos refletem um mergulhador médio, não você. "

Nos últimos anos, os computadores de mergulho substituíram as tabelas de mergulho como o principal meio de reger os perfis de mergulho. Os computadores de mergulho oferecem a vantagem de permitir ao mergulhador estabelecer dinamicamente diferentes compartimentos como o compartimento controlador, conforme as condições se alteram durante um mergulho. Na realidade, os compartimentos em um modelo descompressivo de um computador de mergulho não precisam representar nenhum tecido específico, desde que a orientação proporcionada pelo modelo resulte em um desfecho aceitável – especificamente, muito pouca DD.

DIAGNOSTICO DIFERENCIAL DE DD

A DD é uma lesão de mergulho importante por causa de sua gravidade potencial. Mas os mergulhadores precisam se lembrar que nem todos os problemas relacionados ao mergulho são DDs. Quando duas ou mais condições apresentam sintomas sobrepostos, como é o caso de muitas lesões relacionadas ao mergulho, o diagnóstico diferencial é o processo pelo qual a equipe médica descobre qual das possíveis condições é mais provavelmente a responsável pelos sintomas.



O termo mal descompressivo (MD) foi cunhado para abranger a DD e a condição relacionada conhecida como embolia arterial gasosa (EAG), esta última sendo causada por um barotrauma dos pulmões que introduz gás na corrente sanguínea sistêmica. Algumas das outras condições e circunstâncias que envolvem sintomas similares incluem o barotrauma de orelha interna; hiperexpansão da orelha média ou do seio maxilar; gás contaminado; intoxicação por oxigênio; distensões musculoesqueléticas ou trauma ocorrido antes, durante ou após um mergulho; envenenamento por animais marinhos; edema pulmonar por imersão; aspiração de água; problemas neurológicos coincidentes, como derrame (Vann et al. 2011). O estresse térmico – algumas vezes causado por excesso de calor, mas normalmente causado por exposição ao frio – também pode ser responsável por sintomas similares. Em alguns casos, um histórico médico cuidadoso pode descartar um diagnóstico ou outro. Por exemplo, os sintomas de edema pulmonar por imersão frequentemente se desenvolvem em profundidade. Nesse tipo de caso, um bom histórico descartaria a DD, que se desenvolve apenas após um estresse descompressivo importante durante a subida.

É essencial que os mergulhadores com qualquer um desses sintomas procurem uma avaliação e suporte médico. Embora socorristas sejam capazes de realizar uma análise inicial em um indivíduo acidentado, como a realização de uma avaliação neurológica em campo, as habilidades de não médicos não chegam perto das habilidades e visões de especialistas clínicos com experiência.

SINAIS E SINTOMAS DA DOENÇA DESCOMPRESSIVA

A pele manchada como essa é característica da cutis marmorata, uma condição que pode alertar para o provável desenvolvimento de sintomas mais graves do Tipo 2.

Os danos coletivos aos sistemas do corpo podem produzir uma DD sintomática. Os principais efeitos da doença podem ser evidentes nos tecidos que são diretamente afetados. Seus efeitos secundários podem comprometer o funcionamento de uma ampla gama de tecidos, colocando ainda mais em perigo a saúde do mergulhador.



A capacidade de reconhecer os sinais, ou evidências objetivas, e os sintomas, ou percepções subjetivas, da DD – e diferencia-los dos sinais e sintomas menos frequentemente associados à DD – é importante. Vários sistemas de classificação foram estabelecidos para a DD. Uma abordagem comum é descrever os casos como do Tipo 1 ou do Tipo 2.

DD DO TIPO 1

Locais comuns de dor músculo esquelética associada à DCS Tipo 1.

- A DD do tipo 1 é normalmente caracterizada por dor musculoesquelética e sintomas cutâneos, ou de pele, leves. Manifestações comuns de tipo 1 de pele incluem coceira e rashes leves (diferente de uma descoloração manchada, ou de aspecto marmorizado, e algumas vezes levantada da pele – uma condição que é conhecida como cutis marmorata e pode preceder o desenvolvimento dos sintomas mais sérios de DD do tipo 2). Menos comum, mas ainda associado à DD do tipo 1 é a obstrução do sistema linfático, que pode levar a inchaço e dor localizada nos tecidos ao redor dos gânglios linfáticos – como nas axilas, na virilha ou atrás das orelhas.

Os sintomas da DD do tipo 1 podem aumentar de intensidade. Por exemplo, a dor pode começar leve próximo a uma articulação ou músculo e então aumentar de magnitude. Entretanto, a dor associada à DD normalmente não aumenta com o movimento da articulação afetada, embora manter o membro em uma posição ao invés de outra possa reduzir o desconforto. Esse tipo de dor pode no final ser bem forte.



DD DO TIPO 2

O teste de Romberg avalia o controle postural. O Romberg afiado, que inclui cruzar os braços e colocar um pé na frente do outro, é mais sensível a mudanças no equilíbrio estático.

Os sintomas do tipo 2 são considerados mais sérios. Eles normalmente podem ser classificados em três categorias: neurológicos, de orelha interna e cardiorrespiratórios. Os sintomas neurológicos podem incluir dormência; parestesia, ou uma sensação alterada, como formigamento; fraqueza muscular; uma marcha prejudicada, ou dificuldade para caminhar; problemas de coordenação física ou controle da bexiga; paralisia; ou uma alteração do estado mental, como confusão ou perda de atenção. Os sintomas de orelha interna incluem zumbido nas orelhas, conhecido como "tinnitus"; perda de audição;



vertigem ou tontura; náusea; vômito; e problemas de equilíbrio. Os sintomas cardiorrespiratórios, conhecidos comumente em inglês como "the chokes", incluem uma tosse seca; dor no peito atrás do esterno; e falta de ar, também conhecida como "dispneia". As queixas respiratórias, que são normalmente causadas por uma grande carga de bolhas nos pulmões, podem comprometer a capacidade dos pulmões de funcionarem – ameaçando a saúde do mergulhador afetado, e até mesmo sua vida, se o tratamento não for providenciado imediatamente.

Os sintomas do tipo 2 podem se desenvolver tanto rapidamente quanto lentamente. Um aumento lento de intensidade pode na verdade ocultar a seriedade da situação, permitindo que a negação persista. Por exemplo, fadiga e fraqueza são preocupações comuns o suficiente, especialmente se seu aparecimento é demorado, para que eles sejam facilmente ignorados. Sintomas menos comuns, como dificuldade de caminhar, de urinar, de audição e de visão – especialmente se seu aparecimento é rápido – podem algumas vezes causar um reconhecimento mais rápido da existência de um problema. É justo dizer que os mergulhadores podem inicialmente relutar em relatar os sintomas, embora eles normalmente o façam se os seus sintomas não desaparecem. Isso é um ponto fraco do qual os mergulhadores devem estar cientes, para não caírem no erro.

APRESENTAÇÃO DA DD



As câmaras hiperbáricas monoplacas comportam apenas o paciente a ser tratado. As paredes da câmara são freqüentemente feitas de acrílico para reduzir qualquer sentido de claustrofobia.

A apresentação da DD é frequentemente idiossincrática – ou seja, seu padrão "típico" pode ser a atipicidade. Em alguns casos, a principal queixa de um mergulhador afetado pode desviar a atenção de sintomas mais sutis, mas potencialmente mais importantes. A seguinte lista classifica as manifestações iniciais da DD, dos mais comumente para os menos comumente relatados (Vann et al. 2011):

- Dor, especialmente próximo às articulações.
- Dormência ou parestesia.
- Problemas constitucionais – como dores de cabeça, sensação de desmaio, fadiga não explicada, mal estar, náusea ou vômito, ou anorexia.
- Tontura ou vertigem.
- Fraqueza motora.
- Problemas cutâneos, ou de pele – como uma coceira rash, ou pele manchada ("cutis marmorata").
- Desconforto muscular.
- Estado mental prejudicado.

- Problemas pulmonares – como dificuldades respiratórias ("the chokes").
- Coordenação prejudicada.
- Nível de consciência reduzido.
- Sintomas auditivos — como ouvir sons que não existem ou dificuldade para ouvir.
- Problemas linfáticos — como inchaço localizado.
- Disfunção da bexiga ou do intestino – como retenção de urina.
- Comprometimento da função cardiovascular.

De acordo com essa revisão recente, dor e dormência, também conhecidos como parestesia, foram relatados em quase dois terços dos casos de DD, sintomas constitucionais em aproximadamente 40 por cento dos casos, tontura/vertigem e fraqueza motora em aproximadamente 20 por cento, e sintomas cutâneos em aproximadamente 10 por cento (Vann et al. 2011).

DIAGNOSTICANDO A DOENÇA DESCOPRESSIVA: INTRODUÇÃO

"Embora a DD seja comumente vista como uma doença de bolhas, as bolhas são provavelmente apenas a porta de entrada para um conjunto complexo de consequências e efeitos."

A DD pode se desenvolver quando o grau de supersaturação de um mergulhador é tão alto (ou, colocado de outra forma, se o gradiente de eliminação é tão acentuado) que uma transferência controlada de gases inertes dos tecidos do corpo para a corrente sanguínea – e então da corrente sanguínea para os pulmões e dos pulmões para o ambiente – não é possível. Se esse processo de remoção não é adequado, gases inertes irão sair de solução e formar bolhas que podem danificar tecidos, obstruir o fluxo sanguíneo, causar danos mecânicos (nas articulações, por exemplo) ou desencadear uma série de respostas bioquímicas.

Embora se saiba muito sobre a DD, seus mecanismos de danos ainda estão sendo investigados. E

ainda que a DD seja comumente vista como uma doença de bolhas, as bolhas são provavelmente apenas a porta de entrada para um conjunto complexo de consequências e efeitos.

RECURSOS DE EMERGÊNCIA

A melhor linha de conduta, se sinais e sintomas consistentes com DD (ou qualquer outra lesão grave) aparecerem, é iniciar os primeiros socorros apropriados e então imediatamente entrar em contato com o serviço médico de emergência (SME) mais próximo. O passo seguinte deve ser entrar em contato com a DAN para buscar aconselhamento quanto ao prosseguimento adequado dos cuidados. Os números da DAN Emergency Hotline são 0800-684-9111 no Brasil e +1-919-684-9111 no exterior.

Normalmente não é apropriado aparecer sem avisar na câmara hiperbárica mais próxima. Isso pode significar um atraso no acesso a um serviço médico onde a vítima poderia receber uma avaliação mais completa e apropriada. Lembre-se de que nem todas as lesões associadas ao mergulho são DDs, mesmo que, no calor do momento, pareça que é. Além disso, as câmaras em alguns serviços médicos não estão disponíveis para tratar mergulhadores o tempo todo ou mesmo nunca. Uma das dificuldades na América do Norte é a diminuição do número de câmaras hiperbáricas que aceitam tratar acidentes de mergulho, especialmente fora do horário comercial normal.

O ponto principal que deve ser lembrado é que estabelecer contato com o serviço médico de emergência e com a DAN pode garantir um gerenciamento oportuno e apropriado do caso. Quando estiver em dúvida, ligue.

RECOMPRESSÃO NA ÁGUA

A recompressão na água pode ser uma alternativa à recompressão na câmara em locais remotos, se não houver uma câmara próxima nem meios de transportar rapidamente o paciente para uma câmara em algum outro local. A técnica envolve levar o mergulhador de volta para a água, para fazer com que as bolhas de gás voltem para solução para reduzir sintomas e então lentamente fazer uma descompressão mantendo uma eliminação ordenada do gás excedente.

Embora a recompressão na água seja um conceito simples, ela é viável apenas com uma quantidade substancial de planejamento, suporte, equipamento e pessoal; condições de água apropriadas; e status do paciente adequado. Problemas críticos podem aparecer devido a mudanças no estado de consciência do paciente, intoxicação por oxigênio,

suprimento de gases, e até estresse térmico. Uma recompressão na água malsucedida pode deixar o paciente em um estado pior do que se a tentativa não houvesse sido feita. As comunidades médica e científica estão divididas quanto a utilidade da recompressão na água. Esta além do escopo desta publicação levar em conta todos os fatores relevantes, mas é correto dizer que provavelmente existem mais situações em que a recompressão na água não deveria ser feita do que situações onde ela seria razoável.

Como regra geral, um mergulhador que desenvolva sintomas consistentes com DD deve ser retirado da água, e os primeiros socorros devem ser feitos na superfície, mesmo se houver a possibilidade de uma demora até que os cuidados médicos definitivos possam ser providenciados.



OXIGENOTERAPIA HIPERBÁRICA



Neal W. Pollock

Neal W. Pollock

Esta é uma câmara hiperbárica monopaciente - capaz de comportar um único paciente, sem qualquer pessoal de apoio interno, ou "propostas".

O tratamento definitivo para DD é a oxigenoterapia hiperbárica (OHB), ou o fornecimento de oxigênio puro a uma pressão substancialmente maior do que a pressão atmosférica. A OHB reduz o tamanho de qualquer bolha e melhora o gradiente que promove o fornecimento de oxigênio e a eliminação de gases inertes. A OHB é normalmente feita em câmaras de recompressão.

Um regime comum de OHB é a Tabela 6 de Tratamento da Marinha Americana (USN 2008). De acordo com esse regime,



Neal W. Pollock

Neal W. Pollock

Esta é uma pequena câmara hiperbárica multipaciente e multilock; Ele pode conter vários pacientes e propostas internas. O pessoal ou o equipamento podem ser transferidos para dentro ou para fora da câmara enquanto o tratamento está em andamento.

a câmara hiperbárica é inicialmente pressurizada a 2,8 atmosferas absolutas (ATA), o equivalente a pressão encontrada em 18 metros (60 pés) de água do mar. O paciente respira oxigênio puro, intercalado com períodos programados onde se respira ar normal para reduzir os riscos de intoxicação por oxigênio. A duração habitual de um tratamento com a USN TT6 é um pouco menor do que cinco horas, mas extensões podem ser adicionadas de acordo com o necessário, baseado na resposta do paciente.

O tratamento OHB pode ser conduzido em uma câmara monoplaca, frequentemente um tubo acrílico com tamanho suficiente para apenas um paciente, ou em uma câmara multiplaca, com tamanho para acomodar um ou mais pacientes além de um ou mais "tenders" – ou seja, técnicos ou outros membros da equipe médica. Câmaras multilock são desenvolvidas para permitir que pacientes, tenders ou equipamentos sejam transferidos para dentro ou para fora da câmara enquanto o tratamento está em andamento.

Neal W. Pollock



Neal W. Pollock

Trata-se de uma grande câmara hiperbárica multiplex e multibloco, na qual múltiplas exposições à pressão podem ser realizadas simultaneamente.

O curso do tratamento de OHB irá variar de acordo com as particularidades de cada caso; tanto a apresentação da DD quanto sua resposta ao tratamento podem ser idiossincráticas. Uma resolução completa dos sintomas de DD pode frequentemente ser alcançada com um, ou algumas vezes vários, tratamentos de OHB. Em alguns casos, entretanto, a resolução dos sintomas será incompleta, mesmo após muitos tratamentos. A abordagem clínica normal é continuar os tratamentos até que nenhuma melhora adicional dos sintomas do paciente seja obtida. Sintomas residuais modestos irão então frequentemente se resolver lentamente, após a série de tratamentos ter terminado. A resolução completa dos sintomas pode algumas vezes demorar meses para ser atingida e em algumas instâncias pode nunca ser obtida.

AVALIAÇÃO SUBSEQUENTE

Os primeiros socorros são o primeiro passo no tratamento de um mergulhador afetado. Qualquer pessoa que tenha experimentado sintomas associados à DD deve procurar uma avaliação médica subsequente. Isso deve ocorrer mesmo que os sintomas do mergulhador tenham melhorado ou desaparecido com a administração do oxigênio, pois questões sutis podem passar despercebidas ou os sintomas podem voltar depois que o fornecimento de oxigênio é interrompido. Pela mesma razão, é aconselhável buscar o conhecimento de um especialista em medicina do mergulho – alguém ciente de todas as nuances na apresentação, no curso e no tratamento da DD.

PRIMEIROS SOCORROS NO LOCAL

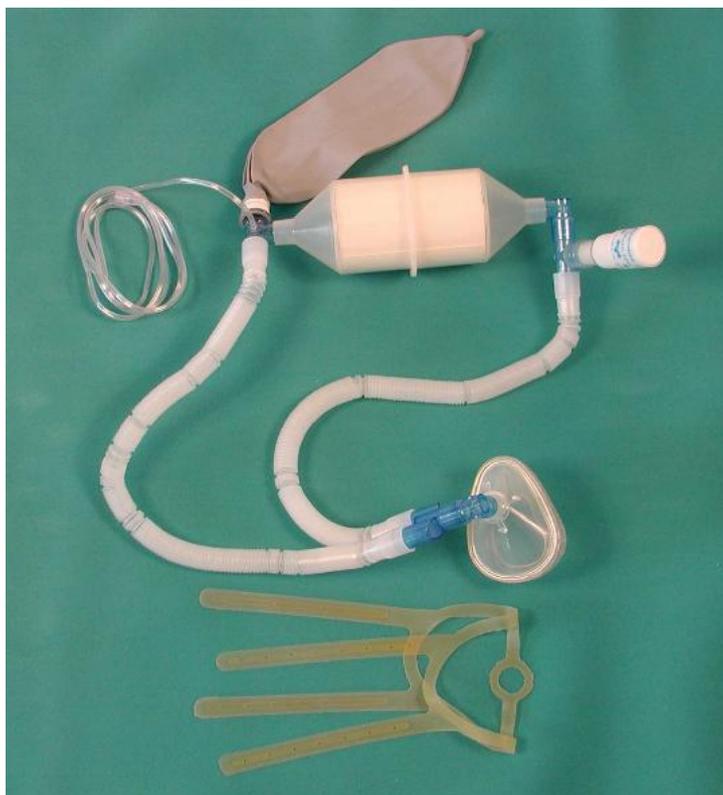


Uma variedade de máscaras diferentes podem ser usadas com sistemas de oxigênio.

O alicerce dos primeiros socorros é o suporte básico de vida. A principal medida de primeiros socorros para DD é a administração de oxigênio suplementar na mais alta concentração, ou fração, possível (Longphre et al. 2007). Altas frações de oxigênio, se administradas rapidamente e durante um período de tempo substancial, podem reduzir ou até eliminar os sintomas de DD, embora frequentemente apenas o façam temporariamente se o tratamento definitivo não for assegurado. Sistemas de fluxo contínuo de oxigênio, utilizando máscaras de não-reinalação ou oronasais, estão frequentemente disponíveis em ambientes de mergulho; entretanto, esse tipo de equipamento administra frações pequenas de oxigênio. Frações mais altas podem ser obtidas com máscaras de demanda, embora elas sejam apropriadas apenas para indivíduos conscientes capazes de respirar por conta própria.

Os especialistas da DAN desenvolveram este respirador remoto de oxigênio de emergência (REMO2) para uso em primeiros socorros (Pollock e Natoli 2007).

Sistemas de rebreathers são outra opção no local; esses sistemas permitem que o oxigênio que não foi usado presente no ar exalado pelo mergulhador seja reciclado, ou re-respirado. Um aparelho de rebreather pode então oferecer altas frações de oxigênio com um mínimo de uso de gás e pode se provar especialmente útil em situações onde o suprimento de oxigênio é limitado (Pollock 2004; Pollock and Natoli 2007).



Sistemas químicos de geração de oxigênio – dispositivos com longas datas de validade e que oferecem oxigênio através de uma reação química – podem em algumas situações ser a única opção disponível. Entretanto, se um serviço médico de emergência não estiver facilmente acessível, esses dispositivos provavelmente não serão capazes de fornecer um suprimento de oxigênio suficiente (Pollock and Natoli 2010).

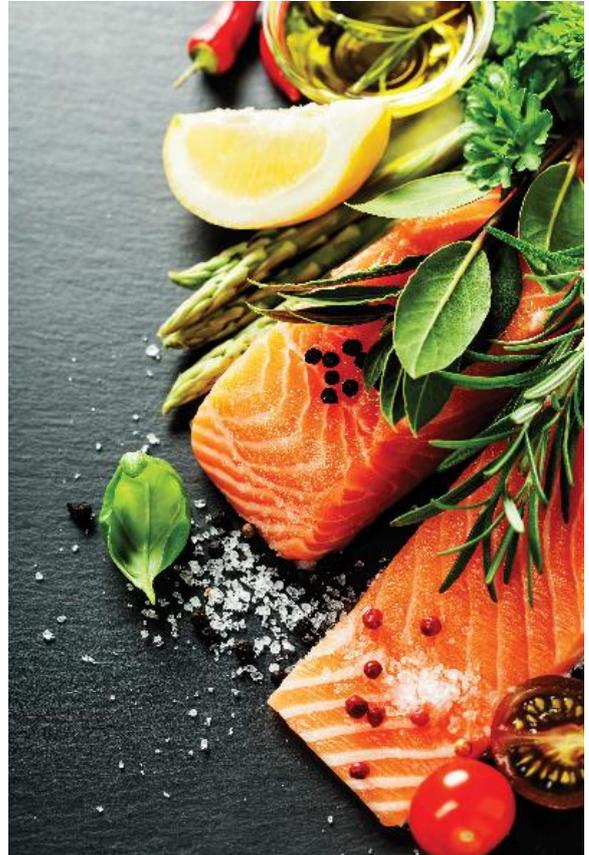
TRATANDO A DOENÇA DESCOMPRESSIVA: INTRODUÇÃO

"Se sinais ou sintomas consistentes com DD aparecerem, dê início aos primeiros socorros apropriados e entre em contato com o serviço médico de emergência mais próximo. Para mais assistência de emergência ligue para a DAN +1-919-684-9111 no exterior ou 0800-684-9111 no Brasil."

Existem vários elementos para o gerenciamento efetivo da DD, especificamente avaliação no local e primeiros socorros, transporte e avaliação médica e tratamento médico definitivos. Qualquer pessoa que tenha sofrido uma DD deve buscar uma avaliação apropriada, e possivelmente cuidados contínuos, de um médico bem informado sobre questões médicas relacionadas ao mergulho.

OUTROS FATORES

Vários outros fatores também podem contribuir para o risco de DD de qualquer indivíduo. Alguns provavelmente tem uma influência pequena, e outros têm, potencialmente, uma influência importante que ainda não foi completamente definida. O estado nutricional, por exemplo, tem um papel importante na saúde geral de uma pessoa e frequentemente no condicionamento físico da pessoa também. Embora pesquisas sobre nutrição e mergulho sejam limitadas, é possível que ela afete também a segurança da descompressão. Por exemplo, um estudo avaliou a relação entre níveis de colesterol e as bolhas induzidas pela descompressão. Ultrassom doppler foi utilizado para classificar os 30 voluntários como "propenso a bolhas" ou "resistente a bolhas". Entre as descobertas do estudo estava que, em média, as pessoas propensas a bolhas apresentavam níveis de colesterol total no sangue maiores do que as pessoas resistentes a bolhas (Webb et al. 1988). Mais pesquisas sobre isso e em muitas outras áreas são necessárias.



SEXO

Há pouca evidência na literatura médica de mergulho de que o sexo tenha alguma importância no desenvolvimento de DD. Mesmo se as mulheres tiverem um risco ligeiramente maior, como é sugerido na literatura médica da aviação, é possível que tomar decisões mais seguras com relação aos seus hábitos de mergulho possa compensar qualquer susceptibilidade fisiológica ligeiramente maior.

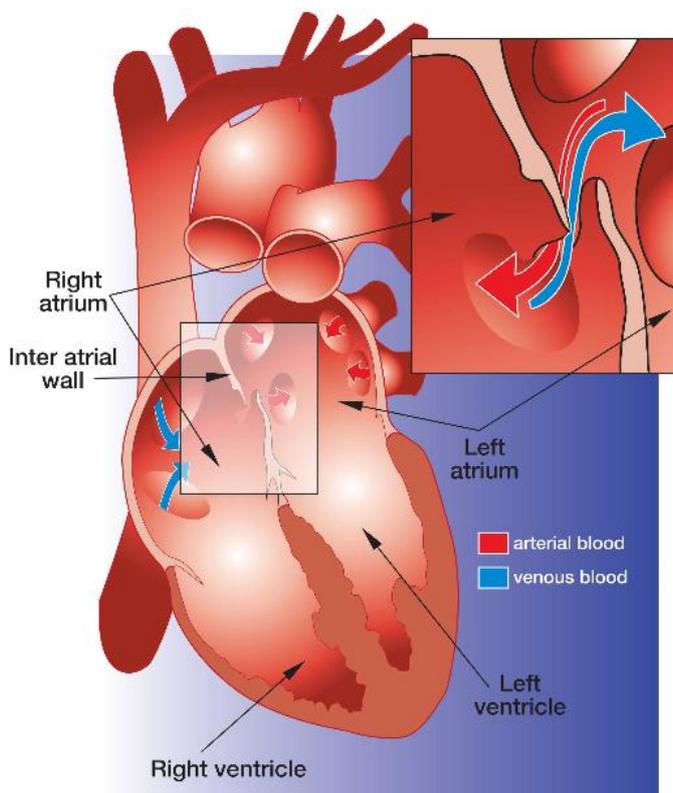
IDADE

Algumas vezes sugere-se que envelhecer aumenta o risco de DD, mas isso pode simplesmente refletir padrões característicos de uma aptidão física e médica comprometida.

FORAME OVAL PATENTE

O forame oval patente (FOP) é um buraco bastante comum, congênito, geralmente benigno entre os átrios esquerdo e direito do coração (veja a ilustração).

Enquanto o feto está se desenvolvendo no útero, a parede que separa os átrios esquerdo e átrio direito do coração se desenvolve a partir do septo primum, que cresce para cima, e do septo secundum, que cresce para baixo. Os septos se sobrepõem, criando uma espécie de alçapão (conhecido como o "forame oval"), que permite que o sangue oxigenado vindo da placenta da mãe, que entrou no átrio direito do feto, passe para o seu átrio esquerdo. No nascimento, os pulmões do bebê se expandem, e a pressão resultante no átrio esquerdo fecha o forame oval. Normalmente, logo após o nascimento, essa abertura se une - mas em cerca de 27 por cento dos bebês, ela não se une completamente e resulta em um FOP.



O FOP muitas vezes não causa sintomas, e a maioria das pessoas que têm um nunca estão cientes do fato. O FOP é diagnosticado através da injeção de uma pequena quantidade de ar numa veia e da observação de sua passagem através do coração utilizando ecocardiografia. Existem dois métodos de ecocardiografia. A ecocardiografia transtorácica (ETT) é fácil e não invasiva - ela simplesmente envolve a colocação de uma sonda de ultrassons na parede externa do peito, mas ela detecta um FOP em apenas 10 a 18 por cento da população - cerca de metade das pessoas que provavelmente têm um. A ecocardiografia transesofágica (ETE) - que envolve anestesia local e sedação intravenosa, para que a sonda possa ser passada pelo esôfago - detecta um FOP em 18 a 33 por cento da população. No entanto, apesar da ETE ser mais sensível do que a ETT, ainda existem muitos resultados falso-negativos com ambas as técnicas; uma ETT bem conduzida pode na verdade ser mais confiável do que uma ETE.

Um dos tratamentos mais comuns para o FOP é um procedimento chamado de fechamento transcaterter; ele envolve a passagem de um cateter através da virilha e da veia femoral até o

coração, onde um dispositivo chamado oclisor é implantado através do FOP. Os oclusores existem em vários tamanhos e formas, mas a maioria atua como um guarda-chuva duplo que se abre em cada um dos lados da parede atrial e veda o furo. Com o tempo, o tecido cresce sobre a prótese e cobre completamente a sua superfície. O implante é realizado sob anestesia local e sedação intravenosa, e paciente permanece consciente. Leva menos do que uma hora e pode ser realizado em um regime de ambulatório ou de uma noite de internação. A maioria dos pacientes pode retornar às suas atividades normais em dois dias, mas eles devem tomar anticoagulantes e / ou drogas antiplaquetárias por três a seis meses. Outras restrições pós-operatórias incluem não realizar nenhum cuidado dental eletivo (como limpezas) por três meses, não praticar esportes de contato por três meses e nenhum trabalho pesado por uma semana. Um mergulhador que se submete a um fechamento transcater de FOP deve abster-se de mergulhar por três a seis meses.

Não existem dados disponíveis sobre os resultados do fechamento do FOP em mergulhadores. Mas os seguintes resultados foram registrados em pacientes submetidos a fechamento do FOP para a prevenção de acidente vascular cerebral (note, no entanto, que esses pacientes apresentam condições médicas subjacentes que podem contribuir para um risco de resultados adversos maior do que o risco médio):

- Eficácia: o fechamento completo da abertura foi atingido em 95 por cento dos casos e o fechamento incompleto em 4 a 5 por cento dos casos; nenhuma melhoria foi observada em apenas um por cento dos casos.
- Complicações: A mortalidade geral foi inferior a 1/10 de 1 por cento (0,093 por cento). A necessidade de uma segunda operação devido a um evento adverso associado ao dispositivo foi inferior a 1 por cento (0,83 por cento).
- Complicações graves: A incidência de morte, acidente vascular cerebral, infecção, sangramento ou lesão dos vasos sanguíneos foi de 0,2 por cento; de movimento do dispositivo ou desalojamento, 0,25 por cento; de formação de coágulo no dispositivo, 0,3 por cento; de complicações importantes no período perioperatório, 1,2 por cento; e de complicações intercalares menores, de 2,4 por cento.

EFEITO NO MERGULHO

Os mergulhadores que sofrem doença descompressiva (DCS) têm uma prevalência de FOP duas vezes maior do que a da população em geral. E em mergulhadores que apresentam sintomas neurológicos de DD, a prevalência do FOP é quatro vezes maior. O risco de DD parece aumentar com o tamanho do FOP. Com base nesses fatos, presume-se que os mergulhadores com um FOP apresentam um risco maior de DD do que aqueles sem um FOP; no entanto, o único estudo prospectivo concebido para medir diretamente o risco relativo de DD em mergulhadores com um FOP ainda está em curso.

NÍVEL DE DIÓXIDO DE CARBONO

Níveis elevados de dióxido de carbono podem aumentar o risco de DD e diminuir o limiar para a intoxicação por oxigênio. O dióxido de carbono é um poderoso vasodilatador, o que significa que ele faz com que os vasos sanguíneos aumentem de diâmetro, aumentando o fluxo sanguíneo e o fornecimento de gases aos tecidos. Os fatores que podem aumentar os níveis de dióxido de carbono incluem o maior espaço aéreo morto do equipamento de respiração



(volume de gás que deve ser movido, mas que não participa das trocas gasosas), o esforço adicional de respirar um gás denso embaixo da água, e exercício. Usar um equipamento bem projetado e com boa manutenção, minimizar o esforço físico e manter-se relaxado enquanto estiver embaixo da água pode minimizar o aumento de dióxido de carbono.

MISTURA DE GASES

A mistura de gases específica que você usa, e como você a usa, pode influenciar o desenvolvimento da DD. Uma mistura conhecida como ar enriquecido nitrox, ou simplesmente nitrox, é cada vez mais popular no mergulho recreativo.

A porcentagem de oxigênio na mistura é aumentada, reduzindo a

fração de nitrogênio. Isso significa que há menos absorção de nitrogênio a uma dada profundidade. O efeito do nitrox na descompressão, em comparação com o ar, pode ser calculado utilizando-se o que é conhecido como profundidade equivalente em ar (PEA). O risco de DD quando se mergulha com nitrox dentro dos limites da tabela usando o conceito de PEA não é consideravelmente diferente de se mergulhar com ar dentro dos limites da tabela de ar. É possível atingir uma margem de segurança descompressiva utilizando-se nitrox com os limites da tabela de ar, já que isso irá reduzir sua absorção de gás inerte em comparação com o uso de ar.



A ressalva crítica com o nitrox é que o maior conteúdo de oxigênio significa que um mergulhador que esteja respirando nitrox corre o risco de desenvolver uma intoxicação por oxigênio a uma profundidade menor do que um mergulhador respirando ar. A máxima pressão parcial de oxigênio recomendada – a pressão parcial é a parte da pressão total de gases representada por um único gás – é de 1,4 ATA para mergulhos recreativos. Ao mergulhar com ar (21 por cento de oxigênio), esse valor é atingido a uma profundidade em água do mar de 57 metros (187 pés) – além do limite normal do mergulho recreativo (57 metros = $6,7 \text{ ATA} \times 0,21 \text{ ATA de oxigênio no ar} = 1,4 \text{ ATA}$). Ao mergulhar com uma mistura de nitrox de 32 por cento, esse valor é atingido a uma profundidade em água do mar de 34 metros (111 pés), e com nitrox 36 por cento a apenas 29 metros (95 pés) – profundidades comumente atingidas por mergulhadores recreativos.

ESTADO DE HIDRATAÇÃO

A desidratação recebe muita atenção da comunidade de mergulho leiga como um fator de risco para a DD, provavelmente mais atenção do que ela merece. Uma boa hidratação é importante para uma boa saúde, tanto para a saúde geral quanto para o mergulho, mas para o seu perfil de mergulho, o estresse térmico e o nível de esforço físico são fatores de risco muito mais importantes para a DD. O foco indevido na desidratação é provavelmente



resultado de duas questões. A primeira é que uma grande troca de fluídos pode ser causada pela DD, frequentemente criando a necessidade de muita hidratação intravenosa e criando a impressão de que isso era a causa, e não uma consequência, da doença. A segunda questão é a natureza humana – o desejo compreensível de encontrar culpados para uma condição que é caprichosa. A DD é inconstante. Um mergulhador pode fazer um perfil de mergulho semelhante muitas vezes sem nenhum incidente e então desenvolver DD ao seguir o mesmo perfil. É reconfortante tentar identificar um único agente causal, mesmo se isso for mais desejoso do que verdadeiro. É importante que os mergulhadores entendam que inúmeros fatores podem sutilmente afetar o risco em qualquer mergulho e que essa doença tem uma natureza probabilística. Focar em uma gama de estratégias para reduzir o risco é mais eficiente do que tentar colocar toda a culpa em um único fator.

APTIDÃO MÉDICA E FÍSICA



Uma má aptidão médica ou física pode comprometer a sua segurança em geral e pode aumentar seu risco de DD. Dados definitivos são limitados, mas não há dúvida de que é prudente manter um bom nível de condicionamento físico e mergulhar de forma progressivamente mais conservadora conforme seu nível de condicionamento físico diminui. O mergulho seguro é possível durante todo o tempo de vida normal de uma pessoa, mas é importante para todos os mergulhadores buscar uma avaliação regular e objetiva de suas capacidades e adaptar seus hábitos de mergulho de acordo. Mas, mesmo para mergulhadores que passaram de uma forma de mergulho independente para uma mais dependente, na qual cada vez mais dependem do suporte de outros, haverá no final um ponto no qual eles devem pendurar suas nadadeiras.

RECOMENDAÇÕES SOBRE ATIVIDADE FÍSICA

Os adultos precisam de dois tipos de atividade regular para manter ou melhorar sua saúde – treinamento aeróbico e de força. As Diretrizes para Atividades Físicas para Americanos (Physical Activity Guidelines for Americans) de 2008 do Centers for Disease Control and Prevention recomenda pelo menos duas horas e meia de exercício aeróbico de intensidade moderada por semana para alcançar benefícios de saúde, e cinco horas por semana para

alcançar benefícios de condicionamento físico. E tão importante quanto realizar exercícios aeróbicos é fazer atividades de fortalecimento muscular pelo menos dois dias por semana.

Embora uma boa saúde e um bom condicionamento físico não resolvam todos os problemas, o fundamento é importante. Uma reserva física adequada pode permitir uma rápida resposta para evitar que um pequeno problema se torne sério. Cenários relevantes podem ser facilmente imaginados para quase qualquer mergulho.

Exercícios aeróbicos regulares apresentam muitos benefícios positivos. A frequência cardíaca de reserva é a diferença entre a taxa na qual o coração bombeia sangue em repouso e sua capacidade máxima. Um aumento nessa reserva pode tornar mais fácil atender as demandas físicas da atividade física do mergulho e estresse. Valores de colesterol sanguíneo podem melhorar, reduzindo a susceptibilidade a uma doença cardíaca. A sensibilidade à insulina pode melhorar, reduzindo o risco de desenvolvimento de diabetes. Embora dados específicos para o mergulho sejam muito mais preliminares, também há alguma evidência de que níveis mais altos de condicionamento aeróbico podem contribuir para a redução do estresse descompressivo.

A maioria das pessoas sabe que estar em boa forma física pode melhorar a qualidade de vida. O maior problema, entretanto, é que a idade cobra seu preço de nós. A facilidade com a qual mantemos nosso condicionamento aos 20 anos de idade pode ser bem diferente da realidade conforme as décadas vão passando. O condicionamento aeróbico normalmente diminui a uma média de um por cento por ano após os 30 anos de idade. O ponto importante é que embora alguma diminuição seja inevitável devido a uma gradual perda de massa muscular e uma redução na atividade metabólica da musculatura que envelhece, pode-se diminuir a velocidade da taxa e aumentar a amplitude de reserva adotando-se um estilo de vida saudável o mais cedo possível.

O condicionamento físico necessário para o mergulho irá variar conforme as demandas do ambiente, o equipamento, e a natureza do mergulho. A melhor estratégia é incorporar atividades físicas regulares em sua vida para melhorar ou preservar suas capacidades, e para prolongar sua vida de mergulho. Não conte com o mergulho para mantê-lo com um bom condicionamento físico. Se feito da maneira correta, ele deve ser um momento relaxante na água. Para manter ou desenvolver capacidade aeróbica e força muscular, nade, ande de bicicleta, corra, ou faça quaisquer outras atividades físicas das quais você goste. Quanto melhor o seu condicionamento físico, mais tempo você vai poder mergulhar.

Recomendações detalhadas sobre atividades físicas podem ser encontradas em [cdc.gov/physicalactivity/everyone/guidelines](https://www.cdc.gov/physicalactivity/everyone/guidelines).

VOO APÓS MERGULHO



As viagens aéreas modernas tornaram locais de mergulho distantes facilmente acessíveis. Voar para um destino próximo ao nível do mar antes de mergulhar não acarreta virtualmente nenhum risco (fora a possibilidade de uma desidratação leve ou debilitação devido a um longo período de relativa imobilidade). Como os voos terminam com compressão, os tecidos dos passageiros do avião irão estar subsaturados no momento da aterrissagem e subsequentemente irão acumular gases inertes para reestabelecer o equilíbrio com a pressão ambiente.

Voar após mergulhar, entretanto, aumenta o estresse descompressivo, pois a pressão na cabine da aeronave é menor do que a pressão atmosférica no solo. As aeronaves comerciais devem ter a capacidade de manter a pressão de cabine equivalente a 8.000 pés (2.438 metros), aproximadamente 0,76 ATA. Isso não significa que a pressão de cabine seja sempre mantida em pressões mais altas. Um estudo recente descobriu que 10 por cento dos voos comerciais testados apresentavam a pressão de cabine acima dos 8.000 pés (Hampson et al. 2013). Agora imagine que você acabou de completar um mergulho a 20 metros (66 pés), onde você estava a uma pressão embaixo da água de 3,0 ATA. Você volta à superfície, e a pressão de 1,0 ATA ao nível do mar já sujeitou seu corpo a uma pressão três vezes menor (3,0:1,0). Se você então entra em um avião que apresenta uma pressão de cabine

equivalente a 8.000 pés, você estará se expondo a uma pressão quatro vezes menor (3,0:0,76) e portanto a um estresse descompressivo ainda maior. Além disso, se o seu avião sofrer uma, improvável mas não impossível, despressurização da cabine, você será sujeitado a um estresse descompressivo ainda muito maior.

A DAN e a Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS) organizaram um workshop em 2002 para revisar os dados disponíveis relacionados ao estresse descompressivo de voos após mergulho e para desenvolver diretrizes em consenso (Sheffield and Vann 2004). Houve duas observações importantes com relação às diretrizes: primeiro, segui-las irá reduzir o risco, mas não oferece nenhuma garantia de que você irá evitar a DD e, segundo, observar intervalos de superfície ainda maiores do que os mínimos recomendados irá reduzir ainda mais o risco de DD. Tendo em mente essas ressalvas, aqui estão as diretrizes:

- Após um único mergulho não descompressivo, um intervalo de superfície de no mínimo 12 horas é recomendado antes de voar.
- Após múltiplos mergulhos em um dia, ou múltiplos dias de mergulho, um intervalo de superfície de no mínimo 18 horas é recomendado antes de voar.
- Após mergulhos descompressivos, havia poucas evidências sobre como basear uma recomendação, mas um intervalo de superfície antes de voar substancialmente maior do que 18 horas é considerado prudente.

Há mais dois fatores que devem ser observados com relação às diretrizes de voo após mergulho da DAN-UHMS:

- Eles se aplicam a voos a altitudes entre 2.000 e 8.000 pés (610 e 2.438 metros). O efeito de um voo a uma altitude inferior a 2.000 pés foi considerado leve o suficiente para não justificar uma consideração especial – dando aos mergulhadores a flexibilidade de participarem de viagens aéreas amenas após mergulho, como voos curtos entre ilhas e em baixa altitude.
- Elas se aplicam a mergulhadores que não apresentam sintomas de DD. É essencial que um mergulhador que esteja apresentando qualquer sintoma consistente com a DD busque tratamento antes de voar.

É importante lembrar-se de que qualquer subida a uma maior altitude após mergulho – mesmo utilizando transportes terrestres – aumenta o estresse descompressivo. Ter uma atitude cautelosa nesses casos, mantendo seus perfis de mergulho finais mais conservadores ou atrasar sua viagem para uma maior altitude, é sempre recomendado. A Marinha Americana gerou tabelas e procedimentos detalhados que permitem o cálculo de limites de exposição para uma maior gama de altitudes e com mais flexibilidade de tempo do que as diretrizes da DAN-UHMS (USN 2008). É importante entender, entretanto, que eles

são simplesmente cálculos matemáticos baseados nos mesmos dados utilizados para o desenvolvimento das diretrizes da DAN-UHMS. Além disso, eles exigem o cálculo de grupos de pressão para mergulhos repetitivos para o planejamento, algo que é feito com tabelas de mergulho, mas não com computadores de mergulho. Apesar dessas limitações, eles podem ser úteis, especialmente para um padrão regular de mergulho em altitude.

PRÁTICAS IDEAIS

A dificuldade aparece em conciliar as práticas ideais para uma descompressão segura e os desejos e práticas normais dos mergulhadores. É compreensível que os mergulhadores queiram se aquecer antes do início de um mergulho, prevendo ficarem com frio conforme o mergulho prossegue. Historicamente, os mergulhadores faziam isso jogando água quente em suas roupas úmidas ou luvas antes de um mergulho. Então alguns mergulhadores começaram a colocar bolsas quentes químicas em suas roupas. Mergulhadores modernos têm ainda mais opções disponíveis para eles, devido a gama atual de roupas de aquecimento ativo adequadas para serem usadas tanto com roupas úmidas quanto com roupas secas. O problema, no entanto, permanece o mesmo: aquecer os tecidos corporais periféricos aumenta a circulação e aumenta o fornecimento de gases inertes, especialmente se o aquecimento for aplicado no início de um mergulho, quando a absorção de gases inertes está caracteristicamente em um nível mais alto. Além disso, tanto a água quente quanto as bolsas quentes químicas perdem sua eficiência com o tempo, podendo criar o padrão quente-fresco que comprovadamente gera o maior risco de DD. Mesmo roupas de aquecimento ativo – que são capazes de manter o mergulhador aquecido durante todo o mergulho – envolvem um risco um pouco elevado. Como mostrado com roupas de água quente, um padrão aquecido-aquecido, embora associado a menos DD do que um padrão aquecido-fresco, permanece mais perigoso do que um padrão fresco-aquecido. Em termos práticos, os mergulhadores devem manter uma proteção térmica adequada para garantir um raciocínio claro e a capacidade física. Deve-se evitar um aquecimento excessivo durante os mergulhos.

Os mergulhadores ainda devem ter em mente que o aquecimento pós mergulho também pode influenciar o risco de descompressão. Regozijar-se com um rápido aquecimento pós mergulho, como tomar um banho quente ou entrar em uma banheira quente, diminui a solubilidade dos gases inertes nos tecidos. Isso irá promover a formação de bolhas em tecidos localizados, frequentemente antes que a perfusão aumente o suficiente para remover o gás. Sintomas cutâneos, felizmente frequentemente leves e transitórios – não a cutis marmorata – podem se desenvolver com o rápido aquecimento da pele após o mergulho. A dificuldade é fazer com que os mergulhadores priorizem a descompressão segura ao invés do conforto puro. Se um sistema de aquecimento ativo for usado, isso significa que ele deve ser colocado em sua configuração mais baixa durante a fase de descida e fundo, e depois aumentado um pouquinho durante a fase de subida e paradas. Isso também significa esperar para ter o prazer de entrar em um chuveiro quente ou em uma banheira quente. Se esperar pela gratificação não for o seu estilo, então você deve utilizar perfis mais conservadores de mergulho para reduzir seu risco geral.

ESTRESSE TÉRMICO

Há muito tempo sabe-se que o status térmico de um mergulhador influencia o risco descompressivo. O impacto é melhor entendido ao considerarmos as duas fases fundamentais de todo mergulho: a fase de descida e fundo, quando a absorção de gases ocorre, e a fase de subida e paradas, quando ocorre a eliminação de gases.

DUAS FASES

Durante a fase de descida e fundo de um mergulho, um estado relativamente aquecido resulta em um aumento da absorção de gases inertes; isso é o equivalente a realizar um mergulho mais profundo ou mais longo. Por outro lado, se você consegue manter um estado fresco ou neutro durante a fase de descida e fundo, você reduz efetivamente sua absorção de gases inertes. Esse efeito benéfico será aumentado ainda mais se você se cansar o mínimo possível durante essa fase.



Durante a fase de subida e paradas de seu mergulho, um estado relativamente aquecido irá promover a eliminação de gases inertes, reduzindo assim o estresse descompressivo geral. Por outro lado, um estado fresco ou de frio durante essa fase irá reduzir a eliminação de gases inertes, efetivamente prolongando e possivelmente aumentando o estresse descompressivo.

O risco descompressivo associado a roupas de água quente – que na verdade estabelecem uma condição aquecida nas duas fases de um mergulho – foi estabelecido em um estudo de mergulhadores do Mar do Norte realizado 30 anos atrás (Shields and Lee 1986). O impacto do estado térmico no estresse descompressivo foi ainda mais elegantemente demonstrado em um estudo recente realizado pela Marinha dos EUA (Gerth et al. 2007). As condições controladas de um estudo científico não podem ser diretamente correlacionadas às práticas do mergulho cotidiano, mas a mensagem principal desses estudos é a da importância de um estado térmico consciente. Manter-se neutro na descida – certamente evitando o superaquecimento desnecessário – e aquecido na subida (aproximando-se de um padrão fresco-aquecido) irá reduzir o risco de DD em comparação a estar mais aquecido na descida e fresco na subida (um padrão aquecido-fresco).

CARGA DE TRABALHO

DURANTE O MERGULHO

O momento e a intensidade do exercício durante um mergulho podem afetar substancialmente seu risco de DD. Uma grande carga de trabalho durante as fases de descida e de fundo de um mergulho aumentam sua absorção de gases inertes, efetivamente aumentando o estresse descompressivo subsequente. Um esforço físico próximo ao final ou imediatamente após um mergulho, especialmente se ele envolver muita força das articulações, pode estimular a formação e aumentar a probabilidade de bolhas passarem pelos pulmões sem serem filtradas e retiradas da circulação.

Você deve manter sua intensidade de exercício o mais baixa possível durante a fase de fundo de um mergulho. Exercícios leves – na ordem de não mais que duas ou três vezes o esforço de repouso, e com muito pouca força das articulações – são apropriados durante a fase de subida e de paradas de um mergulho. Entretanto, qualquer exercício, especialmente exercícios que envolvem muita força das articulações, deve ser evitado o máximo de tempo possível após um mergulho. Se você não conseguir evitar exercícios após o mergulho, você deve manter seus perfis de mergulho muito conservadores para minimizar seu risco geral.

ESTIMATED METABOLIC ENERGY REQUIREMENTS FOR SELECTED PHYSICAL ACTIVITIES	
PHYSICAL ACTIVITY	MET
LIGHT-INTENSITY ACTIVITIES	
SLEEPING	0.9
WATCHING TELEVISION	1.0
WRITING, DESKWORK, TYPING	1.8
WALKING AT 2.5 MILES PER HOUR (4.0 KILOMETERS PER HOUR)	2.9
MODERATE-INTENSITY ACTIVITIES	
WALKING AT 3.4 MILES PER HOUR (5.5 KILOMETERS PER HOUR)	3.6
UNDERWATER SCUBA SWIMMING AT 20 YARDS PER MINUTE (0.6 KNOTS)	5.0
SURFACE SWIMMING AT A LEISURELY PACE	6.0
VIGOROUS-INTENSITY ACTIVITIES	
JOGGING, GENERAL	7.0
UNDERWATER SCUBA SWIMMING AT 34 YARDS PER MINUTE (1 KNOT)	7.5
SURFACE SWIMMING, CRAWL, AT 50 YARDS PER MINUTE	8.0
WALKING AT 5.0 MILES PER HOUR (8.0 KILOMETERS PER HOUR)	8.3
SURFACE SWIMMING, CRAWL, AT 75 YARDS PER MINUTE	11.0
UNDERWATER SCUBA SWIMMING AT 40 YARDS PER MINUTE (1.2 KNOTS)	11.0

Modified from Ainsworth et al. (2011)

FATORES QUE CONTRIBUEM PARA O ESTRESSE DESCOMPRESSIVO: INTRODUÇÃO

"Vários fatores contribuem para sua susceptibilidade pessoal à DD e podem até alterar sua susceptibilidade de um dia para o outro."

O fator de risco mais importante é seu perfil de exposição – ou seja, o tempo, a profundidade e a velocidade de subida de seus mergulhos. Algum grau de intensidade de exposição é necessário para iniciar uma doença descompressiva, independentemente da presença de outros fatores predisponentes.

Existem alguns fatores, entretanto, que influenciam o resultado caso você tenha uma exposição suficiente para tornar a DD uma possibilidade. Vários fatores de risco comuns são mencionados neste capítulo.

GARANTA A SUA SEGURANÇA



A maioria dos mergulhos é atualmente orientada por computadores de mergulho. É importante entender, entretanto, que simplesmente mergulhar dentro dos limites do algoritmo do seu computador não irá garantir a sua segurança. Os computadores de mergulho oferecem orientações baseadas em seu perfil de tempo-profundidade. Eles são incapazes de considerar outras condições ou fatores individuais que podem influenciar drasticamente o seu risco – e, portanto, eles devem ser usados conscientemente. Muitos computadores de mergulho permitem que os usuários façam ajustes no algoritmo dos cálculos, com o objetivo de adicionar margens de segurança. É importante que os mergulhadores conheçam as medidas conservadoras que estão disponíveis, saibam como as empregar e sejam estimulados a utilizá-las – e ainda assim que mergulhem com cuidado. Como regra geral, mergulhos multiníveis progredindo de profundos para rasos, com etapas cada vez mais longas nos estágios mais rasos, irão provavelmente reduzir seu risco descompressivo.

A DD é uma grande preocupação dos mergulhadores devido à gravidade potencial dessa condição. Mas sem diminuir essa preocupação, os mergulhadores também devem se lembrar de que a DD é uma doença relativamente rara e apenas uma de muitas preocupações de saúde relacionadas ao mergulho.

Felizmente, todas as medidas que você pode tomar para diminuir a probabilidade de sofrer uma DD irão aumentar a sua segurança no mergulho como um todo. Essas são as medidas mais importantes:

- Tome pequenas atitudes em favor do conservadorismo em uma variedade de áreas, para aumentar substancialmente a sua probabilidade geral de um desfecho seguro ao mergulhar.
- Adquira conhecimento suficiente para permitir que você reconheça tanto os riscos do mergulho quanto as possíveis soluções.
- Adquira habilidades suficientes, especialmente relacionadas ao controle de flutuabilidade, para garantir que todos os seus mergulhos possam ser conduzidos de acordo com o planejado.
- Pratique uma boa seleção de duplas, de forma que seus planos e ações sejam compatíveis com aqueles de seus companheiros de mergulho e com hábitos seguros de mergulho.
- Mantenha uma boa comunicação com seus duplas, para resolver os problemas rapidamente, quando eles são provavelmente mais controláveis. Uma ação coletiva instruída e cuidados da parte de todos os mergulhadores em um grupo é essencial para garantir um bom desfecho.

RESUMO E CONSIDERAÇÕES FINAIS

"Prolongar paradas rasas – sejam elas de segurança ou obrigatórias – é um seguro barato. Fique mais tempo, respire tranquilamente."

A melhor maneira de evitar a DD é estar bem informado e mergulhar conservadoramente, com bom controle. Reconhecer e adaptar qualquer fator que possa predispor você a DD, determinar limites razoáveis para você, e então seguir esses limites pode conferir uma expectativa razoável de segurança.

REFERÊNCIAS

Ainsworth BE, Haskell WL, Herrmann SD, Meckes N, Bassett DR Jr., Tudor-Locke C, Greer JL, Vezina J, Whitt-Glover MC, Leon AS. Compendium of physical activities: a second update of codes and MET values. *Med Sci Sports Exerc.* 2011; 43 (8):1575–81.

Gerth WA, Ruterbusch VL, Long ET. The influence of thermal exposure on diver susceptibility to decompression sickness. NEDU Report TR 06-07. November, 2007; 70 pp.

Hampson NB, Kregenow DA, Mahoney AM, Kirtland SH, Horan KL, Holm JR, Gerbino AJ. Altitude exposures during commercial flight: a reappraisal. *Aviat Space Environ Med.* 2013; 84(1): 27-31.

Longphre JM, Denoble PJ, Moon RE, Vann RD, Freiburger JJ. First aid normobaric oxygen for the treatment of recreational diving injuries. *Undersea Hyperb Med.* 2007; 34(1): 43-9.

Pollock NW. REMO₂ — an oxygen rebreather for emergency medical applications. *Alert Diver.* 2004; July/Aug: 50-5.

Pollock NW, Natoli MJ. Chemical oxygen generation: evaluation of the Green Dot Systems, Inc. portable non-pressurized emOx device. *Wilderness Environ Med.* 2010; 21(3): 244-9.

Pollock NW, Natoli MJ. Performance characteristics of the second-generation remote emergency medical oxygen closed-circuit rebreather. *Wilderness Environ Med.* 2007; 18(2): 86-92.

Sheffield PJ, Vann RD, eds. *Flying After Recreational Diving Workshop Proceedings.* Durham, NC: Divers Alert Network, 2004.

Shields TG, Lee WB. *The Incidence of Decompression Sickness Arising from Commercial Offshore Air-Diving Operations in the UK Sector of the North Sea during 1982/83.* Dept of Energy and Robert Gordon's Institute of Technology: UK, 1986.

U.S. Navy Diving Manual, Revision 6, Volume 2. Published by Direction of Commander, Naval Sea Systems Command; 2008; Washington, D.C. (<http://www.scribd.com/doc/8162578/US-Navy-Diving-Manual-Revision-6-PDF#scribd>).

Vann RD, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet.* 2011; 377(9760): 153-64.

Webb JT, Smead KW, Jauchem JR, Barnicott PT. Blood factors and venous gas emboli: surface to 429 mmHg (8.3 psi). Undersea Biomed Res. 1988; 15(2): 107-21.

CRÉDITOS

Editor Chefe: Petar Denoble, MD, DSc

Autor: Neal Pollock, PhD