A medicina hiperbárica. Uma especificidade da medicina naval.

Contra-almirante MN
José de Gouveia de Albuquerque e Sousa

I. Medicina hiperbárica. Perspectiva histórica.

Torricelli, Pascal, Robert Boyle e Isaac Newton, entre outros, contribuíram para a demonstração que o ar atmosférico é matéria no estado gasoso e, como tal, tem peso e exerce pressão[1-15].

Cavendish, ao conseguir determinar o valor da constante gravitacional, tornou possível a determinação do peso e da pressão exercida pela matéria, independentemente do seu estado[15].

Carl Scheel, em 1772, e Joseph Priestley, em 1774, procederam à produção do oxigénio em condições experimentais, e Antoine Lavoisier demonstrou que o ar atmosférico é uma mistura de gases, um dos quais, o oxigénio, é essencial à respiração e metabolismo de quase todos os organismos vivos[16-20].

Em 1877, Paul Bert, na obra intitulada *"La Pression Barométrique, Recherches de Physilogie Expérimentale"*, estabeleceu uma correlação directa entre a formação de bolhas de azoto no organismo humano, em consequência de descompressões inadequadas precedidas da inalação de ar a elevadas pressões ambientes (doença de descompressão), inferiu que a oxigenoterapia poderia ter utilidade no tratamento destes casos, e descobriu que o oxigénio é tóxico sobre o sistema nervoso central, quando inalado no seu estado puro, a elevadas pressões ambientes (superiores a três atmosferas absolutas, provocando a ocorrência de um quadro convulsivo do tipo comicial)[21].

Esta obra, aliada ao conhecimento das leis que regem o comportamento físico dos gases perfeitos (lei de Boyle-Mariotte, lei de Charles e de Gay-Lussac, lei de Dalton, lei de Henry) e à descoberta da toxicidade pulmonar do oxigénio, em 1899, por J. Lorrain Smith22, revelou-se essencial à elaboração do princípio fisiológico que estipula que "o efeito de um gás sobre o organismo humano depende da sua pressão parcial", o qual viria

a constituir um dos fundamentos científicos da medicina hiperbárica.

Embora a descoberta, da toxicidade do oxigénio hiperbárico sobre o organismo humano, tivesse sido responsável pelo protelamento do início deste tipo de tratamentos, a mesma viria a contribuir para que as sessões rotineiras de OTHB se passassem a realizar com pressões ambientes e com uma duração que não excedessem determinados valores, a partir dos quais se pudessem fazer sentir os efeitos tóxicos da hiperóxia.

J.S. Haldane (1917 e anos seguintes) definiu hipoxémia e descreveu as suas causas e os seus efeitos, e referiu-se aos benefícios proporcionados pela oxigenoterapia normobárica nestes casos[23, 24].

Para a desmistificação e implementação da OTHB, veio a revelar-se essencial o crescente interesse da medicina militar pela fisiopatologia relacionada com a inalação de ar comprimido, hiperpressurizado, no decurso da prática de actividades operacionais em meio subaquático, e pela sua convicção, dos efeitos benéficos proporcionados pela inalação de oxigénio puro em ambiente hiperbárico, em algumas destas situações.

Neste contexto, Drager construiu, em 1917, uma câmara estanque destinada ao tratamento da doença de descompressão através da inalação de oxigénio hiperbárico, que, no entanto, só foi passado à prática por Behnke e Shaw em 1937[25,26].

Boerema demonstrou, em meados do século XX, que animais de experiência (porcos) com anemia extrema, quase totalmente desprovidos de eritrocitos, eram capazes de sobreviver durante 45 minutos, inalando oxigénio em ambiente hiperbárico, provando, desta forma, que a OTHB proporcionava um aumento da capacidade de transporte sanguíneo de oxigénio e da oxigenação tecidular, à custa de uma maior quantidade deste gás dissolvido no plasma[27].

Churchill-Davidson, em 1955, no Reino Unido, recorreu à OTHB com o intuito de aumentar a radiossensibilidade tumoral[28]; Boerema, em 1956, na Holanda, utilizou o OHB no domínio da cirurgia cardíaca, com o intuito de permitir o prolongamento dos tempos de clampagem cirúrgicos[29]; Brummelkamp, em 1961, recorreu a esta terapêutica para o tratamento das infecções necrosantes graves dos tecidos moles (particularmente das mionecroses clostrídicas, ou gangrenas gasosas)[30], e Smith e Sharp, em 1962, na Escócia, obtiveram grandes benefícios clínicos recorrendo a esta terapêutica nas intoxicações por monóxido de carbono[31].

Estes ensaios clínicos foram essenciais para a assimilação do conceito de que o oxigénio, quando inalado no seu estado puro em ambiente hiperbárico, se comporta como um fármaco multifacetado, dotado de propriedades anti-isquémicas, anti-hipóxicas, anti-edematosas, pró-cicatrizantes, e anti-infecciosas, actuando, neste último caso, à semelhança de um “antibiótico”.

Os benefícios clínicos, proporcionados pela terapêutica hiperbárica, em geral, e pela

OTHB, em particular, bem como a robustez crescente da sua fundamentação científica, fizeram com que a medicina hiperbárica fosse aceite como uma área do conhecimento provida de mérito e de especificidade própria, por organizações científicas reputadas, como a National Academy of Sciences[32].

Várias sociedades científicas internacionais foram, entretanto, criadas, com o objectivo de melhorar o nível dos conhecimentos e de regular a actividade nesta área, tais como: A Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS), assim designada desde 1986, previamente designada por Undersea Medical Society (UMS), criada em 1967 nos EUA; O Hyperbaric Oxygen Committee, fundado em 1976 pela UHMS[33]; A European Undersea Biomedical Society, fundada em 1965, desde 1993 designada por European Underwater Baromedical Society (EUBS); O European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM), criado em 1991[34].

II. Medicina hiperbárica. Conceito e dispositivos.

O termo hiperbárico significa "relacionado com, produzir, operar, ou ocorrer a pressões superiores à pressão atmosférica normal"[35].

A medicina hiperbárica dedica-se ao estudo e tratamento das doenças susceptíveis de regredirem ou de melhorarem com a exposição dos seus portadores a elevadas pressões, ambiente e de oxigénio molecular, por meio da inalação deste gás, de ar, ou de outras misturas gasosas respiráveis, no interior de compartimentos estanques hiperpressurizados (câmaras hiperbáricas).

A medicina hiperbárica engloba a terapêutica hiperbárica e a oxigenoterapia hiperbárica.

A terapêutica hiperbárica inclui a inalação de ar e de misturas gasosas respiráveis hiperoxigenadas a uma pressão ambiente superior à pressão atmosférica medida ao nível do mar, e foi precedida pela aeroterapia hiperbárica (inalação de ar atmosférico a pressões variáveis), introduzida em 1662 por Henshaw, físico e membro do clérigo inglês[36-40].

A terapêutica hiperbárica mantém pertinência, na actualidade, relativamente ao tratamento das afecções causadas por êmbolos gasosos, como é o caso de certas formas de doença de descompressão e das embolias gasosas vasculares.

A oxigenoterapia hiperbárica (OTHB) é uma modalidade de tratamento baseada na inalação de oxigénio puro em ambiente hiperbárico, isto é, a uma pressão ambiente superior à pressão atmosférica medida ao nível do mar[41].

Para se atingirem tais propósitos, as sessões de OTHB são realizadas no interior de câmaras hiperbáricas, que são compartimentos estanques, habitualmente cilíndricos (para uma mais uniforme distribuição das pressões sobre a sua superfície interna),

construídos com materiais resistentes a elevadas pressões, classificadas como dispositivos médicos tipo IIB (directiva 93/42 CCE de 14 de Junho de 1993, relativa a dispositivos médicos), destinados ao tratamento e atenuação de doenças e investigação[41-56].

Dividem-se por várias categorias, de acordo com a sua capacidade, finalidade de utilização e potencial terapêutico:

Fig.1: Câmara hiperbárica multilugar

As câmaras de categoria 1 são multi-lugar e estão apetrechadas com meios adequados ao tratamento e monitorização de doentes em estado crítico (“advanced life support”).

As câmaras de categoria 2 são do tipo multi-lugar e destinam-se ao tratamento de doentes em geral, exceptuando os em estado crítico (“basic life support”).

As câmaras de categoria 3 são do tipo multi ou bi-lugar e destinam-se exclusivamente ao tratamento de acidentados de mergulho (“basic life support”).

As câmaras de categoria 4 são do tipo monolugar (“basic life support”).

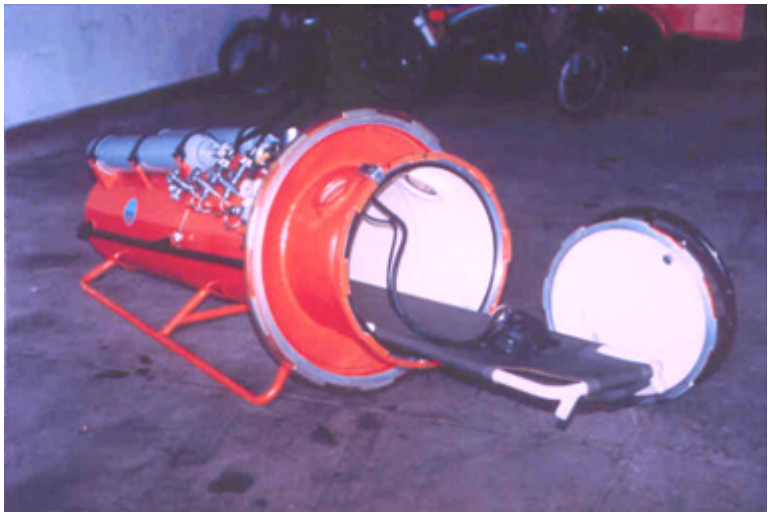

Fig.2: Câmara hiperbárica monolugar

As câmaras monolugar são cada vez menos utilizadas, porque, ao serem pressurizadas com oxigénio, comportam um risco acrescido de incêndio e deflagração, e devotam o doente a uma situação de isolamento e de incomunicabilidade, não permitindo que lhe sejam prestados cuidados médicos, no decurso dos tratamentos.

Apesar de tudo, as modernas câmaras monolugar, são construídas em material acrílico, permitindo a comunicação visual entre o doente e o ambiente exterior, e estão providas de sistemas de comunicação verbal.

As câmaras multi-lugar são pressurizadas com insuflação de ar no seu interior até se atingir a pressão ambiente de trabalho desejada e têm volumetria suficiente para acomodar simultaneamente vários indivíduos, sendo assim possível o acompanhamento dos doentes por profissionais de saúde no decurso dos tratamentos hiperbáricos.

Uma vez alojados no seu interior e atingida a pressão de trabalho, os doentes inalam oxigénio puro, ou outras misturas gasosas respiráveis (heliox, nitrox, por exemplo), por meio de máscara buco-nasal, de tenda cefálica, ou de tubo endo-traqueal, em circuito semi-aberto, isto é, o gás inspirado é conduzido através de uma traqueia munida de uma válvula unidireccional, e os gases expirados são drenados directamente para o exterior da câmara através de outra traqueia apetrechada com válvula de não retorno.

Desta forma, não há contacto directo dos gases respirados pelo doente com o ar contido no interior da câmara, pelo que raramente as concentrações de oxigénio, a este último nível, excedem os valores de segurança recomendados (22.5%) estando, assim, minimizado o risco de incêndio e deflagração.

A duração e a pressão máxima de trabalho, das sessões rotineiras de oxigenoterapia hiperbárica, estão limitadas a 3 atmosferas absolutas (ATA´s) e a 120 minutos, como forma de prevenção da ocorrência dos efeitos tóxicos da hiperóxia, neurológicos e

respiratórios, respectivamente[41,47].

Contudo, é possível atingir pressões de trabalho mais elevadas e proceder a tratamentos hiperbáricos mais prolongados, recorrendo a misturas respiratórias hiperoxigenadas (heliox e nitrox), em vez de oxigénio puro, como no caso do tratamento de certos acidentes disbáricos embolígenos de mergulho (doença de descompressão e sindroma de hiperpressão intra-torácica, complicado com embolia gasosa arterial).

III. Medicina hiperbárica. Efeitos fisiológicos.

A redução do volume e do diâmetro das bolhas de gás inerte, contidas no organismo humano, proporcionada pela elevação da pressão ambiente (conforme estipulado pela lei de Boyle), a promoção da sua dissolução, pela criação de gradientes de pressão que promovem a difusão do gás inerte do interior dos êmbolos gasosos para os tecidos circundantes, e o aumento da quantidade de oxigénio (O_2) molecular dissolvido no plasma (de acordo com a lei de Henry), das tensões arteriais deste gás e da sua transferência para os tecidos, proporcionado pelo aumento da pressão parcial de oxigénio ao nível dos alvéolos pulmonares, resultante sua inalação, no estado puro, em ambiente hiperbárico (em conformidade com a lei de Dalton), são os principais mecanismos fisiológicos que fundamentam o recurso à OTHB em determinadas situações patológicas[48-57].

A inalação de oxigénio puro em ambiente hiperbárico causa o aumento das pressões parciais do O_2 alveolar (lei de Dalton), responsável por uma maior difusão de moléculas deste gás para o sangue capilar pulmonar (lei de Henry), as quais saturam, em breves instantes, a hemoglobina eritrocitária, passando, a partir de então, a ser transportadas em quantidades progressivamente maiores, sob a forma dissolvida no plasma, até que se atinja o estado de saturação dos capilares pulmonares em oxigénio.

Este processo pode ser calculado, em conformidade com a lei de Henry, pela seguinte fórmula: O_2 *dissolvido (vol%) = 0.0031 (ml* O2*/100 cm3/mmHg) X Pa*O_2[44].
Assim se compreende que, com inalação de oxigénio puro à pressão de três atmosferas absolutas, a quantidade de O_2 molecular dissolvido no plasma aumente de 0,285% para cerca de 6% do volume plasmático total, a que correspondem tensões arteriais de O_2 (que dependem exclusivamente da fracção deste gás dissolvida no plasma) de cerca de 2 000 mmHg (cerca de 20 vezes superiores às que se obtêm com inalação de ar ambiente ao nível do mar)[49,51].

Para além da maior quantidade e distância de difusão peri-capilar do O_2, causada pela elevação das suas tensões arteriais[58], o oxigénio livre, dissolvido em maiores quantidades no plasma sanguíneo, difunde-se para territórios inacessíveis às moléculas deste gás que são transportadas pela hemoglobina eritrocitária, fazendo com que no decurso de uma sessão de oxigenoterapia hiperbárica, realizada a duas atmosferas absolutas, os valores das tensões tecidulares de O_2 ascendam aos 400 mmHg (cerca de 10 vezes superiores aos que se obtêm com inalação de ar ambiente ao nível do mar)[59,60].

Tais mecanismos fisiológicos tornam esta terapêutica útil em situações que cursam com hipóxia ao nível dos tecidos, seja ela anémica (intoxicação pelo monóxido de carbono, com formação de carboxihemoglobina, com a subsequente diminuição da capacidade de transporte sanguíneo de O_2, por exemplo, com tensões arteriais de O_2 normais e níveis de oxihemoglobina e tensões tecidulares de O_2 diminuídos), citotóxica (intoxicação pelo monóxido de carbono e cianídrica, com inibição da "respiração" celular por bloqueio de cadeias enzimáticas mitocondriais, com tensões arteriais e tecidulares de O_2 normais e níveis de oxihemoglobina inalterados), ou isquémica (por arteriopatia obstrutiva, infecção e edema, com tensões arteriais de oxigénio e níveis de oxihemoglobina normais e redução das tensões tecidulares de O_2, com hipoxia)[55-57].

A OTHB, não só proporciona um aumento significativo da disponibilidade do oxigénio molecular ao nível dos tecidos, como causa uma vasoconstrição hiperóxica, não hipoxemiante, selectiva, ocorrendo predominantemente, ao nível dos tecidos sãos[61-63], com atenuação do edema[64] e redistribuição da volémia periférica a favor dos tecidos hipóxicos (efeito "Robin Hood"), mecanismo fisiológico este, que acentua os efeitos anti-isquémicos e anti-hipóxicos, desta modalidade complementar de tratamento, ao nível das extremidades[55,56].

O aumento da disponibilidade local de oxigénio molecular ao nível das lesões hipóxicas, promove, por sua vez, a sua cicatrização (aumento, quantitativo e qualitativo, do colagéneo fibroblástico, depositado ao nível da matriz extracelular de tecido conjuntivo[65,66], estimulação da angiogénese local[67,68], e da reepitelização[69]) e combate a infecção local (aumento da actividade fagocitária das bactérias[70] e da sua lise ao nível dos granulócitos polimorfonucleares neutrófilos[66,71], sinergismo em relação a certos antibióticos, efeito bacteriostático e bactericida, este último em anaeróbios estrictos[72-74]).

IV. OTHB. Aplicações clínicas.

De acordo com as conclusões da 7ª conferência europeia de consensus em medicina hiperbárica, realizada em Lille, em 2004, as recomendações actuais, para a oxigenoterapia hiperbárica, estão estratificadas em três tipos e em três níveis de evidência, a saber[75]:

Tipo 1 - Fortemente recomendada, na medida em que contribui para a alteração positiva do prognóstico vital do enfermo, ou da evolução da afecção de que é portador.

Tipo 2 - Recomendada, contribuindo para uma alteração positiva da evolução da patologia em causa.

Tipo 3 - Opcional, podendo revelar-se útil no tratamento complementar da doença em questão.

Nível A - Recomendação suportada por nível de evidência 1, baseada em, pelo menos, dois estudos concordantes duplamente cegos, com significativa amostra populacional, estudos controlados e randomizados com poucas ou nenhumas falhas metodológicas.

Nível B - Recomendação suportada por nível de evidência 2, baseado em estudo duplamente cego controlado, estudos randomizados mas com falhas metodológicas, estudos com pequenas amostras populacionais, ou um único ensaio clínico.

Nível C - Recomendação suportada por nível de evidência 3, baseado em opinião consensual de peritos.

De acordo com as recomendações actuais, a OTHB tem aplicabilidade numa ampla constelação de afecções do foro médico-cirúrgico.

Esta terapêutica é insubstituível nalgumas situações, como nas embolias gasosas vasculares e nos acidentes disbáricos de mergulho embolígenos (certas formas de doença de descompressão e de sindroma de hiper-pressão intra-torácica complicado com embolia gasosa arterial).

Noutras, constitui, igualmente, terapêutica de primeira linha, no contexto de uma abordagem terapêutica multidisciplinar, como, por exemplo, em certos casos de intoxicação pelo monóxido de carbono, nas intoxicações cianídricas, nas mionecroses clostridiais, e na cistopatia pós-rádica hemorrágica, cursando com macro-hematúria resistente à terapêutica convencional.

Há, também, aquelas patologias em que o oxigénio hiperbárico não é a única forma possível de tratamento nem assume importância vital, mas em que se tem revelado comprovadamente benéfico através de ensaios clínicos controlados.

São exemplos várias situações clínicas da área da infecciologia (infecções graves dos tecidos moles por microorganismos anaeróbios não esporolados, osteomielites crónicas, por exemplo), da cirurgia plástica e reconstrutiva (viabilização de enxertos cutâneos e de retalhos músculo-cutâneos com vascularização comprometida), as lesões pós-traumáticas das extremidades com compromisso do seu prognóstico vital e funcional (isquémias pós-traumáticas agudas, sindromas de esmagamento, sindromas compartimentais, congelamentos), os atrasos de cicatrização de feridas das extremidades (regra geral devidos a insuficiência circulatória), as lesões induzidas ao nível de vários órgãos e tecidos pela exposição prévia a radiações ionizantes (osterradionecrose mandibular, cistite rádica hemorrágica, entero-colite e proctite pós-rádica, mielite pós-rádica, necrose laríngea, etc) e casos clínicos de surdez de instalação súbita, relativamente frequentes numa faixa laboralmente activa e jovem da nossa população.

Noutras afecções, a oxigenoterapia hiperbárica pode revelar-se benéfica, em complemento da restante terapêutica.

Constituem exemplos afecções oftalmológicas (retinopatia oclusiva aguda), neurológicas

(encefalopatias agudas hipóxico-isquémicas), toxicológicas (intoxicações por tetracloreto de carbono), gastrenterológicas (doenças inflamatórias crónicas intestinais, como por exemplo a doença de Crohn, a pneumatose quística intestinal), e do âmbito da cirurgia plástica e reconstrutiva (grandes queimados, viabilização de segmentos de membros reimplantados cirurgicamente, por exemplo).

Há ainda publicações ocasionais referindo benefícios proporcionados pela oxigenoterapia hiperbárica em muitas outras situações clínicas, como, por exemplo, as retinopatias diabéticas e a retinite pigmentada[41].

Em termos gerais, a selecção dos candidatos a esta modalidade terapêutica deve basear-se em rigorosos critérios de ordem clínica, devendo o médico especializado nesta disciplina abster-se da tentação de alargar a aplicação destes tratamentos a situações clínicas não contempladas nas listagens elaboradas pelas sociedades científicas internacionais com reconhecida competência neste domínio, como a Undersea and Hyperbaric Medical Society e o European Committee for Hyperbaric Medicine.

V. OTHB. Efeitos indesejáveis e acidentes

A oxigenoterapia hiperbárica não é totalmente inócua e pode apresentar alguns efeitos secundários ou indesejáveis, como por exemplo, as lesões barotraumáticas e as causadas pelo stress oxidativo.

Tal como no mergulho, as variações da pressão ambiente no interior das câmaras, durante as fases de compressão, de descompressão, ou produzidas acidentalmente, podem provocar barotraumatismos (lesões orgânicas causadas pelas variações volumétricas e/ou pressurométricas dos gases) timpânicos, dos seios perinasais, dentários, pulmonares, ou eventualmente ao nível de outras cavidades fechadas do organismo humano. De entre estes, os mais frequentes são os timpânicos[44,63].

Sabe-se, desde os estudos empreendidos por Rebeca Gershman, em 1954[64], que as lesões orgânicas induzidas pela hiperóxia se devem a um excesso de produção de radicais livres derivados do oxigénio e que todos os órgãos e aparelhos do organismo humano podem ser alvo da toxicidade deste gás65. Contudo, só assumem expressão clínica, as lesões cerebrais, as pulmonares e as retinianas[66].

As lesões causadas pelo excesso de produção de radicais livres derivados do oxigénio durante as sessões de oxigenoterapia hiperbárica, com expressão clínica, consistem no efeito de Paul Bert, correspondente à toxicidade cerebral do oxigénio, e no efeito de Lorrain Smith, respeitante à toxicidade pulmonar deste gás[44,66,67].

O primeiro manifesta-se pela ocorrência de um quadro convulsivo do tipo comicial, que regride sem sequelas ao cessar a exposição à hiperóxia.

O segundo manifesta-se pela ocorrência de sintomas irritativos do tracto respiratório, com redução precoce da capacidade vital, que pode evoluir para um quadro de edema pulmonar agudo do tipo inflamatório e para fibrose pulmonar tardia sequelar, se persistir a exposição à hiperóxia.

A fibroplasia retrolental, ocorre apenas em recém-nascidos prematuros tratados em incubadoras com ambiente rico em oxigénio, é consequência da imaturidade ocular neonatal e manifesta-se por neovascularização retiniana após o abandono das incubadoras49.

Têm também sido descritos casos de aceleração evolutiva de cataratas pré-existentes e de miopia transitória[44,62].

Utilizando tabelas terapêuticas com uma duração inferior a duas horas e uma pressão máxima de três atmosferas, a apresentação dos efeitos colaterais supracitados é excepcional nos tratamentos rotineiros de doenças crónicas[47,49].

Dado que as sessões decorrem no interior de espaços fechados, há também a possibilidade de eclosão de crises claustrofóbicas em doentes predispostos.

Estes tratamentos envolvem ainda um risco acrescido de incêndio e deflagração, causado pelo efeito sinérgico do aumento da temperatura local durante a fase de compressão, da presença de substâncias combustíveis e, principalmente, do aumento das concentrações de oxigénio no interior das câmaras (“triângulo de fogo”).

Este risco é muito maior para as câmaras monolugar, que são pressurizadas com oxigénio puro, razão pela qual se encontram cada vez mais em desuso.

O número de acidentes fatais, registados na literatura médica mundial, relacionados com incêndio e deflagração no decurso das sessões de oxigenoterapia hiperbárica, é de várias dezenas.

A sua prevenção passa pela implementação de protocolos que coordenem a uniformização e a aplicação de rigorosas medidas de segurança ao nível dos centros de oxigenoterapia hiperbárica, conforme previsto na acção comunitária COST B14[68].

VI. A medicina hiperbárica e subaquática em Portugal. Perspectiva histórica e situação actual

Em Portugal a medicina hiperbárica tem-se desenvolvido quase exclusivamente à custa das iniciativas da Marinha de Guerra Portuguesa e, ultimamente, do corpo clínico e técnico do Centro de Medicina Hiperbárica do Hospital da Marinha.

Em 1898, foi publicado o primeiro diploma regulador da estrutura do serviço dos

mergulhadores da armada e de toda a actividade de instrução nele desenvolvida.

Desde então, esta unidade naval passou a desempenhar um papel de primordial importância na área do mergulho militar e desenvolveu actividades de utilidade pública em situações de dificuldade ou de catástrofe a nível nacional.

Como resultado dos progressos científicos ocorridos na área da medicina do mergulho e da necessidade de providenciar apoio terapêutico aos acidentes de mergulho decorrentes da actividade militar operacional em meio hiperbárico subaquático, foi instalada em 1953, na Escola de Mergulhadores-Esquadrilha de Submarinos da Base Naval do Alfeite, a primeira câmara hiperbárica em Portugal.

Os tratamentos dos acidentes de mergulho eram então efectuados com ar.

Em 1968, teve início, no nosso país, a aplicação da oxigenoterapia hiperbárica, então efectuada com o recurso a equipamentos de mergulho autónomo, de circuito fechado, com oxigénio puro.

Em 1989 é instalada uma câmara multilugar no Hospital da Marinha coincidindo com a criação do Centro de Medicina Hiperbárica desta unidade hospitalar (CMH-HM), contudo, sem capacidade para tratar doentes críticos.

Desde então passou a ser dado de forma rotineira, apoio terapêutico aos doentes do sector civil da nossa comunidade, carecidos destes tratamentos.

O apoio permanente, em regime de serviço de urgência, entrou em funcionamento desde Janeiro de 1992.

Desde essa data, as câmaras do CMH-HM passaram a ser incluídas nas listagens de câmaras hiperbáricas da Undersea and Hyperbaric Medical Society e da European Underwater Baromedical Society.

Em 2001 foi adquirida uma nova câmara multilugar totalmente medicalizada com capacidade para tratar doentes em estado crítico, incluindo os que necessitem de ventilação assistida, e a primeira câmara é tecnologicamente renovada.

O Hospital da Marinha dispõe, na actualidade, de duas câmaras hiperbáricas multilugar, equipadas com tecnologia de topo, com a capacidade de tratarem em simultâneo 24 doentes em posição sentada.

Neste Centro os doentes podem beneficiar da inalação de vários tipos de misturas gasosas respiratórias, para além do ar e do oxigénio.

São exemplos as misturas Nitrox que, tal como o ar ambiente, utilizam o azoto como gás inerte diluente, mas que contêm percentagens de oxigénio superiores ás do ar atmosférico, e as misturas Heliox, que utilizam o hélio como gás inerte diluente.

Estas características fazem do CMH-HM um centro de referência nesta área.

O CMH-HM presta, na actualidade, apoio terapêutico a todos os acidentes resultantes da prática de actividades em ambiente hiperbárico, em atmosfera seca (trabalhos com ar comprimido), ou em atmosfera húmida (mergulho militar, profissional, desportivo, recreativo, científico).

Para além destes, trata também todas as outras doenças causadas ou agravadas pela falta de oxigénio ao nível dos tecidos e relativamente às quais há consensualidade, por parte da comunidade científica internacional, quanto ao benefício do seu tratamento com oxigénio hiperbárico.

Neste contexto, e por ter sido único no Continente, até ao presente momento, a actividade clínica desenvolvida ao nível do CMH-HM aumentou de forma significativa no decurso da última década.

A actividade clínica desenvolvida ao nível do CMH-HM, reparte-se pelas consultas, pela prescrição e coordenação de tratamentos de rotina e de urgência, pela participação nas escalas de permanência e de prevenção para o tratamento das urgências, pela realização de estudos clínicos, pela selecção de candidatos ao mergulho profissional e militar e avaliação periódica do seu grau de aptidão para o desempenho das suas tarefas, pelo treino, em câmara, para o mergulho militar profundo e pela realização de testes de tolerância aos gases em ambiente hiperbárico (oxigénio e azoto, por exemplo).

Neste Serviço tem, também, sido possível o desenvolvimento continuado de acções de formação pré e pós-graduada, destinadas a licenciados em Medicina, em Enfermagem e a alunos da Escola Naval, tem-se procedido à organização periódica de Jornadas de Medicina Hiperbárica e Subaquática e à realização de estudos de investigação clínica apresentados em Congressos e Jornadas Médicas, nacionais e estrangeiras, e publicados em revistas periódicas médicas.

O CMH-HM contribuiu, também, para a organização, em Lisboa, de 18 a 20 de Outubro de 2001, da conferência europeia de consensus sobre o papel da oxigenoterapia hiperbárica no tratamento das lesões radioinduzidas em tecidos normais, promovida conjuntamente pelo ECHM (European Committee for Hyperbaric Medicine) e pela ESTRO (European Society For Therapeutic Radiology and Oncology).

Na área da actividade hospitalar, é de realçar o importante apoio terapêutico facultado pelo CMH-HM ao sector civil da nossa comunidade, possibilitando aos hospitais civis recorrer aos serviços do CMH-HM, sempre que aqueles acorram situações clínicas, agudas ou crónicas, susceptíveis de beneficiarem dos tratamentos com oxigénio hiperbárico.

VII. Indicadores da actividade desenvolvida ao nível do CMH-HM

Como corolário da actividade clínica desenvolvida ao nível do CMH-HM, foram, entre 1989 e 2005, realizados 70 080 tratamentos, dos quais 68 816 de rotina e 1 264 de urgência, feitas 7 301 consultas, das quais 3 409 primeiras consultas (2 566 de rotina, 843 de urgência). De entre o total de doentes observados em primeira consulta, 76% (2 462) provieram de Instituições Hospitalares, na sua quase totalidade civis, 20% (646) foram-nos referenciados pelos seus médicos privados e 4% (145) deslocaram-se ao nosso Centro por sua própria iniciativa. Foram tratados, no total, 2 744 doentes, correspondentes a cerca de 80% do total de doentes observados em primeira consulta, 825 dos quais (30%) em regime de urgência e 1 919 (70%) de forma rotineira. O apoio terapêutico prestado pelo CMH-HM à comunidade civil tem assumido particular relevância na área da toxicologia clínica, tendo sido tratados, até finais de 2005, 632 casos de intoxicação pelo monóxido de carbono, correspondentes a 76% da totalidade dos casos clínicos tratados em regime de urgência. Para além destes, foram também tratados em regime de urgência, 88 casos de surdez súbita, 60 casos de doença de descompressão, 35 casos de infecções necrosantes dos tecidos moles (gangrena gasosa, doença de Fournier, celulite necrosante peri-anal, prostatite enfisematosa), 4 casos de embolia gasosa vascular, 3 casos com outras patologias, nomeadamente patologia vascular retiniana aguda e intoxicação pelo sulfureto de hidrogénio. No respeitante à actividade clínica rotineira, foram tratados 1 919 casos até finais de 2005, de entre os quais, se encontram estatisticamente analisados 1 235 casos, respeitantes ao total de situações clínicas tratadas em regime de rotina até finais de 2003, a saber: 311 casos de surdez súbita (cerca de 25% da totalidade dos casos), as úlceras crónicas das extremidades de etiologia mista (cerca de 17%), 212 casos de úlceras crónicas das extremidades inferiores de várias etiologias, exceptuando a diabética, 198 casos de pé diabético ulcerado, ou de outras úlceras crónicas ao nível dos membros inferiores dos diabéticos (16%), 126 casos de cistite rádica hemorrágica, de proctocolite rádica e de cistite química (no seu conjunto, correspondentes a cerca de 10.2% da totalidade dos casos, com relevo para as primeiras), 116 casos de úlceras isquémicas não diabéticas das extremidades (9.5%), 99 casos de osteítes crónicas (8%), 66 casos de osteorradionecrose da mandíbula e de osteonecrose asséptica (no conjunto correspondentes a cerca 5.5% da totalidade dos casos, com predomínio das primeiras), 54 casos de retinopatia diabética, de retinose pigmentar e de nevrite óptica (4.5%), 49 casos de infecções graves, necrosantes, dos tecidos moles (4%), e alguns casos de pneumatose quística intestinal, de fístulas e ulcerações perianais associadas a doenças inflamatórias crónicas intestinais e de otite externa maligna (0.3%), entre outras.

Os indicadores de actividade assistencial têm vindo a aumentar progressivamente no decurso da última década, traduzindo a credibilidade que esta modalidade complementar de tratamento tem vindo a ganhar, no seio da comunidade médica e científica nacional.

Como corolário do reconhecimento da utilidade destes tratamentos, encontra-se já instalado mais um centro hiperbárico no norte do País, mais concretamente, em Matosinhos, no Hospital de Pedro Hispano vocacionado, à semelhança do nosso centro, para a prática clínica hospitalar, rotineira e de urgência.

A cobertura do território nacional continental, poderá vir a ficar assegurada de forma mais adequada, num futuro próximo, com a criação de mais um ou dois centros de medicina hiperbárica, um dos quais no Algarve.

Resta-nos ainda acrescentar, que foi com muito orgulho e satisfação que soubemos da aceitação por parte da Ordem dos Médicos, da criação de uma Competência em Medicina Subaquática e Hiperbárica, cujas normas estatutárias se encontram em fase de elaboração, constituindo esta, a oficialização do reconhecimento, por parte da comunidade médica nacional, da valor e da credibilidade científica desta área do conhecimento.

VIII. Bibliografia

1. Thall´s History of Gas Laws. In http://mooni.fccj.org/~ethall/gaslaw/gaslaw.htm.
2. http://www-groups.dcs.st-and.ac.uk/~history/Mathematicians/Boyle.html.
3. http://paginas.terra.com.br/educacao/fisicavirtual/grandes/boyle.htm.
4. http://www.members.tripoid.com/alkimia/biografias/boyle.htm.
5. http://geocites.yahoo.com.br/saladefisica9/biografias/hooke.htm.
6. http://nautilus.fis.uc.pt/st2.5/scenes-p/biog/b001.html.
7. http://www.factspider.com/is/isaac-newton.htm.
8. http://factspider.com/ph/philosophiae-naturalis-principia-mathematica.html.
9. http://www.pcarv.pro.br/biografias/newton/newton-14.htm.
10. http://www.pcarv.pro.br/biografias/newton/newton-15.htm.
11. http://www.factspider.com/mo/momentum.html.
12. http://www.pcarv.pro.br/biografias/newton/newton-16.htm.
13. http://www.pcarv.pro.br/biografias/newton/newton-17.htm.
14. http://www.pcarv.pro.br/biografias/newton/newton-18.htm.
15. http://www.pcarv.pro.br/biografias/newton/newton-21.htm.
16. http://en.wikipedia.org/wiki/Oxygen.
17. http://www.hyperbaric-forum.com/ In http://inventors.about.com/library/inventors/blhyperbaric.htm.
18. Joseph Priestley. Experiments and Observations on Different Kinds of Air and Other Branches of Natural Philosophy Connected With The Subject. Birmingham, printed by Thomas Pearson and sold by J. Johnson, St. Paul´s Church-Yard, London, MDCCXC. In: Martin L: Oxygen Therapy: The First 150 Years, http://www.lakesidepress.com/pulmonary/papers/ox-hist/ox-hist-intro.html.
19. http://www.galeon.com/labquimica/historiaqui.htm.
20. Charles J. Smith: Clinical Notes: Oxygen In Therapeutics. The Lancet, Dec.18, 1886: 1172. In: Martin L: Oxygen Therapy: The First 150 Years, http://www.lakesidepress.com/pulmonary/papers/ox-hist/ox-hist2.html.
21. Bert P. La Pression Barométrique, Recherches et Physiologie Expérimentale. Paris Masson 1878.
22. Smith Lorrain J. The pathological effects due to increase of oxygen tension in the air breathed. J Physiol (London) 1899; 24:19-35.
23. Haldane JS. The Therapeutic Administration of Oxygen. BMJ Feb.10, 1917:181-183.

In Martin L: Oxygen Therapy: The First 150 Years, http://www.lakesidepress.com/pulmonary/papers/ox-hist/ox-hist3.html.
24. Reports of Societies. Oxygen Therapy. BMJ Jan.31, 1920. In: Martin L: Oxygen Therapy: The First 150 Years, http://www.lakesidepress.com/pulmonary/papers/ox-hist/ox-hist3.html.
25. History ofHyperbaric Medicine. In http://www.spinalrehab.com.au/disorders/History%20Hyperbaric.htm.
26. Yarbrough OD, Bhenke AR. Treatment of compressed air illness utilizing oxygen. J Indust Hyg Toxicol 1939; 21:213-218.
27. Boerema I, Meyne NG, Brummelkamp WK. Life without blood: a study of the influence of high atmospheric pressure and hypothermia on dilution of blood. J Cardiovasc Surg 1960; 1:133-146.
28. Churchill-Davidson I, Sanger C, Thomlinson RH. High-pressure oxygen and radiotherapy. Lancet 1955; 1:1091-1095.
29. Boerema I and others. High atmospheric pressure as na aid to cardiac surgery. Archivum Chirurgicum Neerlandicum 1956; 8: 193. In http://www.quackwatch.org/01QuackeryRelatedTopics/HBOT/hm01.html.
30. Brummelkamp WH, Hogenik J, Boerema I. Treatment of anaerobic infections (clostridial myositis) by drenching the tissue with oxygen under high atmospheric pressure. Surgery 1961; 49: 299-302.
31. Smith G, Sharp GR. Treatment of coal gas poisoning with oxygen at two atmospheres pressure. Lancet 1962; 1: 816. In http://www.quackwatch.org/01QuackeryRelatedTopics/HBOT/hm01.html.
32. National Academy of Sciences, National Research Council. Fundamentals of Hyperbaric Medicine. Publication # 1298, 1966. In: http://www.quackwatch.org/01QuackeryRelatedTopics/HBOT/hm01.html.
33. Bakker DJ. History of hyperbaric medicine and surgery. In Bakker DJ, Cramer FS eds. Hyperbaric Surgery Perioperative Care. Flagstaff AZ: Best Publishing Company 2003: 1-22.
34. Wattel F, Marroni A, Mathieu D. European Committee for Hyperbaric Medicine (ECHM) to coordinate, promote and study the development of clinical hyperbaric medicine in Europe. Minerva Anestesiol 2000; 66: 733-48.
35. American Heritage Dictionary. Boston: Houghton Mifflin Co., 1994, in: http://www.quackwatch.org/01QuackeryRelatedTopics/HBOT/hm01.html).
36. Simpson A: Compressed air as a therapeutic agent in the treatment of consumption, asthma, chronic bronchitis and other diseases, Edinburgh, Sutherland and Knox, 1857.
37. Kindwall EP (Ed): Hyperbaric Medicine Practice, Flagstaff AZ, Best Publishing Company, 1995.
38. Henshaw N: Aero-chalinos, Dublin, Dancer,1664.
39. History of Hyperbaric Medicine. In: http://www.spinalrehab.com.au/disorders/History%20Hyperbaric.htm.
40. http://www.rafe.com.br./sql-enciclopedia/encic.asp?id=14408.
41. Desola J, Crespo A, Garcia A, Salinas A, Sala J, Sánchez U. Indicaciones y contraindicaciones de la oxigenoterapia hiperbárica. JANO/Medicina 1998; LIV(1260): 5-11.
42. Grim PS, Gottlieb LJ, Boddie A, Btson E: Hyperbaric oxygen therapy. JAMA 1990;

263(16):2216-2220.
43. Prince M: Hyperbaric Oxygen. In: www.emedicine.com/ent/topic733.htm.
44. Neumeister M: Hyperbaric oxygen therapy. In: www.emedicine.com/plastic/topic526.htm.
45. Tibbles P, Edelsberg JS. Hyperbaric-oxygen therapy. N Engl J Med 1996; 334(25):1642-1648.
46. Kindwall EP, Goldman RW Eds. Hyperbaric Medical Procedures. Milwaukee: WIS, Saint Lukes Medical Center 1988.
47. Desola Ala J. Oxigenoterapia hiperbárica en patologia infecciosa. Revisión y puesta al dia. Enf. Infec. Y Microbiol Clin. 1986; 4 (2):84-88.
48. http://www.ohb-rio.med.br/bases-cientificas.html.
49. Mathieu D, Poisot D, Wattel F. Oxygénothérapie hyperbare en réanimation. Soins Intensiv Méd Urg 1986; 2 (2): 71-83.
50. Foster P. In Philip Foster ed. La plongée sous-marine a l'air. L'adaptation de l'organisme et ses limites. Grenoble: Presses Universitaires de Grenoble 1993: 28-44.
51. Barthélémy L, Michaud A. Transport de l'oxygène sous forme physiquement dissoute en condition normoxique et hyperoxique. In Le transport de l'oxygène. Paris : Expansion Scientifique Française 1977: 109-139.
52. Basset B, Bennett P. Physical and physiological bases of hyperbaric therapy. In: Davis J, Hunt T eds. Hyperbaric oxygen therapy. Bethesda: Undersea Medical Society 1977: 11-24.
53. Mac Donald A. Hydrostatic pressure physiology. In Bennett and Elliot's physiology and medicine of diving (3rd ed). London: Baillière Tindal 1982: 157-188.
54. Sheffield PJ. Measuring tissue oxygen tension: a review. Undersea Hyper Med 1998; 25: 179-188.
55. Albuquerque e Sousa JG. Inalação de Oxigénio em Meio Hiperbárico: Fundamentos da sua utilização no tratamento do pé diabético. RPCCTV 2002; 9(22): 35-43.
56. Albuquerque e Sousa JG. Oxigénio Hiperbárico no Tratamento das Úlceras Crónicas dos Pés dos Diabéticos: um estudo clínico retrospectivo. RPCCTV 2002; 9(2): 105-116.
57. Peirce EC. In Charle C, Thomas CO eds. Extracorporeal circulation for open heart surgery. Springfield II 1969: 83-84.
58. Krogh A. The number and distribution of capillaries in muscle with calculations of the oxygen pressure head necessary for supplying the tissue. J. Physiol 1919; 52: 409-415.
59. Hunt TK. A new method of determining tissue oxygen tension. Lancet 1964; 2:1370-1371.
60. Niinikoski J, Hunt TK. Measurement of wound oxygen with implanted silastic tube. Surgery 1972; 71: 22.
61. Bird AD, Tefler ABM. Effects of hyperbaric oxygen on limb circulation. Lancet 1965; 1: 355.
62. Stalcup SA, Turino GM, Mellins RB. Endothelial cell function in altered oxygen environments. In Nossel HL ed. Pathobiology of the endothelial cell. New York, Academic Press Inc 1982: 471-485.
63. Sullivan SM, Johnson PC. Effect of oxygen on blood flow autoregulation in cat sartorius muscle. Am J Physiol 1981; 24: H807-H815.
64. Nylander G, Nordstrom H, Eriksson E. Effects of hyperbaric oxygen on oedema

formation after a scald burn. Burn Incl Therm Inj 1984; 10: 193-196.
65. Zamboni W A. Applications of hyperbaric oxygen therapy in plastic surgery. In Oriani G, Marroni A, Wattel F eds. Handbook on Hyperbaric Medicine. Milano, Springer-Verlag Italia 1996: 443-483.
66. Niinikoski J, Hunt TK. Oxygen and healing wounds: tissue-bone repair enhancement. In Oriani G, Marroni A, Wattel F eds. Handbook on Hyperbaric Medicine. Milano: Springer-Verlag Italia 1996: 485-507.
67. Sheilkh AY, Gibson JJ, Rollins MD, Hopf HW, Hussain Z, Hunt TK. Effect of hyperoxia on vascular endothelial growth factor levels in wound model. Arch Surg 2000; 135: 1293-1297.
68. Quah C, Rollins M, Hunt TK. Is oxygen therapy useful therapy for chronic wounds in diabetes: the basics. In Wattel FE, Mathieu D eds. ECHM Consensus Conference on Hyperbaric Oxygen in the Treatment of Foot Lesions in Diabetic Patients. London: Glaxo-Wellcome 1998: 109-123.
69. Winter GD, Perrins DJD. Effects of hyperbaric oxygen treatment on epidermal regeneration. In Wada J, Iwa T eds. Proceedings of the Fourth International Congress on Hyperbaric Medicine. London: Baillière Tindal and Cassell 1970: 363-368.
70. Hunt TK, Pai MP. The effect of varying ambient oxygen tensions on wound metabolism and collagen synthesis. Surg. Gynecol. Obstet 1972; 135: 561-567.
71. Bakker DJ, Niinikoski J. Chronic hyperbaric oxygen therapy indications-final report. In Oriani G, Marroni A, Wattel F eds. Handbook on Hyperbaric Medicine. Milano: Springer-Verlag Italia 1996: 110-124.
72. Thom SR. A role for hyperbaric oxygen in clostridial myonecrosis (editorial). Clin Infect Dis 1993; 17 (2): 238.
73. Hill GB, Osterhout S. Experimental effects of hyperbaric oxygen on selected clostridial species, I, in-vitro studies. J Infect Dis 1972; 125 (1): 17-25.
74. Hill GB, Osterhout S. Experimental effects of hyperbaric oxygen on selected clostridial species, II, in-vivo studies. J Infect Dis 1972; 125 (1): 26-35.
75. Wattel F. Current justified indications for HBO (2.1). In Daniel Mathieu ed. Handbook on Hyperbaric Medicine. Dordrecht, The Netherlands: Springer 2006: 6-7.

---

* Chefe do Serviço de Medicina Interna e do Centro de Medicina Hiperbárica do Hospital da Marinha.