

## MONOGRAFIA

### AUDIOLOGIA CLÍNICA – RECIFE – 1999

#### MARILIA BEATRIZ GUIMARÃES PANGRÁCIO

## MERGULHO

### Problemas auditivos acidentais e outras doenças em mergulhadores

Este trabalho tem como objetivo explicar quais são os acidentes e as doenças causadas pelo mergulho em condições inadequadas. O enfoque principal será dado aos barotraumas de ouvido médio e ouvido externo, além das fístulas perilinfáticas acometendo o ouvido interno.

Está é uma pesquisa teórica que analisa as alterações da fisiologia no mergulho e acidentes e doenças que o mergulho pode causar. Para tanto, são utilizados conceitos da física como por exemplo, as alterações da pressão atmosféricas e as leis básicas que regem a física dos fluidos.

É importante ressaltar que houve uma tentativa de usar estes conceitos de uma forma clara e objetiva, mesmo para aqueles que não tem conhecimento desta prática.

A leitura deste trabalho devera ser feito não só por Fonoaudiólogos, mas também por médicos como Otorrinolaringologistas (que poderiam evitar os barotraumas auditivos, pulmonares e faciais), os Dermatologistas (que preveniriam os traumas cutâneos), os                      Cardiologistas (os problemas

cardíacos) e os dentistas (barotrauma dentário).

Pode-se concluir que é amplo o leque de profissionais envolvidos.  
Estes devem ter uma formação adequada para a prevenção e tratamento das  
doenças e acidentes de mergulho.

A minimização destes problemas pode ser feita através de check up  
inicial e periódicos. Além disto se fazem necessárias instruções teórico –  
práticas adequadas sobre as técnicas e manobras do mergulho. Desta forma,  
esta atividade se tornaria uma prática segura e proveitosa.

## DIVING

### Accidental auditive problems and other illnesses which are common among divers

This study has the purpose of explaining which accidents and illnesses are caused by diving in inadequate conditions. The main emphasis will focus on the middle ear and external ear barotrauma. Along with, the lymph peripheral fistulae that occur in the internal ear.

This is a theoretical research which analyzes the alterations on the physiology while diving and the accidents and illnesses that diving might cause.

For this purpose, physics concepts are used, for instance, the alterations of the atmospheric pressure and the basic laws ruling the physics of the fluid.

It is important to assert that there was an attempt to use those concepts in a clear and objective way, even for those who are not familiar with this practice.

The present research is to be read not only by speech therapists but also by doctors, such as ear nose and throat specialists (to prevent the auditive,

lung and facial barotrauma), Dermatologists (to prevent cutaneous trauma),  
Cardiologists (to prevent cardiac problems) and dentists (to prevent dental  
barotrauma).

As a conclusion, one can say that the amount of professionals involved  
in this study is rather large. Those professionals should be well prepared and well  
informed concerning the prevention and treatment of the illnesses and accidents  
caused by diving. Those problems may be minimized by the regular use of check  
up.

More over, they (the professionals) should be informed about  
theoretical and practical instructions adequate to the practice of diving. Thus, this  
activity would become a safe and enjoyable exercise.

## **INTRODUÇÃO**

Antigamente, permanecer embaixo da água por um tempo indeterminado parece ter sido o sonho de todos aqueles que mergulhavam apenas na apnéia, utilizando o ar dos pulmões sem o auxílio de equipamentos. Os objetivos que despertavam este interesse, certamente não se dirigiam para o lazer. Os reis e governantes, caso pudessem e soubessem permanecer respirando sobre as águas, tratariam imediatamente de procurar todos os tesouros e valores que submergiam em naufrágios comerciais e guerreiros.

Tal proposta era impossível ao ser humano. A imaginação e a fantasia tomavam o lugar da tecnologia e sempre se conseguia alguma razão mágica para se iniciar contos ou odisséias em que o herói dispunha de possibilidades de praticar suas façanhas sob o mar.

Até que no verão de 1938, um jovem oficial chamado Jean Jacques-Ives Costeau lança-se mar abaixo, testando um equipamento de respiração com oxigênio, praticamente de sua autoria. Vai até os 14 metros de profundidade e a partir daí sente os lábios e pálpebras tremerem. Percebendo que vai perder os sentidos, descarta o cinto de lastro e sobe inconsciente à superfície. Os marinheiros recolhem o oficial a bordo.

Em 1939, o persistente oficial repete a experiência, o equipamento ainda utiliza oxigênio, e aos 14 metros o mergulhador é acometido por contrações e convulsões chegando, novamente, inconsciente à superfície.

E assim Costeau descobre e aprende que o oxigênio puro é extremamente perigoso à partir dos 7 metros de profundidade.

Em 1942, Costeau, durante a guerra, conhece Émilie Gagnan, um engenheiro perito em equipamentos de gás. Juntos constroem um equipamento com garrafas em aço e com ar comprimido. Dela saía uma válvula de respiração que controlava automaticamente o fluxo do volume de ar fornecido ao mergulhador.

Em 1943, Costeau realizou o primeiro passeio submarino em seu equipamento de mergulho autônomo. Recebendo ar comprimido em condições satisfatórias e, a partir daí, marcou o início de uma outra modalidade de submersão que permitia ao mergulhador usufruir, finalmente, de um estado de liberdade embaixo da água.

O desenvolvimento na arte de submergir permaneceu quase que estacionário nos três últimos séculos, vindo a receber o impulso decisivo só muito recentemente. O problema técnico que obteve solução significativa, foi o

funcionamento da válvula reguladora do suprimento de ar à fluxo regulado. A partir de um protótipo aceitável, diversas variações e aperfeiçoamentos não cessaram de ocorrer até os dias de hoje. É interessante ressaltar que até pouco tempo o processo era muito empírico. Problemas como narcose ou intoxicação por oxigênio, antes de serem equacionados produziram muitas vítimas.

A Doença Descompressiva espalhou seus efeitos durante muitos anos, de maneira desordenada, desafiando mergulhadores e pesquisadores. Barotraumas dos mais diversos ainda ocorriam com frequência na década de 60. O mergulho possuía a conotação de ser uma atividade de alto risco. Quanto ao mergulhador, era um desbravador ou um insensato.

O panorama atual do mergulho é bastante diferenciado em comparação com a década acima citada.

O mergulho de lazer, hoje é uma realidade permitida à qualquer pessoa que queira viver esta experiência. O mercado de turismo subaquático, proporciona o desfrute do visual submarino à jovens e idosos, cria e assegura empregos a uma faixa considerável da população.

Entretanto por mais que se evidencie as conquistas e facilidades tecnológicas, ao ingressar no ambiente submarino, o homem tem que se adaptar a uma série de condições diferentes daquela que vive normalmente. Se essa adaptação é satisfatória, o mergulhador volta à superfície são e salvo. Caso contrário, o organismo sofre alterações irreversíveis, ocorrendo os acidentes e doenças do mergulho.

Este trabalho tem como objetivo relatar acidentes e doenças causadas pelo mergulho em condições inadequadas, enfocando principalmente

as alterações auditivas: os barotraumas de ouvido médio e ouvido externo, além das fístulas perilinfáticas acometendo o ouvido interno.

Acredito que um estudo teórico aprofundado destas alterações no organismo, venha contribuir na prevenção e cuidados necessários a serem tomados para que o mergulho seja uma prática sem riscos.

Será realizada uma pesquisa teórica sobre o homem e o ambiente submarino, as alterações da fisiologia provocadas pelo mergulho, a física e o mergulho e acidentes e doenças que o mergulho pode causar.

## **O HOMEM E O AMBIENTE SUBMARINO**

ADOLFSON e BERGHAGE (1974) afirmam que: no ambiente submarino algumas adaptações humanas se fazem necessárias:

- Com sua respiração aérea, o homem é incapaz de utilizar o oxigênio dissolvido na água. Para sobreviver leva consigo um reservatório de ar juntamente com os dispositivos que lhe permitem respirá-lo. Esse ar deverá ser respirado à pressão ambiente, ou seja, em condições hiperbáricas, introduzindo um aumento do trabalho respiratório proporcional à profundidade do mergulho.
- Devido a diferença de densidade entre a água e o ar, cerca de 800 vezes, se mergulharmos à uma profundidade de 10 metros, uma outra pressão igual a atmosfera (1Kg/cm) vem se somar a preexistente e assim ocorre a cada 10 metros. O organismo humano habituado a suportar pequenas variações de pressões, terá que se adaptar a variações bem maiores para descer a profundidades razoáveis.

- Ao submeter-se a uma aumento de pressão, o homem satura-se de nitrogênio proporcionalmente a profundidade do mergulho. A volta à superfície deverá ser controlada para permitir uma dessaturação gradativa ou sobrevirá um acidente hiperbárico dos mais temíveis: a Doença Descompressiva.
- A água tem uma condutividade térmica 25 vezes maior que o ar. O mergulhador perde calor com facilidade e nas águas profundas, onde a energia calorífica dos raios solares já foi totalmente absorvida, o problema pode ser grave, exigindo fontes geradoras de calor para manter o mergulhador aquecido, quando retorna à superfície.
- A visão do mergulhador é bastante prejudicada pela diferença dos índices de refração da água e do ar, mesmo com o emprego de máscaras faciais. Os objetos parecem ao mergulhador maiores e mais próximos.
- O mergulhador sofre segundo o princípio de Arquimedes um empuxo de baixo para cima que o torna mais leve, dando uma sensação de imponderabilidade. Com isso torna-se possível um deslocamento tridimensional ao qual o mergulhador não estava habituado, devendo adaptar-se gradativamente.
- O meio líquido oferece resistência aos movimentos do mergulhador provocando, portanto, uma degradação na atividade física que pode ultrapassar os 70%.
- Finalmente o mergulhador pode ser atacado por seres marinhos que podem lhe infringir graves lesões.

## ALTERAÇÕES DA FISIOLOGIA PROVOCADAS PELO MERGULHO

ALBANO (1974) relata que dentro da fisiologia humana os setores que mais sofrem com as variações hiperbáricas são:

### 1. Alterações respiratórias

#### 1.1. Aumento do espaço morto:

Este aumento ocorre pelo acréscimo de peças do equipamento, como a máscara facial, que introduz um aumento de até 250cc. Pela distensão dos alvéolos pulmonares e bronquíolos e pelas condições hiperbáricas.

Diante de uma pressão pulmonar aumentada, há um colapso da circulação provocado pela redução relativa da pressão na artéria pulmonar. Surgirão assim áreas alveolares ventiladas e não perfundidas, aumentando o espaço morto fisiológico.

#### 1.2. Aumento da resistência respiratória:

O aumento da pressão pulmonar e da pressão ambiente leva a uma redução da complacência pulmonar. Por outro lado, a pressão hidrostática a ser vencida é relativamente maior. O movimento do ar passa a ser turbilhonado e a resistência oferecida é proporcional à densidade da mistura aumentada pela condições hiperbáricas.

O aumento da resistência respiratória leva a um aumento conseqüente do trabalho respiratório.

#### 1.3. Redução da ventilação alveolar:

Essa redução se dá pelo aumento do espaço morto. Há uma redução da frequência respiratória e do volume da corrente pulmonar. Ocorre assim, um colapso dos bronquíolos menos calibrosos, que vão se intensificando à medida que aumenta a profundidade. Em determinadas profundidades a redução da ventilação é tão considerável que a quantidade de oxigênio e a eliminação do gás carbônico são tão insuficientes, impedindo o prosseguimento do mergulho.

#### 1.4. Elevação do teor de gás carbônico:

Com uma produção maior de gás carbônico pela redução da ventilação alveolar, há uma dificuldade no transporte de gás carbônico pela hemácias, impregnadas pelo oxigênio com sua pressão parcial aumentada.

O teor de gás carbônico vai se elevando no sangue e nos tecidos provocando, por sua vez, vasoconstrição pulmonar que acentua alguns dos mecanismos já mencionados.

#### 2. Alterações Circulatórias:

Ocorre no início do mergulho uma bradicardia com queda da pressão arterial, principalmente da sistólica. O abaixamento do diafragma pela pressão da vísceras abdominais provoca uma rotação horária do coração com desvio do eixo elétrico. Há uma redução no fluxo sanguíneo periférico.

#### 3. Alterações sangüíneas:

No mergulho encontra-se redução do número de hemácias e de seu teor de hemoglobina. Leucocitose, neutrofilia, monocitose e linfopenia.

#### 4. Alterações Urinárias:

O mergulho provoca um aumento de diurese provavelmente pela interferência com o hormônio antidiurético. Há aumento na excreção dos íons alcalinos (cálcio e potássio).

#### 5. Alterações Hidroeletrólítica:

É comum um quadro de desidratação discreta, acidose e alterações nos íons cálcio e fosfato.

## **A FÍSICA E O MERGULHO**

ADOLFSON e BERGHAGE (1974) consideram que noções básicas dos fluídos são indispensáveis para a compreensão de aspectos importantes na medicina hiperbárica. São eles:

- Composição do ar atmosférico

Nitrogênio: 80%

Oxigênio: 20%

O gás carbônico e os elementos raros como Argônio, Hélio, Radônio e Hidrogênio, aparecem em proporções desprezíveis.

- Pressão Atmosférica

Ao nível do mar, o homem suporta uma pressão igual a  $1 \text{ Kg/cm}^3$  · A

cada 10 metros de profundidade na água, acrescenta-se mais 1 Kg/cm<sup>2</sup>, ou seja, o valor de uma atmosfera. Convencionou-se chamar este valor convertido em unidade de uma atmosfera e assim pode-se dizer que ao nível do mar a pressão é de 1 atmosfera absoluta. Aos 10 metros, um manômetro regulado em zero na superfície, marca uma atmosfera relativa e o valor absoluto da pressão ambiente será de duas atmosferas. Assim a pressão em atmosferas absolutas é sempre igual ao número de atmosferas relativas mais um.

- Leis que regem a física dos fluidos:

- Lei de Boyle: “Se a temperatura permanecer constante, o volume de um gás varia inversamente com a pressão absoluta do sistema”.

Se tivermos uma atmosfera na superfície contendo um volume inicial de 12 litros aos 10 metros de profundidade, o seu volume será reduzido para a metade, ou seja, 6 litros porque a pressão passou a ser o dobro. Aos 20 metros a pressão triplica e o volume contido será de 3 litros e assim por diante. Quanto mais próximo da superfície estiver o mergulhador, maior será a variação de volume, isto nos leva a conclusão de que os acidentes hiperbáricos regidos pela Lei de Boyle serão tão mais graves e freqüentes, quanto mais próxima da superfície estiver o mergulhador.

- Lei de Dalton: “A pressão total exercida por uma mistura de gases é a soma das pressões parciais que seriam exercidas por cada gás se ocupasse sozinho todo o sistema”.

Se um tablete de ar contendo 80% de nitrogênio e 20% de oxigênio como a pressão na superfície é de uma atmosfera, a pressão parcial de cada gás será respectivamente de 0,8 atm e 0,2 atm. Essas pressões parciais irão

gradativamente aumentando e finalmente aos 40 metros a pressão parcial do oxigênio será de 1 atm. O efeito desse oxigênio é função de sua pressão parcial que será o mesmo exercido pelo oxigênio puro na superfície. Ultrapassada essa profundidade o oxigênio atuará como se fosse respirado puro em condições hiperbáricas, podendo tornar-se tóxico. Nessas condições o nitrogênio exercerá um efeito “sui generis” e o gás carbônico terá os seus efeitos tóxicos bastante acentuados.

Deve-se tomar o máximo de cuidado com os contaminadores do ar comprimido usados pelo mergulhador.

- Lei de Henry: “A quantidade de um gás que se dissolve em um líquido a determinada temperatura é proporcional à pressão parcial do gás”.

O mergulhador na superfície suporta a pressão de 1 atm e seus tecidos contém cerca de 1 litro de nitrogênio dissolvido.

Se dobrarmos a pressão ambiente pela descida aos 10 metros, dobra o volume de nitrogênio dissolvido. Aos 20 metros, triplica e assim por diante. Se o mergulhador deixar o fundo lentamente o excesso de nitrogênio dos tecidos será conduzido gradativamente pelo sangue aos pulmões e eliminado para o meio ambiente.

Numa subida precipitada, como se abrissemos rapidamente uma garrafa de refrigerante, o gás entra subitamente em supersaturação. Formam-se bolhas que obstruem a circulação sangüínea de órgãos importantes, ocasionando a Doença Descompressiva.

## **ACIDENTES E DOENÇAS DE MERGULHO POR EFEITOS DIRETOS**

São efeitos mecânicos causados diretamente pelo aumento da pressão. Entre eles os Barotraumas, as Fístulas Perilinfáticas e a Embolia Traumática pelo ar, regidos pela Lei de Boyle.

- **BAROTRAUMA ou DISBARISMO:**

O homem poderia mergulhar a centenas de metros se fosse constituído apenas por tecidos incompressíveis. Seu organismo apresenta cavidades pneumáticas de conteúdo gasoso que exigem adaptações fisiológicas quando submetidos a variações hiperbáricas. Se estas adaptações do mergulhador são ultrapassadas, surge o acidente mais freqüente nas atividades de mergulho: o Barotrauma.

Definição: BAYLISS (1976) define Barotrauma como uma incapacidade do mergulhador em equilibrar a pressão no interior da cavidade pneumática do organismo com a pressão ambiente em variação.

STINE e MARCUS (1987) afirmam que é o problema clínico mais comum nos mergulhadores. Consiste nas lesões orgânicas resultantes de alterações da pressão ambiental. O Barotrauma afeta os espaços aéreos do ouvido médio, os seios paranasais e pulmões embora, qualquer espaço aéreo fechado possa ser afetado.

- Barotrauma por descida: A menos que ocorra adaptação, o ar no interior do ouvido médio e dos seios paranasais é comprimido durante o mergulho. O

resultado é dor, formação de edema, hemorragia no espaço aéreo e/ou ruptura da membrana timpânica. Uma lesão rara correlacionada a manobra de Valsalva para igualar a pressão no ouvido médio durante o mergulho é a ruptura da janela redonda. Esta lesão se manifesta por zumbido, vertigens e perda auditiva neurosensorial.

- Barotrauma de ascensão ou pulmonar: Se o indivíduo não expirar durante a subida superior a 1 metro pode ocorrer retenção de ar nos pulmões, ocasionando a distensão excessiva dos pulmões, ruptura do parênquima e da vasculatura pulmonar.

MATOS, VELASCO e SILVEIRA (1970) afirmam que indivíduos com Disfunção de trompa auditiva devido a um estreitamento congênito ou um edema de mucosa adquirido, podem ser incapazes de equalizar o stress barométrico exercido durante a descida do avião ou no fechar do conduto auditivo.

#### Classificação dos Barotraumas:

BAYLISS (1976) classifica os Barotraumas em:

1. Barotrauma do ouvido médio;
2. Barotrauma do ouvido externo;
3. Barotrauma dos seios da face;
4. Barotrauma pulmonar ou torácico;

5. Barotrauma dental;
6. Barotrauma corporal;
7. Barotrauma de máscara ou facial;
8. Barotrauma de roupa ou cutâneo.

### **1. Barotrauma do ouvido médio:**

- **Fatores determinantes:**

Quando um mergulhador inicia a descida, a pressão no ouvido externo começa a aumentar. O ar respirado passando da faringe pela Trompa de Eustáquio, atinge o ouvido médio e vai equilibrar a pressão exercida externamente na membrana timpânica. Qualquer obstrução da trompa por espasmo, infecção das vias aéreas superiores, crescimento anormal do tecido linfóide ou mal formação, impede essa passagem de ar. A pressão no ouvido médio permanece mais baixa, já que não é equilibrado pelo ar vindo da faringe.

A pressão no ouvido externo passa a deformar a membrana timpânica que pode romper-se facilmente. Neste caso, o ouvido médio pode ser invadido pela água fria que provoca irritação dos canais semicirculares com náuseas, vômitos e desorientação espacial.

Esse episódio é de curta duração, cessando quando a água atinge a temperatura corporal, mas em certos casos, pode levar o mergulhador ao pânico e ao afogamento.

Esse acidente ocorre quase sempre durante a descida do mergulhador, devido à conformação anatômica do óstio da Trompa de Eustáquio.

- **Fatores predisponentes:**

- Velocidade do mergulho: A abertura da Trompa de Eustáquio se faz intermitentemente e com uma frequência correspondente a uma velocidade limite de descida. Nos mergulhos rápidos a deglutição não será eficaz principalmente nos principiantes, sendo necessário ocorrer a manobra de insuflação tubária. A adaptação do ouvido médio é mais difícil quanto mais varia a pressão ambiente.

- Hábito e treinamento: A permeabilidade tubária aumenta pelo treinamento. Uma pessoa treinada tem a abertura do óstio 5 vezes por minuto, enquanto uma outra sem treinamento tem a abertura de 1 a 3 vezes por minuto. São necessários de 5 a 6 minutos para comprimir um homem não treinado ao passo que mergulhadores treinados são comprimidos na câmara aos 50 metros em apenas dois minutos.

- Infecção das Vias Aéreas Superiores: Qualquer infecção aguda das fossas nasais como coriza, rinofaringe, infecção das adenóides e amígdalas, dificultam a livre circulação do ar nas cavidades aéreas. Otites agudas e crônicas, exigem um exame prévio com otoscopia que evitará que a otite seja pressurizada.

- Presença de vegetação adenóide hipertrófica: Tecido linfóide intratubário exuberante, predispõe o indivíduo ao Barotrauma.

- Desvio do septo nasal e hipertrofia de cornetos: Sua correção podem

habilitar um indivíduo incapacitado de mergulhar.

- Incapacidade de realizar a manobra de Valsalva: Pode contribuir como índice de suscetibilidade para o Barotrauma do ouvido médio.
- Fatores Psicoemocionais: Parece que o óstio tubário é sensível aos fatores psicoemocionais e uma situação de tensão é responsável pelo mal funcionamento da tuba.

- **Sinais e Sintomas:**

A dor otomastóide está presente na maioria dos casos aliviando-se pela rotura do tímpano. Podem ser encontradas hipoacusias, zumbido, sangramento pelo ouvido ou pelas fossas nasais. Na otoscopia notamos vermelhidão e edema no conduto auditivo e na membrana timpânica.

No Serviço de Medicina Submarina da Força de Submarinos, encontramos essa sintomatologia distribuída em:

SINAIS e SINTOMAS	%
Otalgia	91,50
Hipoacusia	15,09
Rotura da Membrana Timpânica	14,15
Otarragia	10,36
Tonteira	9,43
Secreção nasal Serosanguinolente	1,55
Otorréia	6,60
Zumbido	3,76
Vertigem	3,76
Perda da Orientação Espacial	2,83

- **Classificação quanto à gravidade dos Barotraumas no Ouvido Médio:**

- Forma Leve: Hiperemia do conduto auditivo e da membrana timpânica.

Evolução de menos de uma semana (56,60 % dos casos).

- Forma moderada: Inflamação, bolhas e sufusões hemorrágicas do conduto auditivo e membrana timpânica. Evolução de mais de uma semana (30,19 % dos casos).

- Forma grave: Rotura da membrana timpânica ou sangue no conduto auditivo (14,15% dos casos).

- **Tratamento:**

Deve ser imediatamente suspenso qualquer atividade hiperbárica até o completo restabelecimento do paciente. Nas formas leves é suficiente um curativo e se necessário medicação analgésica. As formas moderadas devem ser acompanhadas cuidadosamente, pois podem evoluir facilmente para uma forma crônica. Os sinais de alarme são a dor e o corrimento purulento, nestes casos o paciente deverá ser encaminhado imediatamente ao otorrinolaringologista e ao fonoaudiólogo para uma avaliação audiológica.

STINE e MARCUS (1987) afirmam que o tratamento consta no uso de descongestionantes orais e tópicos. Deve-se administrar um anti-histamínico com ou sem descongestionante.

A Fenilefrina ou outra substância semelhante pode ajudar na desobstrução da trompa.

Em casos graves ou persistentes a miringotomia (corte na membrana timpânica) reequilibrará a pressão do ouvido médio com a pressão atmosférica.

Isto permitirá a resolução do transudato e a evacuação do hematoma.

- **Achados Audiológicos:**

- Audiometria: Nos casos dos Barotraumas leves ou moderados, podemos encontrar perdas do tipo condutiva. Pode ocorrer lesão da cadeia ossicular. Estes pacientes após o repouso de um dia devem ser encaminhados para um exame audiométrico. Em casos de vertigem ou perda auditiva, faz-se necessário o parecer imediato.

CAMPOS E LOPES (1994) verificaram que as pressões negativas na orelha média podem determinar perdas auditivas antes de haver transudação. A intensa retração timpânica associada a perda da elasticidade e sua aderência aos ossículos parecem ser as causas destas perdas auditivas que são inicialmente causadas pela própria pressão negativa. As modificações da pressão na orelha média afetam a transmissão sonora, resultando uma queda no limiar auditivo que pode ocorrer não só com a via aérea mas também com a via óssea. Esta lesão apesar de rara se manifesta pela ruptura da janela redonda com sintomas como zumbido, vertigem e perda auditiva sensorineural.

- Imitânciometria: CAMPOS e LOPES (1994) afirmam que na presença da integridade da membrana do tímpano, pode-se encontrar uma curva normal (tipo A) ou condutiva (tipo B). Na ruptura encontra-se dificuldade do vedamento para medição da pressão.

Conforme o grau de lesão podemos encontrar curvas normais que podem indicar um comprometimento sensorineural caso haja queixa de perda

súbita da audição.

## **2. Barotrauma do ouvido externo::**

DUEKER (1970) acredita que se o mergulhador usar gorro de neoprene muito justo ou quando existe uma rolha de cerumem obstruindo por completo o conduto auditivo, a pressão dos tecidos circunjacentes e do ar na rinofaringe certamente acompanha a pressão ambiente. Se a Trompa de Eustáquio está permeável, essa pressão se transmite para o ouvido médio e conseqüentemente a pressão no ouvido externo vai se tornando relativamente mais baixa que a dos tecidos circunjacentes e ouvido médio, como se adaptássemos uma bomba de sucção no ouvido externo. Ocorre o abaulamento da membrana timpânica para fora e surgem edemas e sufusões hemorrágicas no conduto auditivo. Estas podem evoluir para exudação capilar e rotura com hemorragia.

Quanto à membrana do tímpano, ultrapassando seu limite de distensibilidade, poderá romper-se causando o Barotrauma de ouvido externo. Tampões de plástico ou silicones nunca devem ser usados por mergulhadores pois podem causar Barotraumas de ouvido externo já descritos acima.

Dependendo da pressão, os tampões ainda podem ser empurrados para dentro do conduto auditivo podendo causar perfuração da membrana timpânica.

Se ocasionalmente durante a evolução do Barotrauma de ouvido externo a Trompa de Eustáquio estiver ocluída, haverá uma situação de baixa pressão nos ouvidos médio e externo em relação ao meio ambiente e aos

tecidos circunjacentes.

Se membrana do tímpano não for solicitada não se moverá, mas por outro lado, os efeitos da sucção se farão sentir no ouvido médio com edema e hemorragia na caixa timpânica sem comprometimento da membrana timpânica.

### **3. Barotrauma dos seios da face (sinusal)**

A obstrução de uma destas estruturas por um processo inflamatório, por vegetação linfóide ou por má formação, impede o equilíbrio da pressão nos tecidos circunjacentes com a pressão no interior dos seios, criando uma pressão relativamente negativa e iniciando um processo de edema e congestão da mucosa sinusal. Esta pode evoluir para um extravasamento de transudado ou sangue para o interior dos seios em questão.

### **4. Barotrauma torácio ou pulmonar:**

No mergulho livre os pulmões vão se comprimindo e reduzindo seu volume à medida que a pressão ambiente vai aumentando. A capacidade total dos pulmões que na superfície é de 6 litros aos 30 metros passa a ser de 1 litro e meio, o que corresponde ao volume residual.

A partir deste ponto, os pulmões passam a se comportar como cavidades aéreas incompressíveis e se o mergulhador prosseguir haverá congestão e passagem de exudado para o interior dos alvéolos. Finalmente edema agudo de pulmão.

Da mesma forma no mergulho com equipamento, se o homem prende a respiração ou o suprimento de ar é interrompido bruscamente na descida, pode ocorrer uma sensação de pressão e dor torácica crescente durante a descida. O mergulhador poderá apresentar dispnéia, desconforto torácico e tosse com eliminação de espuma mucosanguinolenta.

Pode recuperar-se dentro de alguns minutos. Casos graves evoluem para o edema pulmonar.

### **5. Barotrauma dental:**

Durante a descida o mergulhador pode sofrer uma forte odontalgia obrigando-o a subir precipitadamente com graves conseqüências. Acredita-se que isto ocorra pela presença de pequenas bolhas gasosas no interior da polpa dentária ou em tecidos moles adjacentes que não se comunicando com o ambiente, apresentam no seu interior pressão negativa explicando o fenômeno doloroso.

### **6. Barotrauma corporal:**

Se a pressão cair bruscamente no interior da roupa do equipamento pesado por aumento súbito da profundidade ou por interrupção do suprimento de ar, a pressão exterior não será mais equilibrada, transmitindo por toda a superfície corporal do mergulhador. A tendência é espreme-lo provocando graves lesões corporais.

## **7. Barotrauma facial ou de máscara:**

A pressão no interior da máscara deverá ser mantida e equilibrada com a pressão exterior, isto é possível pela sua comunicação com as fossas nasais. Caso contrário, a pressão relativamente menor no interior da máscara transformará esta numa verdadeira ventosa que sugará os tecidos moles da face do mergulhador podendo provocar lesões graves.

## **8. Barotrauma de roupa ou cutâneo:**

Roupa de neoprene mal ajustada ou em tamanho não adequado podem ocasionar a formação de pequenos espaços ou dobras entre a roupa e a pele. Estas funcionarão como camadas de ar isoladas e que não poderão ser equilibradas com a pressão ambiente durante a descida. Surgirão pequenas manchas na área comprometida que geralmente não necessitam de tratamento especial.

### **- FÍSTULAS PERILINFÁTICAS:**

É o vazamento da perilinfa para a orelha média com prejuízo da acuidade auditiva ocorrendo uma comunicação anormal entre as estruturas da orelha interna e o espaço da orelha média. GOODHILL (1971) foi um dos pioneiros da teoria das rupturas explosivas nas fístulas perilinfáticas. As vias explosivas resultam do esforço físico com um aumento na pressão do líquido. Este será transmitido através do aqueduto coclear patente e/ou lâmina crivosa do meato acústico interno.

A via do aqueduto coclear causaria um aumento da pressão perilinfática no ducto coclear e conseqüentemente ruptura da membrana da janela redonda. A transmissão através do meato acústico interno causaria um aumento da pressão perilinfática no ducto utrículo-sacular e aumentaria assim a pressão no vestíbulo. Causando ruptura na platina, próximo da janela oval.

Os Barotraumas podem evoluir para alterações agudas na pressão barométrica. Por sua vez resultar no bloqueio da tuba auditiva e produzir pressão atmosférica negativa súbita na orelha média com ruptura da janela redonda e fístula perilinfática.

CAMPOS e LOPES (1994) afirmam que os sintomas são variáveis e podem ser normal, cocleares ou mistos. A audição pode ser normal ou pode haver surdez sensorineural súbita ou flutuante. Ela pode simular a doença de Menière com zumbidos, pressão aurial, displacusia e intolerância a intensidade sonora. Um teste para melhor diagnóstico da fístula na orelha é a introdução de pressão positiva na orelha afetada, com o auxílio do impedanciômetro, e o registro do nistagmo à eletrônístagmografia (ENG). Pergunta-se ao paciente se ele desenvolve vertigem subjetiva durante a fase positiva da timpanometria.

A perda auditiva pode ser maior nas freqüências elevadas (8.000h<sub>z</sub>) em que o audiograma pode apresentar um padrão com depressão que correspondem aos locais das alterações patológicas da membrana basilar. A perspectiva da recuperação espontânea da audição é mais reservado quando a perda afeta as freqüências elevadas em comparação com perdas nas freqüências médias ou baixas.

Outros fenômenos clínicos incluem a vertigem postural ou nistagmo, desequilíbrio, ataxia e perturbações da marcha. Uma perda sensorineural progressiva, com audiometria seriada, pode indicar uma perda progressiva de líquido perilinfático e está associada ao pior prognóstico.

O tratamento inclui repouso no leito durante a primeira semana. A monitorização inclui limiares tonais aéreos e ósseos e escores de discriminação de fala. Se os sintomas vestibulares do paciente se deteriorarem e a vertigem se tornar um problema significativo ou se o audiograma apresentar uma deteriorização adicional da audição, o tratamento clínico é abandonado e faz-se a exploração cirúrgica.

#### - **EMBOLIA TRAUMÁTICA PELO AR:**

HÉRCULES E FONSECA (1970) definem a Embolia Traumática pelo ar como um acidente que ocorre com o mergulhador, que tendo respirado ar comprimido no fundo, retém esse ar. Durante a subida há um aumento da pressão intrapulmonar, distensão e rotura alveolar.

Ocorre ainda a penetração do ar na circulação sanguínea, interrompendo a irrigação de estruturas importantes do organismo.

Se o mergulhador desejar subir deverá soltar ininterruptamente o ar, pois o conteúdo pulmonar irá se expandindo a medida que a pressão ambiente for diminuindo. O mecanismo da Embolia pelo ar é o inverso do Bartotrauma Pulmonar, ou seja, um acidente de subida por hiperdistensão alveolar.

Observa-se sintomas como tontura e mal estar, desorientação, náuseas e vômitos, tosse, dispnéia e dor torácica por vezes acompanhados de distúrbios neurológicos discretos como parestesias ou paresias. Esses quadros podem regredir com o atendimento médico imediato ou podem acentuar-se com a instalação de choque e agravamento do quadro pulmonar e neurológico.

Quanto ao tratamento, qualquer suspeita de Embolia pelo ar deverá se recomprimido em câmara hiperbárica, cumprindo uma tabela terapêutica.

## **ACIDENTES E DOENÇAS DE MERGULHO POR EFEITOS INDIRETOS OU SECUNDÁRIOS**

São efeitos fisiológicos exercidos por componentes da mistura gasosa sobre determinados tecidos.

Podem atuar biofísicamente (doença descompressiva) ou bioquimicamente (embriaguez da profundidade, intoxicação pelo oxigênio, intoxicação pelo gás carbônico e outros).

São regidos pela Lei de Dalton.

### **- DOENÇA DESCOMPRESSIVA:**

ALBANO (1974) define Doença Descompressiva como um quadro causado por três fatores: a profundidade, a duração e o tempo de descompressão do mergulho.

A duração do mergulho pode ser inversamente proporcional a sua profundidade. Quanto maior a profundidade e a duração do mergulho

mais lenta deverá ser a volta á superfície. Com o tempo irá haver uma saturação do nitrogênio que em condições atmosféricas normais não é assimilado pelo organismo.

O sintoma mais comum é a dor que se instala lentamente e gradativamente. Esta pode aumentar até tornar-se insuportável. Atingem articulações de ombro, cotovelo, joelho e principalmente do quadril. Podem ocorrer manifestações neurológicas, principalmente a medular com seqüelas de hemiplegia, tetraplegia, paraplegia ou monoplegia, espasticidade e distúrbios esfinterianos. Podem ocorrer ainda, manifestações pulmonares, cutâneas, etc.

#### - **INTOXICAÇÃO PELO OXIGÊNIO:**

É um acidente que pode acometer o mergulhador que respira uma mistura gasosa em condições hiperbáricas, por ação tóxica de oxigênio, com manifestações do Sistema Nervoso Central e do aparelho respiratório. Resultam da ação irritante do oxigênio sobre a mucosa alveolar. Podem surgir: tosse, dispnéia e escarros sanguinolentos.

Os sintomas mais comumente encontrados são:

- Abalos Musculares: Aparecem precocemente e localizam-se inicialmente na face, nas pálpebras, região periarbitrária e boca.
- Distúrbios Visuais: Limitação campo visual.
- Náuseas e Tonteiras: Ocorrem freqüentemente.
- Distúrbios Auditivos: Zumbido e surdez progressiva pode surgir como sinais precoces.
- Dispnéia: Respiração progressivamente difícil.

- Ansiedade: Agitado e até mesmo com confusão mental.
- Cansaço.
- Convulsões: É o mais perigoso quadro e pode leva-lo ao afogamento. Podem surgir crises regulares acompanhadas de confusão mental, amnésia, cefaléia e náuseas.

#### - INTOXICAÇÃO PELO GÁS CARBÔNICO:

LAMBERTSEN (1966) afirma que excesso de gás carbônico no organismo pode ser consequência do seu teor elevado no ambiente ou de qualquer problema que interfira com o processo normal do seu transporte ou eliminação.

No mergulho, o gás carbônico pode existir em excesso na mistura gasosa ou algum problema respiratório pode impedir o mergulhador de eliminar de forma satisfatória o gás carbônico produzido pelo organismo. A Lei de Dalton diz que o perigo de intoxicação é tanto maior quanto mais profundo for o mergulho.

Os primeiros efeitos atingem a consciência com uma sensação de sede de ar, confusão mental, euforia e distúrbio da coordenação motora.

Podem surgir cefaléias, tonteiças, suores, sialorréia, dormência nas extremidades, sensação de frio ou calor, agitação, fadiga e palpitações. A sensação de respiração penosa é um sinal de alarme, embora nem sempre

precoce. Com níveis mais elevados de gás carbônico os sintomas são mais intensos alertando facilmente o mergulhador.

As grandes concentrações provocam perda rápida da consciência, com parada respiratória, convulsões, espasmos musculares, rigidez e morte se o indivíduo não for removido do ambiente imediatamente.

### **“EMBRIAGUEZ DA PROFUNDIDADE”**

É um quadro provocado pela impregnação difusa do sistema nervoso central por elementos de uma mistura gasosa respirada, além de certa profundidade, com manifestações psíquicas, sensitivas e motoras. Os fatores determinantes são a profundidade, susceptibilidade individual e natureza da mistura gasosa.

As manifestações de Embriaguez da profundidade parece resultante do comprometimento do sistema inibidor dos centros nervosos latentes de caráter e temperamento. São extremamente influenciados pelo tipo de personalidade básica do indivíduo. Seria como se fosse aberta uma porta a região inexplorada da mente humana. Dependendo do caso, o indivíduo entra em um estado de descontrole, afogamento e morte.

### **CONSIDERAÇÕES FINAIS**

A prática do mergulho desenvolveu-se muito nos

últimos tempos e o meio subaquático recebe cada vez mais a conotação de ser o futuro da subsistência da humanidade, já que apresenta ainda riquezas desconhecidas e inexploradas.

Tanto o mergulho comercial (a indústria pesqueira, a exploração petrolífera e as manobras do ministério da Marinha) como o turismo subaquático, aumentam o número de pessoas envolvidas na prática do mergulho. Com a tecnologia e equipamentos de ponta, os mergulhos podem se tornar cada vez mais radicais e profundos. Para isto, faz-se necessário cuidados, orientações e medidas de precaução para que sejam evitados os acidentes e doenças do mergulho.

Todos os candidatos a tornarem-se mergulhadores deveriam ser submetidos inicialmente a um rigoroso exame médico para verificar se as condições anatomofisiológicas estão compatíveis com esta prática. Todos os exames médicos, especialmente os otorrinolaringológicos devem ser feitos para evitar casos de infecções e barotraumas. O mergulhador deve ser instruído a não mergulhar na vigência de um resfriado ou qualquer outro problema das vias superiores. Há a necessidade de orientações como a da manobra de compensação da pressão do ouvido médio com a do meio ambiente.

Deve-se praticar manobras de insuflação tubária, estas por sua vez, devem ser executadas cada vez mais com destreza e precisão.

Os exames audiométricos e imitanciométricos devem ser realizados antes de se iniciar esta prática, como também periodicamente, evitando o agravamento de qualquer alteração auditiva que possa surgir.

A otoscopia será um exame preliminar que seguido de testes em

câmaras hiperbáricas, comprovará a capacidade do indivíduo de equilibrar a pressão do ouvido médio com a do meio ambiente.

Qualquer sinal de pneumopatias crônicas ou instabilidade psicoemocional devem ser muito bem observados. A avaliação deve conter outros exames clínicos, como Eletrocardiograma, Exames radiológicos e Laboratoriais. Faz-se necessário ainda, um exame odontológico e dermatológico.

Pode-se concluir que é amplo o leque de profissionais envolvidos e estes devem ter uma formação adequada para prevenir e atender aos acidentes e doenças causadas pelo mergulho.

Faz-se necessário uma conscientização dos próprios praticantes do mergulho profissional ou amador que a minimização dos acidentes de mergulho, dependem de alguns pontos básicos. Um dos principais, sem dúvida, é o check up geral inicial, além de acompanhamentos periódicos. O outro é a adequada instrução teórico prática sobre as técnicas e manobras do mergulho. Desta forma acredito que se consiga prevenir os acidentes e doenças do mergulho, tornando esta prática segura e proveitosa.

## **REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:**

- ADOLFSON, J. A, e BERGHAGE, T. E. - **Perception and performance. Underwater.** Ney York Jonh Wile e Sons, 1974
- ALBANO, G. - **Principles And Observations on the Physiology of the Scuba Diver** Arlington, Virgínia office of Naval Reserarch, Departament of the Navy, 1970
- ALBANO, G. - **Fisiologia della Respirazione Iperbárica** Gli Scambi Gasosi, Annali di Medicina Navale, LXXIX, fasc.I (33-62), 1974
- BAYLISS, G. J. A - **Aural Barotrauma in Naval Divers,** Archives Otorrinolaryngology. 49-55,1976
- BENNET, P. B. e ELLIOT, D. H. - **The Fisiology and Medicine of Diving and Compressed air work.** London: Baillére Tindal and Cassel, 1969
- DUEKER, W. C. - **Medical Aspects of Sport Diving.** New York: A. Barnes and co, 1970
- FRAZÃO E. M. - **Manual Didático de Medicina Submarina,** Ministério da Marinha, Imprensa Naval, R.J., 1987
- GALLAR F. - **Medicina Subaquática e Hiperbárica,** Artes Gráficas, Madrid, 2ª Edicion, 1991
- HERCULES, H. C., LENS, L. e FONSECA N. M - **Embolia pelo ar na imersão rápida,** Revista do Instituto Médico Legal, I – 4: 11 – 26, 1970.
- LAMBERTSEN, C. J. - **Oxigen Toxicity, Fundamentals of Yperbáric Medicine.** National Academy of Sciences, 1966

LOPES FILHO O. e CAMPOS C. A H. - **Tratado de Otorrinolaringologia**, Ed.

Roca, São Paulo, 1994. Pág 541, 630, 679, 683, 684, 838, 853, 877.

ESTINES, R. J. e MARCUS, R. H. - **Emergências Médicas**, Ed. Médica e

Científica Ltda., RJ, 1987.

MATOS, A., VELASCO, A. e SILVEIRA, M. C. - **Atualidades e perspectivas da**

**Medicina Submarina**. Revista de Química e Farmácia, IX: 65 – 72, 1970.