

ANDERSON BROCO DO NASCIMENTO

ASPECTOS FISIOLÓGICOS E TÉCNICOS DA CAÇA SUBMARINA

Monografia apresentada como requisito parcial para conclusão do curso de Educação Física, do Departamento de Educação Física, Setor de Ciências Biológicas, da Universidade Federal do Paraná.

ORIENTADOR :
Prof. Dr. FLORESVAL BIANCHI FILHO

AGRADECIMENTOS

Agradeço a Ana Carolina pelo interesse e cooperação na realização dessa monografia.

SUMÁRIO

RESUMO.....	p.VI
1. INTRODUÇÃO.....	p. 7
1.1. Definição do problema.....	p. 7
1.2. Objetivos.....	p. 8
1.3. Justificativa.....	p. 8
2. HISTÓRICO.....	p. 9
3. DEFINIÇÃO.....	p. 12
4. REGULAMENTAÇÃO.....	p. 13
5. TIPOS.....	p.14
5.1. Caça de toca.....	p. 15
5.2. Caça de espera.....	p.15
6. Fases.....	p.15
6.1. Imersão com a cabeça para fora da água.....	p. 15
6.2. Apnéia	p. 16
6.3. Submersão	p. 16
6.4. Compressão e descompressão	p. 16
7. ALTERAÇÕES CARDIOVASCULARES	p. 16
7.1. Bradicardia	p. 17
7.2. Vasoconstrição periférica	p. 18
7.3. Hipertensão	p. 18
8. ALTERAÇÕES RESPIRATÓRIAS	p. 19
8.1. Volumes pulmonares.....	p. 19
8.2. Trocas e pressão dos gases.....	p. 20
8.3. Pontos de ruptura	p. 21
9. FATORES LIMITANTES DO MERGULHO	p. 22
9.1. Tempo de mergulho	p. 22
9.2. Profundidade do mergulho.....	p. 23
10. ACIDENTES	p. 24
10.1. Dados sobre acidentes	p. 25
10.2. Apagamento e afogamento	p. 26
10.3. Os riscos da hiperventilação	p. 27

10.4. Fatores ambientais relac. aos acidentes.....	p. 29
10.5. Problemas relac. com os equipamentos	p. 30
10.6. Condições de saúde das vítimas	p. 30
11. MEDIDAS DE SEGURANÇA	p. 31
12. CONCLUSÕES	p. 33
13. REFERÊNCIAS	p. 35

RESUMO

A caça submarina praticada em apnéia é uma atividade que vem ganhando muitos adeptos nas últimas três décadas, tendo regulamentação específica, regras de segurança semelhantes ao mergulho livre. O desconhecimento das limitações do corpo compromete o aproveitamento e a segurança do esporte, pois a permanência do homem em baixo d'água é limitada fisiologicamente. O mergulho em apnéia consiste em imersão com a cabeça para fora da água, em seguida apnéia, submersão e a progressão ou não em profundidade, promovendo uma resposta chamada reflexo de imersão, que envolve bradicardia e seletiva vasoconstrição periférica, visando a conservação de oxigênio para o cérebro e o coração. O homem, diferentemente dos outros mamíferos, apresenta um reflexo de imersão pouco desenvolvido e durante o mergulho sofre hipertensão, gerando também alterações respiratórias, como diminuição do volume pulmonar durante a compressão, além de alterações nas pressões dos gases dadas pela ausência de respiração. A interrupção do mergulho é feita por um estímulo de início de uma nova respiração chamada ponto de ruptura, composto de duas etapas: o ponto fisiológico e o ponto de ruptura convencional. Os acidentes geralmente acontecem entre esses dois pontos, principalmente se o apneísta hiperventilar antes do mergulho.

O tempo do mergulho não depende somente das modificações fisiológicas, mas também pode ser controlado através da aplicação de técnicas apropriadas que permitem ao atleta ignorar, durante um tempo determinado, os sinais que o corpo emite para iniciar uma nova respiração.

Muitos acidentes durante a apnéia ocorrem devido ao despreparo do praticante, tanto psicológico, físico ou por falta de conhecimento das reações e sinais emitidos pelo organismo durante o mergulho. Muitas mortes estão associadas à prática da hiperventilação, caracterizada pelo aumento da velocidade e força da respiração, antes de realizar a apnéia.

1. INTRODUÇÃO

O desejo de ir para baixo d'água sempre existiu, objetivando encontrar alimento, consertar navios, procurar tesouros e de somente observar a vida marinha. Até o homem descobrir uma forma de respirar em baixo d'água, cada mergulho era necessariamente curto e próximo à superfície (MARTIN, 1997).

O mergulho pode ser praticado basicamente em duas modalidades: o mergulho em apnéia e o mergulho autônomo. E destas modalidades surgem muitas outras. Entre as várias possibilidades do mergulho em apnéia, surge a caça submarina. A história da caça submarina relaciona-se profundamente com o desenvolvimento da apnéia, pois sua prática somente é permitida e a caracteriza como esporte com a utilização de suas técnicas.

Com a invenção do aparelho de respiração subaquática, o mergulho em apnéia continuou a ser muito realizado, devido à mobilidade e a liberdade que o praticante dispõe, ele não depende de muitos equipamentos para nadar ao lado dos animais marinhos, somente de máscara, snorkel e nadadeiras. Mas a permanência no mundo subaquático é limitada fisiologicamente pelo suprimento de ar, pois a quantidade de ar disponível para o mergulho é a que o apneísta consegue manter em seus pulmões após uma única inspiração. O desconhecimento dessas limitações compromete o aproveitamento e a segurança do esporte.

1.1. Definição do problema

Muitos dos praticantes da caça submarina e do mergulho em apnéia não procuram o esporte somente por prazer, mas também para tentarem superar recordes pessoais ou competir com outros praticantes, e se esquecem de que este é um esporte de risco, pois é realizado em baixo d'água e com ausência da respiração, podendo ocorrer síncope ou afogamento.

Mergulhadores iniciantes, intermediários e nem mesmo os avançados não estão imunes aos acidentes e mortes na prática da caça submarina, mas os

últimos conseguem reconhecer com maior facilidade as alterações no organismo .

O problema do presente trabalho é conhecer de que forma acontecem as mortes e os acidentes mais comuns durante a prática da caça submarina e saber quais as alterações e limitações do organismo humano durante a sua prática.

1.2. Objetivos

O objetivo desta monografia é descrever quais são as técnicas, alterações respiratórias e cardiovasculares que ocorrem durante a pratica da caça submarina. Para que deste modo o praticante identifique quais são seus limites fisiológicos, evitando os acidentes.

Objetiva-se também através deste trabalho observar como o organismo humano reage fisiologicamente à ausência de respiração durante um período de tempo e também à compressão de suas estruturas pela submersão em água e à decompressão durante o retorno à superfície, e compreender como ocorrem os acidentes nesse esporte.

1.3. Justificativa

A maior divulgação pela mídia do mergulho e seus benefícios, a evolução dos equipamentos e as tensões do dia a dia, cooperam para que mais pessoas de todas as idades e tipos físicos procurem as varias modalidades do mergulho.

Entre as diversas modalidades de mergulho está a caça submarina. Ela destaca-se pela possibilidade de ser praticada em locais de fácil acesso, e não necessitar obrigatoriamente de equipamentos muito caros.

Porém, durante a sua pratica, a caça submarina promove diversas adaptações fisiológicas e físicas no corpo do praticante e exige alguns conhecimentos sobre estas reações e sobre as técnicas específicas do esporte, principalmente devido a sua pratica dar-se em meio liquido e em apnéia. Conhecer as reações físicas e fisiológicas pode tornar a caça submarina um

esporte mais seguro e mais eficiente durante o período de privação de oxigênio, pode-se entender como os acidentes acontecem, preveni-los, dando maior segurança aos praticantes e contribuir no treinamento de pessoas que fazem da caça submarina um esporte de competição, lazer ou meio de sobrevivência.

2. HISTÓRICO

Desde a pré-história, o homem praticava várias modalidades de pesca. Para muitos povos, a alimentação já não era tão fácil de ser conseguida em terra, sendo assim, foram obrigados a buscar alimentos do mar. Até então o homem podia avistar grandes peixes em cima das pedras ou barcos, mas só podia tentar pegá-los com lanças, redes e anzóis atirados da superfície. Muitos povos dominavam as técnicas de apnéia, mas quando entravam na água para pescar tinham a sua visão embaçada. Muitos povos chegaram a conclusão de que só poderiam observar os peixes dentro da água quando existisse uma camada de ar entre os olhos e água. Porém nenhum povo conseguira desvendar esse problema.

O mergulho livre, ou em apnéia, é a técnica mais antiga de mergulho; começou a ser praticada com a finalidade de encontrar alimentos e tesouros (NOAA, 1990).

Martin (1997) menciona que “homens e mulheres têm praticado mergulho em apnéia por séculos. Evidências têm aparecido através de artefatos marinhos achados há mil anos em terra”. O autor cita ainda que na Grécia antiga, apneístas ficaram conhecidos por terem participado de explorações militares em 500A.C., fugindo pelo mar, da prisão no navio feita pelo rei persa Xerxes I, e soltando todos os navios persas ancorados, enquanto os guardas presumiam que os gregos tinham se afogado.

No Japão e na Coréia os apneístas mais conhecidos são as caçadoras de pérolas do Japão e da Coréia. Elas vêm de comunidades que se especializaram em mergulho a cerca de 4500A.C., fascinando os artesãos da época com seus achados (NOAA, 1990).

Nas áreas menos desenvolvidas do mundo, o mergulho em apnéia também tem a finalidade comercial.

Nas ilhas da Polinésia, até o início do século XX, havia poucos recursos além dos cocos e a pesca, então ou as pessoas pescavam ou passariam sérias necessidades. A matéria prima para confeccionar os materiais tradicionais de pesca como anzóis e redes também estavam acabando. E os peixes só podiam ser capturados com grandes lanças atiradas de fora da água. Mas eram poucos os peixes que podiam ser pescados no raso, os maiores continuavam inacessíveis no fundo.

Até que a população destas ilhas achou a solução e deu o grande passo que permitiria libertarem-se da fome, e ao mundo a ter a primeira possibilidade de visão subaquática.

Eles utilizavam dois bambus com cerca de dez centímetros cada, amarrava-os um ao outro na linha dos olhos. O mergulhador entrava na água com os bambus direcionados para o fundo e bem apertados por um cinto, a água entrava pouco a pouco nos bambus á medida que o mergulhador descia, mas nunca alcançava os olhos, mas o mergulhador não poderia virar os “óculos” para cima, ou em um ângulo que permitisse a saída do ar. Esse problema foi resolvido pelos índios Tuamotu das ilhas da Polinésia, e por outras tribos: eles mergulhavam com óculos de bambu, porém tendo na frente do mesmo um pedaço de escama de tartaruga, polida e lustrada, que permitia ao mergulhador a visão e conseqüente liberdade de movimentos, sem que houvesse a entrada de água. Desta forma podiam mergulhar com as lanças às mãos e praticar o mergulho livre e a pesca submarina.

Os fenícios foram os pioneiros na industrialização do vidro, mas faltava algo para que o vidro se adaptasse aos olhos e permanecesse firme no rosto. Foi preciso mais dois mil anos para que a empresa Dunlop aperfeiçoasse o processo de vulcanização da borracha. E a primeira máscara, na concepção atual surgiu somente após a indústria automobilística, quando foi possível amarrar um vidro num pedaço de câmara de ar (SANTARELLI, 1989).

O primeiro praticante de mergulho livre da história que tem-se registro chamava-se Giorghios Haggi Statti, que em 1911, para conseguir dinheiro e permissão para pescar utilizando dinamite, ofereceu-se à marinha italiana para

resgatar a âncora do navio *Regina Marguerita* a 77 metros de profundidade. Giorghios criou a técnica utilizada até hoje no mergulho livre: descer em pé com o auxílio de pesos. Ele utilizou uma pedra de aproximadamente 50 Kg, abandonando-a no fundo do mar; resgatou a âncora e voltou à superfície amarrado por uma corda que era puxada pela tripulação do navio.

Em 1936 os aparelhos inventados pelos polinésios foram exibidos em Paris, desde então tornam-se cada vez mais aperfeiçoados. Isso foi o bastante para introduzir a caça submarina no Mediterrâneo como atividade esportiva.

Iniciada a 2ª guerra mundial, os equipamentos foram desenvolvidos e empregados para fins militares por diversos países, como Alemanha, EUA, e Itália. Ao término da Segunda guerra, eles foram sendo introduzidos em muitos países do mundo, tornando a caça submarina conhecida mundialmente (SANTARELLI, 1989).

As competições de apnéia tiveram início somente quatro anos após o final da Segunda Guerra Mundial com um ítalo-húngaro capitão da força aérea italiana, Raimondo Bucher, que utilizando máscara, snorkel e nadadeiras, desceu 30 metros em apnéia, deixando um bilhete na marca para a comprovação.

Na década de 60 surgiram os maiores apneístas: O italiano Enzo Majorca, o brasileiro Américo Santarelli, o francês Jacques Mayol e o norte-americano Robert Croft.

Em 1960, Américo Santarelli desceu 44 metros e em 1961, Enzo Majorca chegou aos 51 metros. Em 1965, surgiu Tetake Williams que foi aos 59 metros, mas no ano seguinte Jacques Mayol conseguiu a marca de 60 metros e Majorca, 62 metros. Em 1967, Robert Croft marcou 64 metros de profundidade.

Em 1972, a marca já estava em 80 metros, estabelecida por Majorca. Então, ele montou uma equipe para auxiliá-lo nos treinamentos e realizar estudos sobre os efeitos do mergulho no corpo humano. Mayol também se dedicou aos estudos sobre apnéia.

Em 1976, Mayol foi o primeiro a alcançar os 100 metros de profundidade. Majorca só conseguiu esta marca em 1988.

Em 1982, surge o cubano Francisco Ferreras, o Pipin, chegando aos 112 metros. O italiano Umberto Pellizzari aparece dois anos depois, quando Pipin já marcava 115 metros, estabelecendo o recorde de 118 metros.

Pipin e Pellizzari dedicam-se atualmente ao desenvolvimento de técnicas e divulgação do esporte pelo mundo, cedendo espaço para o francês Lõic Leferme e o italiano Gianluca Genoni. Mas Pellizzari, em outubro de 1999, conseguiu estabelecer a nova marca de 150 metros de profundidade (BEDAQUE, 1999).

A caça como esporte foi regulamentada pela CMAS (Confederação Mundial de Atividades Submarinas) em 1956, e a sua sede fica em Paris. Porém, antes já existia a associação brasileira de caça submarina, fundada em 1952 e com sede no Rio de Janeiro. O primeiro campeonato mundial de caça submarina aconteceu na Iugoslávia em 1957, e o Brasil só competiu em 1958 no mundial de Portugal. Atualmente a caça submarina no Brasil está dividida em duas confederações, a confederação brasileira de caça submarina e a confederação brasileira de pesca e esportes aquáticos.

O maior nome de todos os tempos da caça submarina brasileira é Bruno Hermany, que conquistou duas vezes o título mundial, em 1960 e 1963, na Sicília e no Rio de Janeiro respectivamente (SANTARELLI, 1989). Entre os caçadores atuais destacam-se Paulo Sérgio Pacheco e Marcel Britto, ambos com cinco títulos nacionais. O maior caçador de todos os tempos foi o espanhol José Amengual, três vezes campeão do mundo (1973, 1981, 1985).

3. DEFINIÇÃO

A caça submarina consiste na captura de peixes utilizando-se de diversas técnicas e equipamentos específicos. Porém, sem utilizar qualquer método de respiração subaquática, apenas o ar dos pulmões, ou seja, em apnéia. Para praticá-la não é obrigatória à realização de nenhum curso, mas este torna-se importante para quem deseja aperfeiçoar suas técnicas. Porém, o modo mais eficiente de aprender as técnicas, é observar e mergulhar junto a outro caçador mais experiente (TETTO, 1993).

Os equipamentos básicos para realizar a caça submarina são: a máscara de mergulho de pequeno volume interno utilizada para proteger os olhos da água e possibilitar a visão subaquática, o snorkel para realizar a respiração durante o período que o caçador desloca-se na superfície da água, as nadadeiras longas, a roupa de neoprene para proteger do frio e do contato com as pedras, o cinto de lastro para equilibrar a flutuabilidade proporcionada pela roupa de neoprene, a faca é utilizada como equipamento de segurança para desvencilhar-se de algo que prenda o caçador ao fundo, a arma de mergulho para capturar os peixes, e a bóia de sinalização utilizada para avisar a outros mergulhadores e aos barcos a posição do caçador submarino.

A caça submarina pode ser praticada em torno de ilhas, mar aberto, costões de pedra, naufrágios, rios, baías, lagos e lagoas.

4. REGULAMENTAÇÃO

Para praticar a caça submarina é necessário obter a licença do IBAMA (Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e Recursos Renováveis) do tipo C, esta entidade reconhece a caça submarina como esporte independente da pesca amadora, desde de maio de 2003, quando foi publicada a Portaria número 30, com validade em todo território nacional. Ela determina que a pesca subaquática é aquela realizada com ou sem o auxílio de embarcações e utilizando espingarda de mergulho ou arbaletes, sendo vedado o emprego de aparelhos de respiração artificial, permite ao caçador submarino abater no máximo 15 kg de peixe e mais um peixe de qualquer peso durante uma jornada de caça, respeitando-se os tamanhos mínimos e máximos estabelecidos em normas federais e estaduais. Essa licença proíbe a caça submarina em instalações portuárias, áreas militares, engenhos profissionais de pesca em reservas ecológicas e em certos estuários (MORATO, 2004).

Quando todas as leis da caça submarina são respeitadas, os peixes capturados representam quantidades insignificantes para que possam alterar qualquer equilíbrio das espécies.

5. TIPOS

A caça submarina ao contrário de outros esportes que sempre possuem um terreno de jogo com características inalteráveis, é uma atividade que se desenrola em um meio muito inconstante, sob condições muito variáveis e às vezes imprevisíveis. Fazendo com que não se possa planejar de uma forma exclusiva a prática deste esporte.

Para cada situação é necessário estabelecer um tipo de caça, mas devido as muitas variações do meio físico, o bom caçador deve ser versátil e possuir uma boa capacidade de adaptação a estas diferentes situações. Os fatores que influenciam no ambiente físico para a caça submarina são: a estação do ano, as correntes marítimas, a visibilidade e as condições do tempo.

A caça submarina pode ser praticada em águas rasas ou muito profundas, não havendo limite determinado entre pouca e muita profundidade. Isso varia de mergulhador para mergulhador, dependendo da sua experiência e condição física. Pode-se definir a grande profundidade quando as condições que se desenvolvem, obrigam o mergulhador a usar todas as faculdades físicas e mentais. Os fatores que influenciam nesse tipo de caça, não são apenas os metros, mas a temperatura, a visibilidade e a corrente marinha, pois gasta-se muito mais energia para mergulhar nestas condições, tornando o mergulho a grandes profundidades mais perigoso.

A caça submarina divide-se em duas modalidades mencionadas a seguir.

5.1. Caça de toca

A caça de toca consiste em procurar os peixes entre as tocas formadas pela união das pedras ou de recifes. Para praticar esta modalidade o caçador deve mergulhar até o fundo e procurar os peixes dentro das tocas e fendas formadas entre as pedras. Para que se pratique com sucesso esse tipo de caça, é necessário que o caçador tenha um bom domínio das técnicas de caça em toca e uma boa experiência, além de muita atenção, pois as fendas entre as pedras formam "armadilhas" que podem prender o caçador ao fundo ou dificultar a retirada de peixes, fazendo com que haja maior gasto energético

durante a apnéia, aumentando o risco da perda súbita da consciência em função da falta de oxigênio e conseqüente afogamento (BOUFFIS, 1997).

Os peixes geralmente capturados neste tipo de caça submarina são: a garoupa, badejo, budião, sernambiguara, mero e a cioba.

5.2. Caça de espera

Nesta modalidade dispensa-se a procura de peixes nos seus esconderijos, mas é necessário completo controle da flutuabilidade. Pode ser praticada de duas formas diferentes, a caça à meia água e a caça no fundo, quando praticada à meia água, o caçador mergulha alguns metros e fica flutuando imóvel esperando que algum peixe se aproxime, quando pratica-se a caça de espera no fundo, o mergulhador deve ficar deitado e parado sobre as pedras ou entre elas e aguardar a aproximação dos peixes (BOUFFIS, 1997).

Os peixes geralmente capturados com esta técnica são: a cavala, olhete, olho de boi, xaréu, atum, anchova e o dourado.

6. FASES

O mergulho em apnéia consiste em fazer a imersão em água mantendo a cabeça para fora da água, realizar a apnéia, submergir e progredir ou não para a compressão, à medida que alcança uma maior profundidade e posterior descompressão até voltar à superfície.

6.1. Imersão com a cabeça para fora da água

A imersão com a cabeça para fora da água precede o mergulho, é a fase em que o mergulhador permanece flutuando na superfície, adaptando-se à temperatura. As alterações fisiológicas já começam a aparecer pela ausência da gravidade e presença de pressão hidrostática atuando sobre o corpo (LIN, 1988).

6.2. Apnéia

A apnéia é caracterizada pela inibição voluntária da atividade muscular respiratória; portanto, nesta fase, o mergulhador deve segurar a respiração num grande volume pulmonar com o relaxamento dos músculos respiratórios (LINÉR, 1994).

6.3. Submersão

Consiste em permanecer com todo corpo recoberto por água, inclusive a face, sem respirar.

Se for um mergulho de apnéia estática ou apnéia dinâmica, as fases do mergulho em apnéia vão até a submersão; mas, se for um mergulho em profundidade como nas modalidades de lastro constante, lastro variável, imersão livre e sem limites, o corpo sofre também os efeitos da compressão e descompressão (IAZZETTI, 1997).

6.4. Compressão e descompressão

Durante a fase descendente, o corpo está sujeito à compressão de suas estruturas devido ao aumento da pressão, explicada pela Lei de Boyle, que estabelece que a pressão é inversamente proporcional ao volume de gás. Ou seja, quanto mais fundo for o mergulhador, menor ficará o volume de seu pulmão.

Na fase ascendente, ocorre o inverso, o pulmão reexpande até o volume normal quando o mergulhador retorna à superfície (IAZZETTI, 1997).

7. ALTERAÇÕES CARDIOVASCULARES

Um dos maiores fatores estressantes do sistema cardiovascular é a apnéia e pode se tornar uma ameaça à sobrevivência do organismo. Pedindo uma efetiva regulação do uso do oxigênio nos pulmões, sangue e tecidos. Ocorre então, um reflexo disparado pela apnéia chamado de reflexo de imersão.

O reflexo de imersão tem como função garantir o suprimento de oxigênio para o coração e cérebro, diminuindo o metabolismo dos órgãos menos sensíveis (ANDERSSON, SCHAGATAY & HOLM, 1998).

Esse reflexo pode ser potencializado por pelo menos três fatores: um mecânico (devido ao aumento central de volume de sangue pela imersão) e dois neurais. Um dos fatores neurais é feito pelos receptores de estiramento pulmonar, identificando uma inspiração até um volume pulmonar grande e em seguida a apnéia. O outro mecanismo trabalha através dos receptores de frio do ramo oftálmico do nervo trigêmeo localizados na face. Esses mecanismos funcionam através da ativação de barorreceptores que aumentam a descarga vagal para o coração (MOORE, LIN, LALLY & HONG, 1972).

As alterações mais significativas da resposta ao mergulho são a diminuição da frequência cardíaca (bradicardia) e a seletiva vasoconstrição. O débito cardíaco é diminuído e redistribuído favorecendo o fluxo sanguíneo para o coração e cérebro, enquanto reduz o fluxo para as vísceras, músculos e pele (FERRIGNO, FERRETI, ELLIS, WARKANDER, COSTA, CERRETELLI & LUNDGREN, 1997).

A atividade muscular necessária durante a apnéia ocorre às custas do metabolismo anaeróbio, provavelmente pela vasoconstrição e falta de oxigênio na região, levando ao acúmulo de ácido láctico (FERRIGNO et al., 1997), que permanece nos músculos até finalizar o mergulho, evitando uma acidose metabólica (Bove, Pierce, Barrera, Amsbaugh & Lynch, 1973).

7.1. Bradicardia

A bradicardia no mergulho, que também é um processo de conservação de oxigênio, vem acompanhado de várias mudanças como vasoconstrição periférica, redistribuição da circulação sanguínea, diminuição do metabolismo e diminuição das trocas gasosas.

Essa alteração começa a ocorrer imediatamente após a apnéia, mas o declínio da frequência cardíaca é intensificado após aproximadamente 20 ou 30 segundos. A mínima frequência cardíaca se desenvolve lentamente e depende de uma variedade de fatores. Em geral, PO₂ baixa, água fria, volume

pulmonar grande, pressão intratorácica baixa e metabolismo alto potencializam a bradicardia gerada pela apnéia (LIN, 1982).

A bradicardia também é originada por um reflexo central disparado pelo aumento de volume de sangue central, resultado da pressão hidrostática sobre o corpo (Moore et al. 1972), e também pela compressão torácica que aumenta à medida que o mergulhador atinge profundidades maiores (CAMPEBELL, 1996).

Mas o mecanismo de bradicardia não é perfeito, a exposição a águas muito frias (temperatura menor a 25°C) e a grandes profundidades (maiores de 15 metros) podem originar arritmias cardíacas, por provocarem um represamento de sangue na região torácica aumentando a sobrecarga do coração (FERRIGNO et al., 1997) e pelo aumento da atividade vagal alterando o marcapasso cardíaco (LIN, 1988).

7.2. Vasoconstrição periférica

A vasoconstrição periférica, gerada pelo Sistema Nervoso Autônomo Simpático, tem como objetivo conservar o oxigênio durante o mergulho, diminuindo o fluxo sanguíneo, principalmente, para pele e músculos, garantindo a nutrição do cérebro e coração. Mas esse não é um mecanismo efetivo de conservação de oxigênio, pois o fluxo de sangue para pele e músculos não é cessada, como ocorre nos mamíferos aquáticos, então há uma grande perda de oxigênio, não permitindo grandes períodos de apnéia (LIN, 1982).

7.3. Hipertensão

Os seres humanos diferem dos animais aquáticos durante o mergulho em apnéia por apresentarem hipertensão que se desenvolve progressivamente na proporção da duração da apnéia. A hipertensão indica que ocorre vasoconstrição na maioria dos leitos vasculares (LIN, 1988).

A hipertensão, em conjunto com a vasoconstrição periférica, ocorre na tentativa de conservar oxigênio, causando um acúmulo de sangue na artéria Aorta e nas grandes artérias (PAN et al., 1997).

A elevação da pressão sangüínea também leva à bradicardia através do reflexo dos receptores carotídeos (PAN et al., 1997).

8. ALTERAÇÕES RESPIRATÓRIAS

O mergulho em apnéia também gera alterações nas funções pulmonares, devido principalmente à compressão da caixa torácica e à ausência da respiração, levando à diminuição do volume pulmonar e alterações nas trocas gasosas e nas pressões parciais dos gases.

8.1. Volumes pulmonares

A imersão em água mantendo a cabeça para fora da água não afeta o Volume Corrente nem o Volume Residual, mas a Capacidade Vital é reduzida em aproximadamente 5 a 10%, principalmente por causa da diminuição do Volume de Reserva Expiratório. Isso ocorre pela redistribuição do fluxo sangüíneo pulmonar e pela compressão das pequenas vias aéreas pelo aumento de volume central de sangue, requerendo um maior trabalho da musculatura respiratória (LIN, 1988).

Quando o apneísta vai iniciar o seu mergulho, realiza uma inspiração com grande volume pulmonar e relaxamento da musculatura respiratória, levando à pressão intratorácica positiva dada pela retração elástica da caixa torácica e ativando os receptores de estiramento pulmonar, um dos responsáveis pelo reflexo de imersão (ANDERSSON & SCHAGATAY, 1998). Mas essa pressão é diminuída durante o mergulho pela compressão que reduz o volume do gás pulmonar e conseqüentemente a retração da caixa torácica (LINÉR, 1994).

Para Linér & Linnarsson (1995), a compressão não reduz o espaço morto, pois durante a fase descendente ocorre a transferência de gás dos espaços

aéreos periféricos compressíveis do pulmão para as vias aéreas rígidas e largas, promovendo a mistura entre o gás inspirado e o já utilizado.

De acordo com Martin (1997) se o mergulhador alcançar grandes profundidades, seus pulmões serão comprimidos até o Volume Residual; então o sangue deixará os capilares e preencherá os espaços, impedindo o colapamento dos alvéolos. Na fase ascendente, os gases se expandirão para o volume original, fazendo com que o sangue retorne para os capilares.

8.2. Trocas e pressão dos gases

Quando o mergulho em apnéia é feito sob pressão constante, ou seja, sem o aumento da profundidade, a pO_2 alveolar aumenta e a pCO_2 cai após a inspiração profunda. Este aumento de gradiente entre as pressões parciais dos gases dos alvéolos e do sangue venoso facilita a troca de O_2 para dentro e de CO_2 para fora do sangue. A frequência de retirada de O_2 do pulmão é praticamente linear nos primeiros dois minutos de apnéia e então diminui. Mas o O_2 continua a passar para o sangue, pois a pO_2 nos pulmões diminui, não conseguindo saturar completamente o sangue arterial, portanto a pO_2 do sangue venoso também cai progressivamente, já que os tecidos continuam utilizando O_2 e o gradiente entre os alvéolos e capilares é mantido permitindo a transferência do O_2 (LIN, 1982).

Inicialmente, o CO_2 é transferido para os pulmões numa frequência alta, pela baixa pCO_2 alveolar após a inspiração. A pCO_2 alveolar aumenta rapidamente até se igualar a pCO_2 venosa, mas continua a aumentar devido a diminuição do volume pulmonar gerado pela remoção constante de O_2 . Isso resulta numa progressiva redução na transferência de CO_2 para os pulmões que, eventualmente, para e pode reverter a direção. Então a pCO_2 do sangue venoso aumenta, levando a retenção do gás nos tecidos que será eliminado lentamente somente após a restauração da respiração (LIN, 1982).

No mergulho em que há o aumento da pressão devido ao aumento da profundidade, a troca de O_2 durante a fase descendente é mantida na frequência normal até a fase ascendente, apesar da contínua redução da pO_2

alveolar, mantendo a pO_2 através do efeito compressivo. Pela mesma razão, o CO_2 é transferido na direção oposta da troca normal até entrar na fase ascendente. A transferência constante de O_2 e a retenção de CO_2 no sangue durante a compressão, mantém níveis baixos de pO_2 e pCO_2 alveolar até quase o final da fase ascendente do mergulho onde o pulmão se reexpande. Então, quando o mergulhador está próximo à superfície, a pO_2 cai drasticamente, podendo levar à perda da consciência pela hipóxia e a pCO_2 aumenta gerando o desejo de respirar (GRASSI, FERRETTI, COSTA, FERRIGNO, PANZACCHI, LUNDGREN, MARCONI & CERRETELLI, 1994).

8.3. Pontos de ruptura

A interrupção do mergulho em apnéia é dada pelo estímulo do início de uma nova respiração chamado de ponto de ruptura ou ponto de interrupção da apnéia.

Este ponto é dividido em duas fases. A primeira é conhecida como ponto de ruptura fisiológico, onde a elevação de pCO_2 arterial provoca a contração do diafragma, que pode ser ignorado pelo mergulhador, entrando na segunda fase do ponto de ruptura, chamada de ponto de ruptura convencional ou fase do esforço. Nesta fase, o mergulhador apresenta em grande desejo de respirar e a movimentação involuntária da musculatura respiratória aumenta progressivamente, mas pode ser controlada voluntariamente por um certo período (ANDERSSON & SCHAGATAY, 1998).

Os acidentes, como perda da consciência e afogamento, normalmente ocorrem na segunda fase, pois o apneísta ignora o aumento da pCO_2 arterial, que provoca uma vasodilatação cerebral, levando a um maior consumo de O_2 desse órgão e diminuindo a pO_2 , possibilitando a ocorrência de hipóxia cerebral (Pan et al., 1997).

9. FATORES LIMITANTES DO MERGULHO

Permanecer em baixo d'água com a respiração presa apresenta algumas limitações, visto que o corpo humano é feito para o ambiente terrestre e não para o aquático e necessita de trocas gasosas para o seu bom funcionamento.

9.1. Tempo de mergulho

O ser humano pode ficar submerso somente por um curto espaço de tempo, pela falta de suprimento de O_2 para os tecidos, principalmente cérebro.

Conforme Campbell (1996) a hiperventilação é a técnica que normalmente precede a apnéia na tentativa de aumentar o tempo de mergulho, pois o estímulo para a vontade de respirar é dado pelo aumento da pCO_2 arterial e quando o mergulhador realiza a hiperventilação, consegue abaixar o valor normal, fazendo com que a sua elevação demore um tempo maior para ocorrer.

O uso da hiperventilação no mergulho livre é controverso, pois enquanto a pCO_2 leva um tempo maior para disparar o desejo de respirar, possibilitando um tempo mais longo de fundo, a pO_2 continua caindo, já que não há uma nova respiração para promover a troca de gases, podendo ocorrer uma perda brusca de consciência e/ou afogamento.

A hiperventilação causa algumas mudanças no sistema nervoso central. Praticada em excesso, causa diminuição do fluxo sanguíneo cerebral, tonturas e câimbras. Já uma hiperventilação moderada pode causar um estado de euforia e bem estar. Isso pode levar, por um aumento da autoconfiança, ao apagamento, pelo grande tempo sem respirar (CAMPBELL, 1996).

O ideal é diminuir o ritmo cardíaco, a pressão sanguínea e a contração muscular, através de relaxamentos antes do mergulho, ou seja, fazer o contrário da hiperventilação. Para que isso ocorra com eficiência deve-se exercitar a concentração para o relaxamento. Muitos atletas utilizam as técnicas da yoga para melhorar essa habilidade (GERASIMENKO, 2003).

Fatores psicológicos também interferem no tempo de mergulho, através do controle na fase entre o ponto de ruptura fisiológico e o convencional.

9.2. Profundidade do mergulho

O tempo de mergulho é um fator limitante da profundidade que o apneísta pode alcançar, quando exclui-se o tempo, a profundidade limite pode, teoricamente, ser expressa por uma fórmula.

Profundidade limite = $P_b \times (\text{Volume Pulmonar Total} / \text{Volume Residual} - 1) \times 10$, onde P_b é a pressão barométrica em atmosferas e 10 a profundidade em metros equivalente ao nível do mar em 1 atmosfera.

De acordo com a fórmula, a profundidade limite deve ser de aproximadamente 30 a 40 metros. Mas os recordes atuais estão muito além dessas profundidades. Isso é possível porque o Volume Residual diminui (aumentando a relação entre Capacidade Pulmonar Total e Volume Residual) durante o mergulho em apnéia pelo preenchimento de sangue nos alvéolos, gerado pela pressão negativa dentro dos pulmões (LIN, 1988).

Segundo McArdle (1996) não há perigo de compressão pulmonar, se o volume pulmonar continuar sendo maior que o volume residual. Isso ocorre por que há ar suficiente nas vias respiratórias rígidas e nos pulmões evitando as lesões da possível compressão.

Se durante o mergulho o volume pulmonar total e residual forem reduzidos para menos de 1 litro, a pressão do ar pulmonar se torna menor que a pressão externa da água, como se o pulmão fosse implodir, causando sérias lesões no tecido pulmonar.

Quando isso ocorre, o plasma sanguíneo sai dos capilares e entra nos alvéolos, seria como se o mergulhador se afogasse em seu próprio plasma, acarretando um edema pulmonar podendo haver complicações e até a morte. Aumentos muito grandes na profundidade podem causar fraturas nas costelas devido à pressão externa excessiva.

Outros problemas que são causados pela excessiva pressão são os barotraumas timpânicos, por causa de inflamações ou tampões de muco no ouvido médio, o ar lá contido que sofre compressão não entra em equilíbrio com o ar das vias aéreas, que também sofrem a compressão, a pressão hidrostática empurra os tímpanos para dentro provocando assim sua ruptura, podendo ocorrer até em profundidades pequenas.

O mesmo princípio ocorre com os seios da face, por inflamações e infecções, essas áreas ficam muito estreitas e dificultam o mecanismo de compensação da pressão, fazendo com que o mergulhador aborte sua descida devido a grande dor sentida na cabeça (DECKEQUER, 2004).

10. ACIDENTES

O mergulho livre em apnéia é uma atividade que apresenta um grande e crescente número de praticantes e se relaciona não somente ao mergulho profissional e ao desportivo, mas também às atividades de turismo. Apesar de o número de praticantes ser maior que o do mergulho autônomo amador, o seu aprendizado pouco é procurado formalmente.

Não existem estimativas relacionadas ao número total de praticantes do mergulho livre em apnéia. Nota-se que houve uma mudança importante do perfil do tipo de mergulhador após a primeira metade do século passado. Antes, o mergulho em apnéia era praticado principalmente por profissionais. Atualmente existe um número bem maior de pessoas praticando o mergulho livre em apnéia. Pode-se identificar, pelo menos, três grupos de praticantes, além dos mergulhadores profissionais citados anteriormente. Um grupo, com maior número de praticantes, é o representado pelos turistas que praticam o mergulho livre recreacional. Hoje é grande a oferta de destinos turísticos para se praticar o mergulho livre como forma de interação com a natureza. Num país com uma extensa costa marítima e grande quantidade de rios, o maior grupo de mergulhadores livres em apnéia é o de turistas com pouca ou nenhuma experiência em mergulho. Um segundo grande grupo, é o de caçadores submarinos. O Brasil é um país de tradição na caça submarina e com inúmeros bons pontos para praticá-la. O terceiro grupo é aquele representado pelos mergulhadores praticantes de várias modalidades esportivas de apnéia, um grupo representado por atletas de elite que buscam ultrapassar marcas anteriores numa prática desportiva mais ousada. Num extremo, tem-se um grande grupo de praticantes desinformados sobre os riscos da atividade e alheios às normas de segurança, no outro, um pequeno grupo, seletivo, de

profundos conhecedores da atividade, treinados, que respeitam normas de segurança e que têm associações profissionais específicas.

O fato de o mergulho livre em apnéia ser mais acessível, envolvendo menos investimento em equipamentos, e de ser menos complexo não quer dizer que não tenha riscos de acidentes. Apesar de ter mais praticantes do que o mergulho autônomo, há menos certificados de mergulhadores livres. Poucos freqüentam cursos de mergulho livre, havendo uma tendência ao aprendizado por experiência prática.

10.1. Dados sobre acidentes

Não se tem conhecimento de dados objetivos e confiáveis que reflitam a realidade dos óbitos relacionados ao mergulho livre em apnéia no Brasil. Existem fundamentalmente as experiências norte-americana e australiana divulgadas na literatura médica. Mesmo assim, os dados disponíveis devem ser analisados com ressalvas (RAMOS, 2003)

Há uma tendência a não se registrar os acidentes relacionados ao mergulho e considerá-los, na maioria dos casos, como simples afogamentos. Isso, no Brasil, também é válido em relação ao mergulho autônomo, onde também praticamente não há informação disponível. Isso provavelmente ocorre por envolverem doenças incomuns, como, por exemplo, a doença descompressiva, e por despertarem maior interesse na mídia do que aqueles relacionados ao mergulho livre. Isso acaba por diminuir o número de acidentes registrados.

O Dive Alert Network registrou 92 casos de óbito no livre em apnéia entre 1997 e 2002. Em 1999, houve o menor registro, de apenas 8 casos, enquanto, em 1998, houve o maior, 22 casos. Já na Austrália há registrado 60 casos de óbito em 10 anos, de 1987 até 1996.

A experiência australiana, na forma em que é relatada, é a mais interessante por apresentar detalhes importantes sobre esses acidentes. O que os torna muito representativos, é que a maior parte de vítimas são turistas, especificamente no caso deles, são turistas estrangeiros que estão visitando a Grande Barreira de Corais. As três maiores causas de morte relacionadas ao

mergulho livre em apnéia são o afogamento, os eventos cardíacos e a hipóxia. A maioria daqueles que se afogaram, eram inexperientes, com pouco condicionamento físico e que geralmente estava sem nadadeiras para auxiliar na propulsão. As mortes decorrentes de causas cardíacas envolveram mais homens de meia idade e estavam relacionadas a fatores aquáticos desencadeantes de disfunção cardíaca. De modo semelhante ao afogamento, nas mortes decorrentes de problemas cardíacos, o mau funcionamento do coração surgiu de fatores como o estresse decorrente da inexperiência em lidar com certas situações dentro da água, o despreparo físico e a pouca capacidade natatória.

Em relação àqueles que morreram por hipóxia, pode-se observar que os óbitos ocorreram justamente num grupo mais jovem de mergulhadores, bem preparados fisicamente, muito experientes, bem equipados, sendo a maioria constituída de caçadores submarinos. Em relação ao último grupo, deve ser registrado que a hipóxia foi relacionada à prática de hiperventilação e geralmente ocorreu durante a subida.

A análise comparativa entre os dados australianos de 1982 a 1987 com os de 1988 até 1996, apesar de diferentes em relação à forma de registro, gerou algumas evidências. Pode-se observar que, em relação ao primeiro estudo, a média de idade das vítimas aumentou de 30 para 45 anos, a proporção das vítimas do sexo feminino aumentou de 2% para 25%, os óbitos entre caçadores diminuiu de 73% para 25 % e a maioria das vítimas eram turistas cujos grupos foram organizados por operadores de turismo. A análise geral revela que os dados das mortes por hipóxia decorrentes de hiperventilação causando afogamento pouco mudaram de 18 para 20%, e as de causa cardíaca aumentaram de 3 para 30%(RAMOS, 2003).

10.2. Apagamento e afogamento

Apagamento é uma repentina perda da consciência causada pela restrição de O₂ no cérebro durante o mergulho em apnéia.

Ele é atribuído à hipóxia durante a fase de descompressão, depois de uma hiperventilação que antecede à apnéia e permite que a pO_2 caia drasticamente, levando à inconsciência antes de chegar ao ponto de ruptura. Se isso ocorrer enquanto o mergulhador está submerso, a aspiração de água e o afogamento podem ocorrer (BOVE, PIERCE, BARRERA, AMSBAUGH & LYNCH, 1973).

10.3. Os riscos da hiperventilação

Por volta de 1 litro de O_2 entra nos pulmões quando realizamos uma inspiração profunda de ar ambiente. No entanto, sendo bloqueada a respiração após a inspiração, 650ml de O_2 são aproveitados para alimentar o metabolismo, antes das pressões parciais de O_2 e CO_2 arteriais (sendo o CO_2 o fator químico que controla a apnéia) se desequilibrarem e fazer com que o mergulhador realize novamente a respiração.

Com o treinamento pode-se adaptar e obter maior capacidade em permanecer por mais tempo em apnéia. Se uma pessoa prender a respiração por um minuto, a PO_2 , cai de 90mmHg em média para 60 mmHg e a PCO_2 sobe de 15mmHg em média para 50mmHg, estimulando a necessidade urgente de respirar (DECKEQUER, 2004).

Aumentando a velocidade e a força da respiração antes realizar a apnéia, a pessoa expira mais gás carbônico, diminuindo a quantidade deste no sangue. Sendo ele o responsável em avisar o cérebro de que o organismo precisa de oxigênio, o mergulhador consegue diminuir a velocidade desta comunicação e consegue permanecer por mais tempo sem respirar (GERASIMENKO, 2003).

O mergulho em apnéia precedido por uma hiperventilação, promoverá um prolongamento considerável do bloqueio da respiração e um sentimento de prazer muito grande, acarretando um perigo muito maior para o mergulhador. O que leva o mergulhador sofrer um apagamento, devido ao aumento da PCO_2 arterial. O apagamento se dá da seguinte forma: antes de iniciar o mergulho hiperventila-se, aumentando a Po_2 e diminuindo consideravelmente a PCO_2 , quando é iniciada a descida o pulmão começa ser

comprimido (lei de Boyle), o O₂ alveolar penetra continuamente na corrente sangüínea para ser levado aos músculos ativos. Devido à hiperventilação, a PCO₂ arterial continua baixa e o mergulhador ainda não tem necessidade de respirar.

Enquanto o mergulhador continua descendo, a pressão externa exercida pela água vai comprimindo o tórax. Desta forma a pressão mantém uma PO₂ relativamente alta dentro dos alvéolos, apesar da quantidade de oxigênio ser reduzida, porque penetra continuamente na corrente sangüínea. Essa pressão externa que comprime o tórax, mantém a PO₂ adequada para saturar a hemoglobina enquanto o mergulhador desce. No retorno à superfície, ocorre uma inversão brusca nas duas pressões, aumentando a PCO₂ e diminuindo a PO₂, (lei de Boyle, quanto menor a pressão maior o volume), o volume pulmonar se expande e a PO₂ cai violentamente não dando condições de saturar a hemoglobina, o O₂ volta para dentro dos alvéolos, como a PCO₂ aumentou da mesma forma que a PO₂ abaixou, o mergulhador pode perder a consciência, o SNC desliga literalmente o mergulhador, antes de chegar à superfície (DECKEQUER, 2004).

Segundo McArdle (1991) outros dois aspectos fisiológicos devem ser considerados ao determinar os riscos da hiperventilação:

- uma quantidade normal de dióxido de carbono arterial é necessária para manter o equilíbrio ácido-básico do sangue. Isso é mediado pela liberação de H⁺ (íons de hidrogênio) quando o ácido carbônico é formado por dióxido de carbono e água. Ao reduzir o dióxido de carbono do sangue pela hiperventilação, a concentração de H⁺ diminui, acarretando um desvio do pH do sangue na direção de uma maior alcalinidade.

- a manutenção de um nível menor da PCO₂ arterial proporciona um estímulo contínuo para a dilatação das pequenas artérias cerebrais. A redução significativa do dióxido de carbono arterial durante a hiperventilação pode reduzir o fluxo sangüíneo cerebral e causar vertigem ou até mesmo a perda da consciência, criando assim uma situação perigosa na água.

Segundo Campbell (1993) não se deve hiperventilar por mais de três ou quatro respirações; deve-se reduzir os esforços no fundo e sempre ter alguém observando o mergulho para socorrer em caso de acidente.

10.4. Fatores ambientais relacionados aos acidentes

Além do afogamento, dos eventos cardíacos e da hipóxia, pode haver fatores ambientais envolvidos com os acidentes fatais do mergulho livre em apnéia. Eles são as correntezas, os obstáculos à natação resultantes das mudanças do relevo submarino, como pedras e bancadas de corais e as próprias embarcações. Os acidentes, nesses casos, decorrem de lesões por traumatismos.

Duas causas ambientais que merecem destaque, são o aprisionamento em tocas e cavernas e o emaranhamento em redes de pesca, acidentes característicos de caçadores submarinos. No grupo de fatores ambientais podemos incluir aqueles casos fatais que decorrem de infecções, envenenamentos e traumas produzidos por animais marinhos (RAMOS, 2003).

A temperatura da água e a sua condutividade termal podem levar ao estado de hipotermia, que ocorre geralmente em imersões prolongadas. A temperatura da água em que o corpo humano não perde e nem ganha calor é chamada de temperatura termoneutral, que é de 35°C. Esse valor é muito maior do que o encontrado nas águas do mar, mesmo no verão.

A perda de calor é contínua e rápida por todo o período de imersão, pois a condutividade termal da água é 25 vezes maior que a do ar. A hipotermia é perigosa porque afeta o funcionamento de todos os órgãos e contribui para o afogamento.

Além da hipotermia, o tempo de mergulho em águas frias pode ser diminuído pelo maior consumo de O₂, que ocorre na tentativa de manter o corpo aquecido (LIN, 1988).

A hipotermia pode ser evitada com a utilização das roupas de neoprene, que diminuem a perda de calor para a água, mantendo o corpo aquecido por mais tempo.

10.5. Problemas relacionados com os equipamentos

Com referência a equipamentos, os problemas maiores são o enredamento, os problemas de uso da máscara e do tubo de ventilação (snorkel). As armas de caça submarina e os flutuadores apresentam cabos que podem emaranhar-se no mergulhador, produzindo imobilização ou mesmo um emaranhamento, que pode desencadear pânico com possibilidade de afogamento.

Muitos cabos atualmente sequer podem ser cortados por facas. As sacolas e fieiras para peixes podem atrair predadores, possibilitando acidentes resultantes de agressões provocadas por esses animais. Em relação ao uso de equipamentos de mergulho, salienta-se o alagamento da máscara como causa de acidente. No alagamento da máscara, com a entrada de água pelo nariz com irritação da via aérea, pode haver restrição à ventilação e até pânico com afogamento secundário.

No que diz respeito ao snorkel, evidencia-se os problemas de fadiga ventilatória produzida pela ventilação através do uso de um tubo. Na ventilação com tubo na superfície com a face voltada para baixo, há uma redução da ventilação voluntária máxima. Em caso de necessidade de ventilar mais intensamente pelo aumento da demanda decorrente de um maior esforço físico, há um acréscimo ao trabalho ventilatório com possibilidade de produzir fadiga física, falta de ar e, depois, uma intensa insuficiência ventilatória.

Outro problema decorrente do uso do snorkel é que, de acordo com a posição da cabeça do mergulhador, pode haver aspiração de água. A aspiração de água salgada geralmente produz uma sintomatologia específica. Ela provoca fadiga, tosse, falta de ar e ocasionalmente vômito. A consequência direta disso é uma insuficiência ventilatória. Muitas vezes, apenas a dificuldade de lidar com esses sintomas pode provocar uma reação de pânico que pode desencadear um afogamento (TETTO,1993)

10.6. Condições de saúde das vítimas

Nos relatos australianos sobre as mortes no mergulho livre em apnéia observa-se que, entre as vítimas de afogamento do grupo de turistas, havia

portadores de várias doenças como epilepsia, asma, cardiopatias e até aqueles considerados inaptos por mau preparo físico. Em relação aos últimos, as evidências do despreparo físico estavam relacionadas à observação, no exame físico, de sinais de cirurgias maiores ou de outras doenças prévias limitantes.

A respeito dos portadores de doenças cardíacas vale a pena salientar o grande número de situações de risco como miocardiopatias (doenças próprias do músculo cardíaco), doenças valvulares, infartos prévios, revascularização miocárdica e tratamento medicamentoso para arritmias cardíacas e hipertensão. No que diz respeito aos mergulhadores que morreram de hipóxia, evidencia-se que também havia relato de apresentarem outras doenças prévias como a epilepsia, a asma, o uso de drogas ilícitas e a hipertensão arterial sistêmica (RAMOS, 2003).

Conclui-se que há uma desproporção entre a motivação para o mergulho e as condições de saúde do mergulhador, acarretando uma situação de risco intenso. Em relação à asma há dúvidas de sua contribuição direta para o afogamento. Está bem claro que ela pode ser desencadeada por aspiração de água e que pode dificultar as manobras de ressuscitação cardiopulmonar.

11. MEDIDAS DE SEGURANÇA

As orientações gerais incluem: antes das operações de turismo para mergulho livre e caça submarina, responder a um questionário que indique o nível de experiência, a capacidade física, incluindo a natação equipada e as condições médicas em relação às doenças que apresentam; obrigatoriedade do uso de nadadeiras; em caso de uso de cintos de lastro, esses devem ser de desengate rápido; mergulho não simultâneo obrigatório no sistema de duplas de mergulhadores e desencorajar a prática da hiperventilação no mergulho livre em apnéia. É preconizado o treinamento em condições controladas antes de se aventurar em realizar mergulhos em águas abertas. Quanto ao uso de cinto de lastro, em termos de fluabilidade, além de ter sistema de desengate rápido, recomenda-se que o mergulhador esteja usando quantidade de peso que ainda o

mantenha positivo nos 10 metros. Na maioria dos acidentes fatais, foi observado que o mergulhador não libera o cinto de lastro.

Deve-se mergulhar em duplas de modo não simultâneo, sendo que um mergulhador deve ficar na superfície pronto para dar assistência, se houver problemas enquanto o outro mergulhador está no fundo. Na caça submarina, esse procedimento também garante a segurança quanto ao disparo das armas subaquáticas. Após definição do local de mergulho, os mergulhadores devem tomar conhecimento das condições ambientais. Sempre se deve utilizar instrumento de apoio como bóias com flutuabilidade suficiente para manter um mergulhador sem lastro na superfície.

12. CONCLUSÕES

O número de praticantes de caça submarina e demais modalidades do mergulho livre nas áreas recreacional, profissional e esportiva tem aumentado muito nos últimos anos. Para que se pratique este esporte com mais segurança e melhor rendimento esportivo, torna-se necessário o conhecimento da fisiologia do esporte e das alterações e limitações do organismo humano durante a sua prática.

Essa revisão bibliográfica caracterizou a apnéia como a inibição voluntária da atividade muscular respiratória e ressaltou que durante a apnéia o corpo está sujeito à compressão de suas estruturas devido ao aumento da pressão, explicada pela Lei de Boyle, sendo que durante a volta à superfície ocorre o inverso.

Sendo a apnéia um fator altamente estressante do sistema cardiovascular, pode se tornar uma ameaça à sobrevivência do organismo, exigindo uma regulação imediata do uso do oxigênio nos pulmões, sangue e tecidos. Ocorre então um reflexo disparado pela apnéia chamado de reflexo de imersão para garantir o suprimento de oxigênio para o coração e cérebro. As alterações mais significativas da resposta ao mergulho são a diminuição da frequência cardíaca (bradicardia) e a seletiva vasoconstrição. A apnéia ocorre às custas do metabolismo anaeróbio, provavelmente pela vasoconstrição e falta de oxigênio na região, levando ao acúmulo de ácido láctico.

Nós os seres humanos somos “péssimos” apneístas, pois não possuímos um mecanismo de conservação de oxigênio realmente eficiente, pois o fluxo de sangue para pele e músculos não é cessado, como ocorre nos mamíferos aquáticos, havendo grande perda de oxigênio. A hipertensão que acontece progressivamente durante a apnéia em conjunto com a vasoconstrição periférica, ocorre na tentativa de conservar oxigênio, causando um acúmulo de sangue na artéria Aorta e nas grandes artérias.

Durante a apnéia também ocorrem alterações nas funções pulmonares, devido principalmente à compressão da caixa torácica e à ausência da respiração, levando à diminuição do volume pulmonar e alterações nas trocas gasosas e nas pressões parciais dos gases. O fim da apnéia é dado pelo estímulo do início de uma nova respiração chamado de ponto de ruptura onde

a elevação de $p\text{CO}_2$ arterial provoca a contração do diafragma, na segunda fase do ponto de ruptura, chamada de ponto de ruptura convencional, o mergulhador apresenta em grande desejo de respirar e a movimentação involuntária da musculatura respiratória aumenta progressivamente, mas pode ser controlada voluntariamente por um certo período, é nesta segunda fase que ocorrem normalmente os acidentes.

Os acidentes geralmente ocorrem por despreparo físico, doenças prévias limitantes, por falta de conhecimento das regras de segurança e desconhecimento do funcionamento das reações do corpo durante a apnéia.

O estudo mostrou que a apnéia na caça submarina não depende somente das modificações fisiológicas, mas também pode ser controlado através de técnicas apropriadas que permitem ao praticante permanecer mais tempo no fundo de maneira mais confortável., os sinais que o corpo emite para iniciar uma nova respiração.

Portanto, através do conhecimento das alterações fisiológicas, pode-se reconhecer os sinais que o corpo emite para iniciar uma nova respiração, tornando a prática da caça submarina mais segura, agradável.

13. REFERÊNCIAS

ANDERSSON, J. & SCHAGATAY E. (1998). Effects of lung volume and involuntary breathing movements on the human diving response. *European Journal of Applied Physiology*, 77(2), p.19-24.

BEDAQUE, M. (1999). Pulmões de aço. *Revista Mergulho*, III (37), p.40-43.

BOVE A. A.; PIERCE A.L.; BARRERA F.; AMSBAUGUE A. & LYNCH P. R. (1973) Diving bradycardia as a factor in underwater blackout. *Aerospace Medicine*, 44(3), p.245-248.

FERRIGNO, M., FERRETTI, G., ELLIS, A., WARKANDER, D., COSTA, M., CERRETELLI P. & LUNDGREN, C.E. (1997). Cardiovascular changes during deep breath-hold dives in a pressure chamber. *Journal of Applied Physiology*, 83(4), p.1282-1290.

GRASSI B.; FERRETTI G.; COSTA M.; FERRIGNO M.; PANZACCHI A.; LUNDGREN C.E.; MARCONI C. & CERRETELLI P. (1994) Ventilatory responses to hypercapnia and hypoxia in elite breath-hold divers. *Respiration Physiology*, 97(3), p.323-332.

IAZZETTI, P.(1997). Medicina Hiperbárica – *Mergulho.Serviço de Medicina Hiperbárica – UNICAMP*, 2 (2).

LIN, Y.C. (1988). Applied physiology of diving. *Sports Medicine*, 5(12), p.41-56.

LINÉR, M.H. (1994). Cardiovascular and pulmonary responses to breath-hold diving in humans. *Acta Physiol. Scand. Suppl.* 620, p.1-32.

MARTIN, L. (1997). Scuba diving explained: questions and answers on physiology and medical aspects of scuba diving. *Diversification Series. Best Publishing Co. Cleveland.*, 6(10), p. 6- 7.

MORATO ,A P. (2004). A melhor do mundo. *Revista Mergulho*, 3(39), p.38-39.

MOORE T.O; Lin Y-C, Lally D.A & Hong S.K. (1972) Effects of temperature, imersion and ambient pressure on human apneic bradycardia. *Journal of Applied Physiology*, 33(1),p.36-41.

RAMOS, A.(2001). Acidentes do mergulho em apnéia. *Guarapas Caça sub* 15. 1-12. Acesso 19 de dez. de 2003 na [http:// www.guarapas.com.br](http://www.guarapas.com.br).

STARELLI, A. (1989).*Caça Submarina. Super Sub. 2º edição*, Rio de Janeiro.

TETTO, E.(1993) Caça submarina. *Mergulho Livre e Caça Submarina*, Curitiba, 1(2), pág. 3-6.

TOË, K. M.(2000). Karol sem limites. *Revista Mergulho*, São Paulo , 1(11), p.42-46.

_____ (2003). Claude Chapuis: formador de campeões. *Revista Mergulho*, São Paulo , 3 (40) , p.65-68.