

Université de Bordeaux

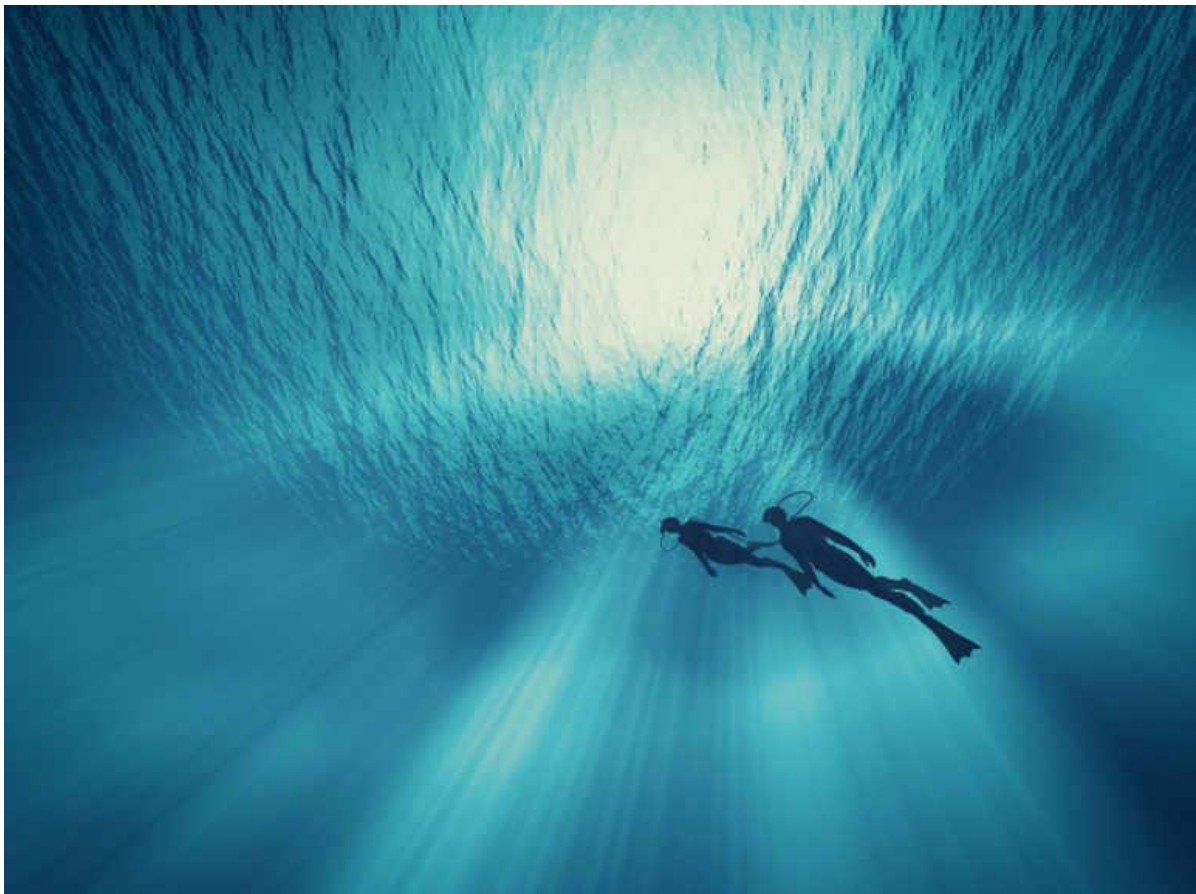
2021-2022

Evolution des indications de la médecine hyperbare

Mémoire

DIU médecine subaquatique et hyperbare

M.O.BENAOUALI



PLAN

- 1- Définition
- 2- Mode d'action
- 3- Historique
- 4- Centres hyperbares en France
- 5- Indications
 - 5.1- Evolution des indications
 - 5.2- Contre-indications
- 6- Conclusion
- 7- Bibliographie

1- Définition :

L'oxygénothérapie hyperbare (OHB) est une méthode d'administration d'oxygène (O₂) inhalé à des fins thérapeutiques sous une pression supérieure à la pression atmosphérique. Les bénéfices thérapeutiques de l'OHB résultent, d'une part, des effets physiques liés à l'augmentation de la pression barométrique et de la pression partielle en O₂ dans les tissus et, d'autre part, des effets biologiques liés à la production d'espèces réactives de l'O₂ et de l'azote. Celles-ci sont susceptibles d'interagir avec de nombreux processus moléculaires responsables des principaux effets anti-ischémiques, pro-cicatrisants et anti-infectieux. Ses indications sont régulièrement évaluées dans le cadre de conférences de consensus internationales. Les références en matière d'indications de l'OHB sont, d'une part, le consensus nord-américain de l'Undersea and Hyperbaric Medical Society (UHMS) et, d'autre part, le consensus européen de l'European Committee of Hyperbaric Medicine (ECHM). Le service médical attendu de l'OHB dans ses différentes indications a été analysé en France par

la Haute Autorité de santé en 2007. Les principales recommandations du dernier consensus européen qui s'est tenu à Lille en 2016 sont rapportées dans ce document. L'OHB est **appliquée par l'intermédiaire d'une chambre hyperbare, communément appelée « caisson »**. C'est une technique complexe, qui nécessite un fort investissement humain et matériel. Elle comporte quelques contre-indications à respecter et des risques bien identifiés à prendre en compte.

2- Mode d'action :

L'OHB exerce trois types d'effets : anti-ischémique, anti-infectieux et mécanique.

Action anti-ischémique : effets microcirculatoires et anti-œdémateux (vasoconstriction des tissus normoxiques, restauration de la vasomotricité des tissus hypoxiques, réduction de la perméabilité capillaire), des effets profluidifiants (augmentation de la déformabilité des globules rouges, diminution de l'adhésion leucocytaire, effet profibrinolytique), des effets anti-inflammatoires médiés principalement par le facteur induit par l'hypoxie (HIF)-1alpha (inhibition de la COX-2, de l'apoptose, etc.) et des effets sur la reperfusion (diminution de l'adhésion des neutrophiles, blocage de la conversion de la xanthine-déshydrogénase).

Action anti-infectieuse, largement connue vis-à-vis des bactéries anaérobies, qui sont totalement ou partiellement dépourvues en moyens de défenses anti-oxydantes et dont les fonctions métaboliques sont donc inhibées par l'élévation des pressions partielles d'O₂ et la production d'espèces réactives de l'O₂. Mais l'OHB, cela est moins connu, est également capable d'agir sur les germes aérobies au-delà d'une certaine pression partielle d'O₂. Outre un effet bactériostatique sur des germes tels que *Staphylococcus aureus* ou *Pseudomonas aeruginosa*, l'OHB exerce son action anti-infectieuse en favorisant l'oxygénation tissulaire et en restaurant diverses fonctions cellulaires au sein des tissus infectés hypoxiques.

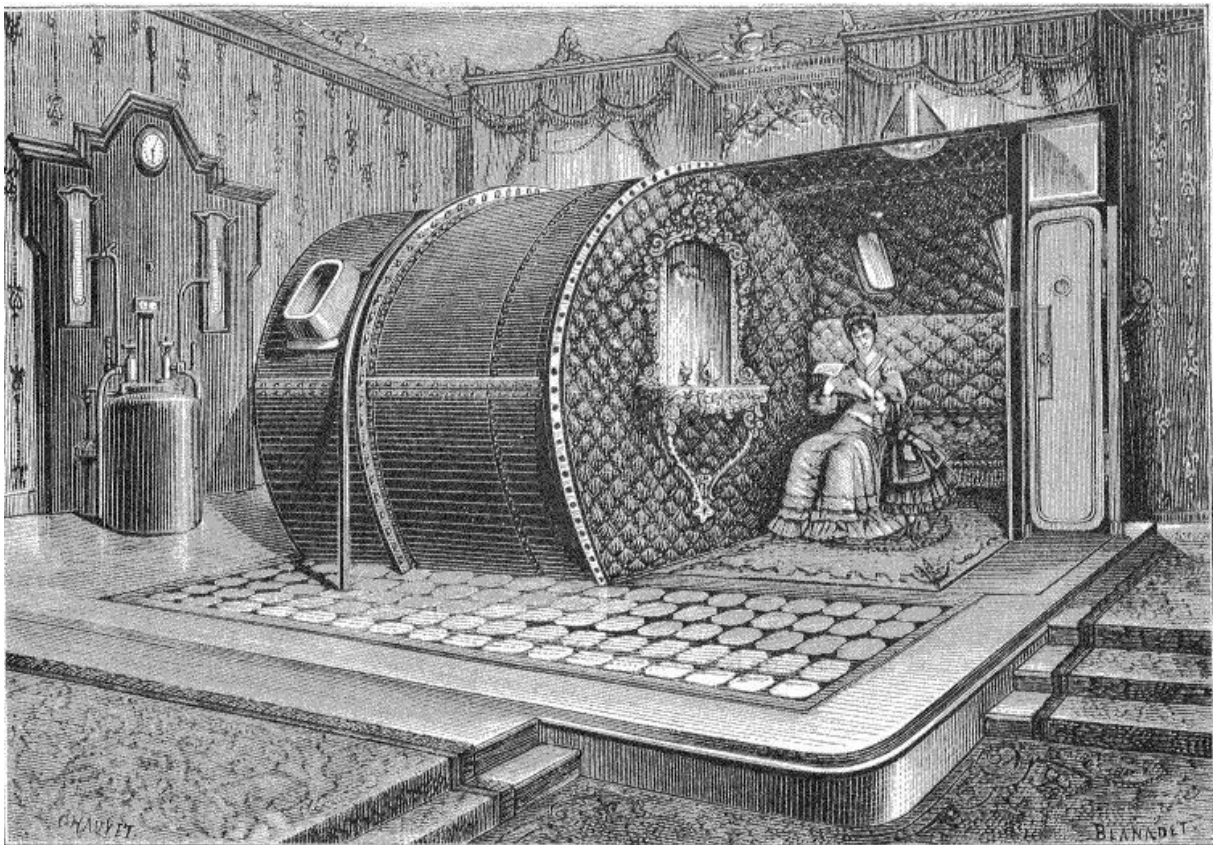
Elle agit aussi en synergie avec diverses familles d'antibiotiques, dont la pénétration intracellulaire dépend en partie de la pression d'oxygénation locale. Notamment, elle favorise le passage de certains antibiotiques à travers la barrière hémato-méningée. L'OHB a par ailleurs un effet pro-cicatrisant, qui passe par la mobilisation des cellules progénitrices endothéliales de la moelle osseuse et par la stimulation de la production de facteurs de croissance angiogéniques.

Effet pressionnel mécanique, qui lui confère tout son intérêt dans la prise en charge des embolies gazeuses et des accidents de désaturation. À cet effet direct, s'ajoute un mécanisme de contre-diffusion qui favorise l'élimination des phases gazeuses pathogènes.

3- Historique :

Les activités liées au monde sous-marin ont commencé avec le début de notre histoire, mais ce n'est qu'au XVIII^{ème} siècle que les premiers développements de la médecine hyperbare font parler d'elle. Je cite ici les événements clés de son histoire par ordre chronologique : 1662 : un anglais, Henshaw, construit et utilise une chambre hyperbare pour des traitements aigus et chroniques;

C'est en 1962 avec I.N.Henshaw, ecclésiaste à Londres, qu'apparaissent les premières notions de médecine hyperbare .Henshaw avait pour souci de reproduire les modifications climatiques que subissent les patients lorsqu'ils se rendent en montagne (conditions hypobares) ou à la mer (conditions hyperbares).Henshaw comptait pouvoir soigner tant les pathologies aiguës que les pathologies chroniques par ces modifications de pressions ambiantes sur les patients .



1775 : la découverte de l'O₂ par Priestley ouvre la porte à l'utilisation des gaz à but thérapeutique;

1830 : la France utilise les bains d'air comprimé, précurseurs de nos chambres hyperbares actuelles;

1834 : Junod construit une sphère de deux mètres de diamètre, et comprime des patients à des atmosphères

allant de 2 à 4 ATA;

1841 : Triger est le premier à décrire les conditions de séjour en hyperbarie, posant ainsi les bases physiologiques de la médecine hyperbare;

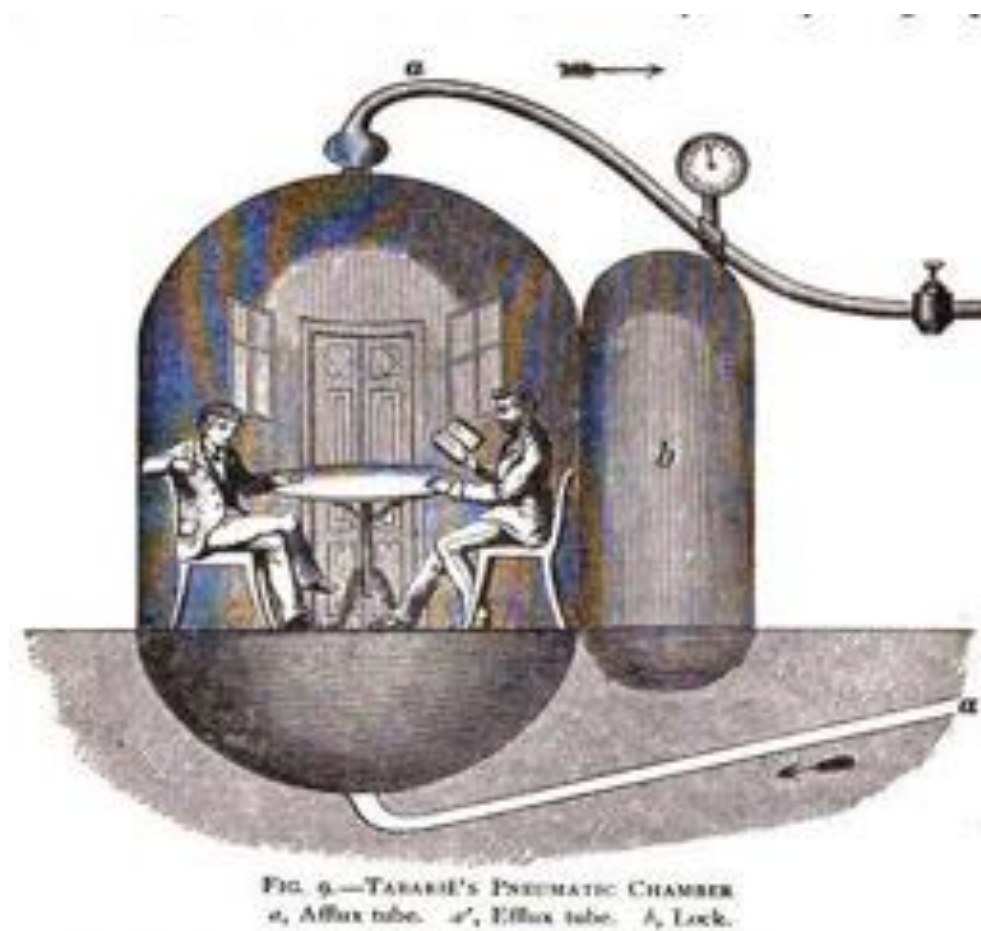


Illustration : chambre hyperbare de Tabarie

1854 : Paul Bert établit un lien entre les barotraumatismes et une décompression trop rapide. Il conseille la recompression en cas de problèmes;

1878 : P. Bert élabore les bases physiologiques de l'OHB et décrit les effets toxiques de l'O₂, notamment les crises comitiales.

Aujourd'hui, de nombreux centres fonctionnent dans le monde entier, que ce soit à but expérimental ou thérapeutique. La recherche en médecine hyperbare est en constante évolution et toujours d'actualité.

Très rapidement en France également apparurent les premières chambres hyperbares « portables »

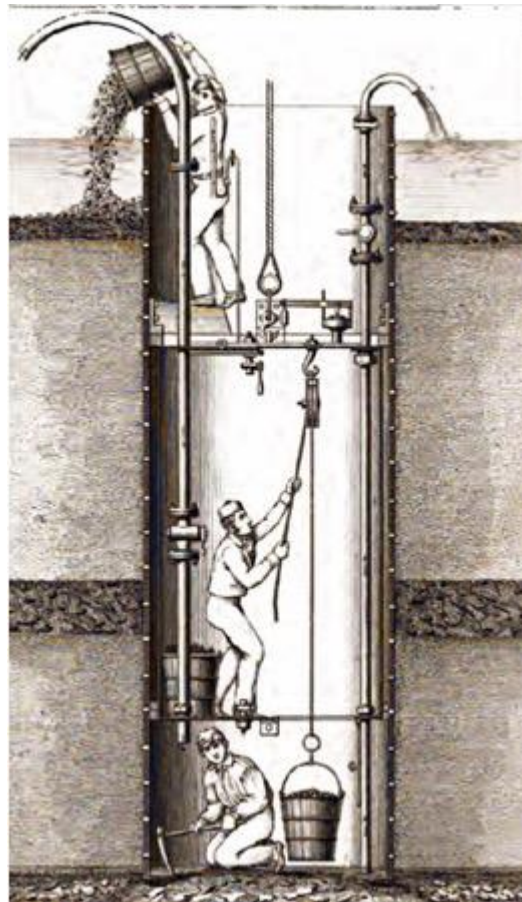
Permettant de les déplacer et de traiter les patient près de chez eux .Avant leur apparition bon nombre d'Américains se sont rendu en France pour y bénéficier des effets des milieux hyperbares .



Illustration : une des premières chambres hyperbares

Les premières preuves scientifiques de l'efficacité de la médecine hyperbare furent apportées en 1957 par Boerema en chirurgie cardiaque et en 1961 par Brummel Kamp pour le traitement de la gangrène gazeuse .Boerema et Brummel Kamp furent les deux premiers médecins à apporter des preuves scientifiques tangibles de l'efficacité de cette médecine C'est également dans les années 1960 que se développèrent les plongées profondes en milieu militaire ainsi que de multiples plongées civiles dans le domaine de l'exploitation pétrolière pour es puits offshore. Le développement de ces pratiques mena à la création

d'une spécialisation en médecine hyperbare ou encore appelée à ses débuts : « médecine de la marine »



En 1854 , c'est le physiologiste et homme politique français Paul Bert qui établit le premier lien entre la survenue d'un barotraumatisme et une procédure de décompression trop rapide des hommes ayant été exposés à des pressions ambiantes élevées.Effectivement , le procédé Triger au milieu du 19^e siècle était très largement utilisé et c'est à cette époque atteignant des profondeurs de plus en plus importantes de l'ordre de 40 à 60 m que furent rapportés les premiers accident de travail chez les tubistes (nom donné aux ouvrières travaillant dans les puits Triger)



Des accidents du même ordre ont par ailleurs été rapportés chez les scaphandriers lourds atteignant des profondeurs comparables aux 40 à 60m des tubistes .Les puits Triger étant

appelés « caissons », on dénomma ces accidents de travail « le mal des caissons ». Paul Bert objectiva chez ces travailleurs la survenue de bulles d'azote au niveau des vaisseaux ainsi qu'au niveau des tissus. En guise de prévention à la survenue de ces accidents, il préconisera des remontées plus lentes et en guise de traitement une recompression avec administration d'oxygène. C'est en 1878 que Paul Bert également définit les effets de l'oxygène concentré à 60 % à une pression de 1 ATA. Il décrit ces effets dans un article intitulé « **La pression barométrique** » dans lequel il définissait également une toxicité de l'oxygène lorsqu'il est administré à des pressions hautes. Il décrit la neurotoxicité par la survenue de crises comitiales dans ces circonstances.

En 1879, Fontaine, chirurgien Français construisait la première salle d'opération mobile qui pouvait être pressurisée. Cette pressurisation, par augmentation de la pression partielle en oxygène auquel était exposé le patient, avait pour but d'en augmenter son oxygénation. Il dédiait dès lors cette enceinte aux patients souffrant d'emphysème, de BPCO ou d'anémie et devant subir des interventions chirurgicales. Il dédiait également les patients souffrant de hernie à des atmosphères hyperbares pour favoriser leur réduction. Fontaine pressurisait ses patients à une pression absolue de 2 ATA sans cependant d'indication bien définie de façon systématique.

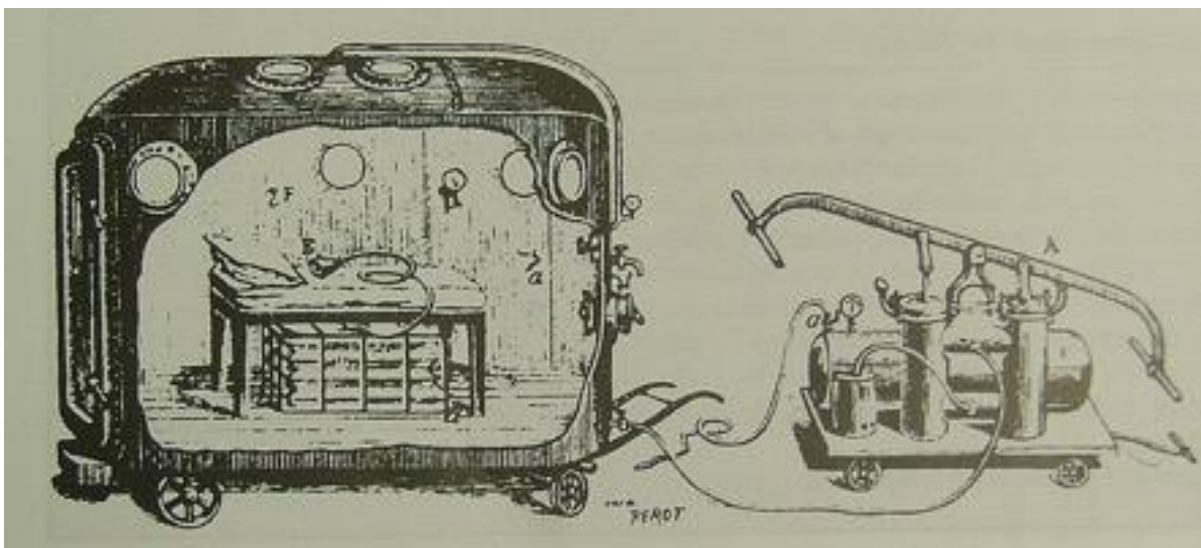
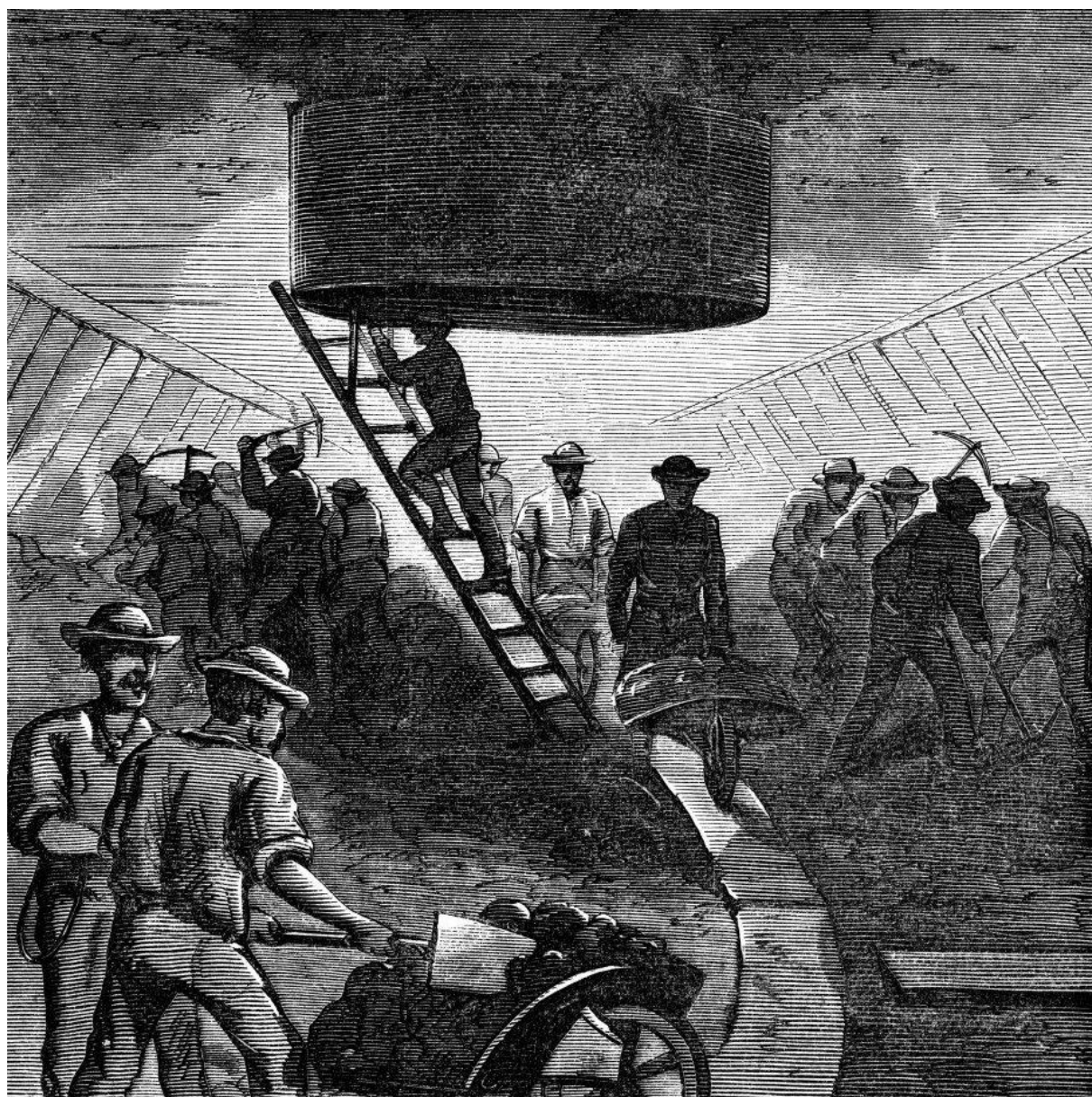


Illustration : salle d'opération mobile hyperbare de Fontaine

Si c'est en France après le développement du procédé Triger que sont apparus les premiers maux des caissons chez les tubistes, un grand nombre des ces incident s'est produit dans le monde suite à une très large utilisation de ce procédé dans le génie civil .



L'un des exemples les plus caricaturaux de ces maladies des tubistes a été observé dans la construction du pont suspendu de Brooklyn à New York aux USA .Ce pont traversant l'East River avait pour but de rallier l'arrondissement de Brooklyn à l'île de Manhattan . Sa conception avait été attribuée à un cabinet d'architecture dirigée par John Auguste Roebling.



Illustration : John Scott Haldane

Ses travaux servirent de base à l'établissement des tables de décompression mises en service par l'US Navy en 1912. Chacun se définissant par sa période : les compartiments regroupent des ensembles de tissus qui saturent et désaturent de la même manière .Il existe des compartiments lents ainsi que des compartiments rapides : les compartiments rapides regroupent les tissus fortement irrigués par le sang selon Haldane .Ces compartiments arrivent plus vite à saturation .Selon lui , il existe trois états de saturations par lesquels passent les plongeurs sous-marins lors de leur activité. La tendance globale étant d'évoluer toujours vers un état de saturation dépendant des conditions locales.



Illustration : Une des chèvres de Haldane présentant un ben .Publiée dans The Journal of Hygiene.Vol8,No.3(Jun ,1908)p48.

Précocement après l'avènement des résultats des travaux de Haldane survient la première guerre mondiale 1914-1918. A la fin de cette guerre l'Amérique connut une épidémie de grippe espagnole dévastatrice. Le docteur J.Orval Cunningham observa que la mortalité de la grippe était supérieure dans les contrées d'altitude et en déduisit qu'il y avait une influence du facteur barométrique. Cunningham était à l'époque persuadé que le diabète et certains cancers étaient causés par des organismes vivants et dont la croissance était inhibée par la présence d'oxygène.

Ainsi , en accroissant l'oxygénation de ses patients ces organismes cessaient de se multiplier voire même potentiellement en mouraient et la rémission du patient devait être observée. Pour pouvoir effectuer efficacement ces Traitement Cunningham devait « séquestrer » ses patients dans des environnements hautement oxygénés durant de longues périodes alternant avec des périodes de pression atmosphériques normales

En 1928 , Monsieur Timken , riche industriel de Cleveland, fit construire pour Cunningham un hôpital hyperbare de six étages ressemblant à une sphère d'un petit moins de 20 mètres de diamètre .

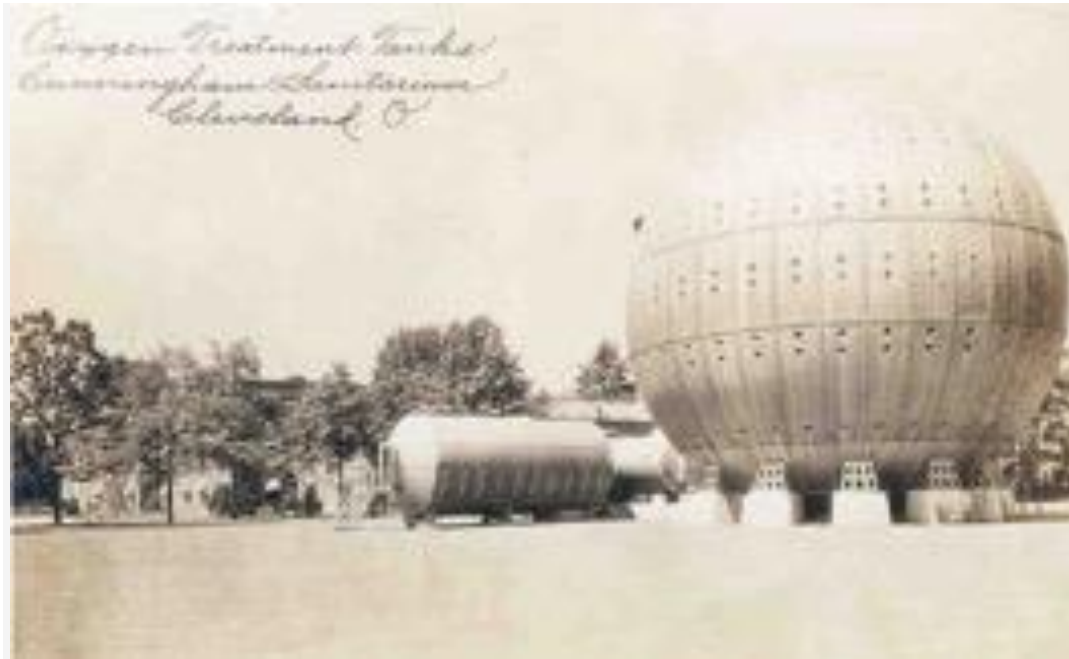


Illustration : Cunningham Sanatorium

La Chaque étage comptait 12 chambres et l'hôpital fonctionna durant 2 ans avant que la Local Medical Society le fit fermer vu le manque de preuves scientifiques évidentes et d'effets démontrés de ces techniques .Cunningham a été convoqué à de multiples reprises par le bureau des investigations de l'American Medical Association pour documenter sa démarche.

Hormis un court article publié en 1927, il ne put documenter de façon positive l'apport de la médecine hyperbare. Alors que 900 tonnes d'acier avaient été utilisées pour construire cette sphère.

En 1933 ,Cunningham pressé par la crise économique ,dut trouver un acquéreur .En l'absence de candidat acheteur , il remit l'institution à James Rand Junior qui l'acquit pour un demi-million de dollars le 28 septembre 1934 .Rebaptisé institut d'oxygénothérapie d'Ohio ,l'investissement malheureusement n'eut pas l'effet attractif souhaité sur les patient .En 1936 , il change à nouveau de propriétaire qui abandonne les théories d'oxygénothérapie et fit fonctionner cette structure comme un hôpital ordinaire .L'institut dut rapidement fermer suite à des problèmes financiers et fu vendu au diocèse catholique de Cleveland.

Cette balle d'acier fut réquisitionnée par l'armée américaine le 31 mars 1942 .



Les premières preuves scientifiques de l'efficacité de la médecine hyperbare furent apportées en 1957 par Boerema en chirurgie cardiaque et en 1961 par Brummel Kamp pour le traitement de la gangrène gazeuse .Boerema et Brummel Kamp furent les deux premiers médecins à apporter des preuves scientifiques tangibles de l'efficacité de cette médecine C'est également dans les années 1960 que se développèrent les plongées profondes en milieu militaire ainsi que de multiples plongées civiles dans le domaine de l'exploitation pétrolière pour es puits offshore. Le développement de ces pratiques mena à la création d'une spécialisation en médecine hyperbare ou encore appelée à ses débuts : « médecine de la marine »

Centres hyperbares en France :

Répartition des centres hyperbares en France



5- Indications :

Avant 1990 : les indications reposaient sur l'expérience clinique et les considérations physiopathologies.

Après 1990 : Apparition de la médecine fondée sur des preuves .

La médecine basée sur des preuves : EBM : Evidence-based-médecine :

-Les interventions médicales ne peuvent être plus basées sur des raisonnements physiopathologiques , des études animales ou l'expérience des cliniciens .

-La démonstration de leur efficacité doit être apportée par des études cliniques , randomisées , contrôlée (RCT) affirmant leur supériorité sur l'absence de traitement ou le traitement considéré comme conventionnel .

Les recommandations doivent être classées en fonction de la valeur des preuves sur les quelles elles s'appuient .

Apport des années 1990-2000 :

Les indications de l'OHB doivent être fondées sur des preuves :

- Bases physiopathologiques
- Etudes expérimentales
- Evaluation clinique (EBM)

Conférence de consensus de l'ECHM : recommandations

- Lille 2004 : 22 rapports exposés devant un jury de 15 membres représentant 12 pays .
- Les recommandations sont émises avec :
 - leur niveau de preuve de A à F

- l'importance avec laquelle le jury estime qu'elle doit être mise en pratique clinique (Type I,II,III)

Type I : Fortement recommandée :

Le jury estime que la mise en pratique de cette recommandation sera déterminante sur le pronostic / la qualité de vie / l'amélioration des connaissances la qualité de vie / l'amélioration des connaissances

Type II : Recommandée

Le jury estime que la mise en pratique de cette recommandation influencera de manière positive le pronostic / la qualité de vie / l'amélioration des pronostic / la qualité de vie / l'amélioration des connaissances

Type III : Optionnelle

Le jury estime que la mise en pratique de cette se en pratique de cette recommandation est une option dépendant de la conviction et de la pratique de l'équipe

-Niveau A : au moins 2 études cliniques contrôlées, randomisées (ECR), en double aveugle, portant sur un large échantillon, concordantes, sans ou avec des biais méthodologiques minimales .

-Niveau B : ECR en double aveugle mais avec des biais méthodologiques ou ne portant que sur de petits échantillons ou ECR unique.

-Niveau C : consensus d'experts.

-Niveau D : études non contrôlées et pas de consensus d'experts.

-Niveau E : aucun argument pour une action bénéfique ou biais méthodologiques empêchant toute interprétation

-Niveau F : études concluant à l'absence d'effet bénéfique

Indications :

- 1- indications urgentes .
- 2- Indications semi-urgentes
- 3- Indications non urgentes

5.1 Evolution des indications :



Indications de l'OHB d'après la réunion de l'Undersea Medical Society 1989

INDICATIONS	UMS 1989	LILLE 1994
Accidents de décompression	F	FR
Embolie gazeuse	F	FR
Intoxications CO	F	FR
Infections Anaérobies	F	FR
Pathologie ischémique		
Syndrome des loges	F	R
Greffes et lambeaux	F	R
Cicatrisation	F	R
Lésions post-radiques	F	FR
Brûlures	F	FR si CO associé sinon O
Ostéomyélite	F	R
Souffrance cérébrale	E	O
AVC	E	Non envisagé
Neurotraumatologie	E	Non envisagé
Surdité brusque	E	R
Ischémie rétinienne	R	O

F : indication formelle -E : indication en cours d'évaluation -R voie de recherche –

FR : indication fortement recommandée , R : indication recommandée- O : indication optionnelle

Modifications entre 2004 et 2016

	Type 1 Recommandé fortement	Type 2 Recommandé	Type 3 Optionnel
Accident de décompression	X		
Intoxication oxycarbonée	X		
Embolie gazeuse	X		
Infections anaérobies ou mixtes	X		
Crush syndrome	X		
Ostéoradionécrose mandibulaire	X		
Prévention de l'ostéoradionécrose après extraction dentaire	X		
Radionécrose des tissus mous	X		
Surdité brusque		X	
Ostéomyélite chronique réfractaire		X	
Lésion du pied diabétique		X	
Ulcères ischémiques		X	
Greffes cutanées ou lambeau musculo-cutané compromis		X	
Neuroblastome stade IV		X	
Encéphalopathie post-anoxique			X
Radionécrose du larynx			X
Lésion du SNC radio-induite			X
Syndrome de reperfusion après chirurgie vasculaire			X
Réimplantation d'un membre			X
Brûlures min. 2 ^{ème} degré, > 20% surface corporelle			X
Problèmes ophtalmologiques ischémiques aigus			X
Plaies chroniques non évolutives sur processus inflammatoires			X
Pneumatose cystoïde intestinale			X

Indications électives à l'oxygénothérapie hyperbare selon l'ECMH (European committee for hyperbaric medicine ; B : niveau de preuve B , C niveau de preuve C

Indications	Type 1	Type 2	Type 3
Prévention de l'ostéoradionécrose après extraction dentaire	B		
Ostéoradionécrose mandibulaire	B		
Radionécrose des tissus mous	B		
Infections anaérobies ou mixtes	C		
Lésion du pied diabétique		B	
Greffes cutanées ou lambeaux musculo-cutanés compromis		C	
Ostéoradionécrose autres que mandibulaires		C	
Lésions radio-induites des tissus mous		C	
Surdité brusque		C	
Ulcères ischémiques		C	
Ostéomyélite chronique réfractaire		C	
Neuroblastome stade IV		C	
Encéphalopathie postanoxique			C
Radionécrose du larynx			C
Lésion du système nerveux central radio-induite			C
Syndrome de reperfusion après chirurgie vasculaire			C
Réimplantation d'un membre			C
Brûlures minimum deuxième degré > 20% surface corporelle			C
Problèmes ophtalmologiques ischémiques aigus			C
Plaies chroniques non évolutives sur processus inflammatoires			C
Pneumatose cystoïde intestinale			C

Le dernier consensus a par ailleurs, pour la première fois, fait état de **non indications** : autisme, sclérose en plaques, infirmité motrice cérébrale, acouphènes isolés, AVC à la phase aiguë et insuffisance placentaire .L'indication dans l'occlusion de l'artère centrale de la rétine a été abandonnée

5.2 Contre- indications :

- **Contre indications absolues :**
 - Epilepsie en activité
 - Pneumothorax
 - Bulles d'emphysème
 - Laryngocèle
 - Otite chronique
- **Contre indications relatives :**
 - Antécédents de traumatisme crânien, comitialité
 - Antécédents d'asthme dans l'enfance
 - Insuffisance respiratoire chronique
 - Insuffisance cardiaque
 - Diabète
- **Contre indications temporaires :**
 - Sinusite
 - Rhino-pharyngite
 - Otite

6- Conclusion :

L'oxygénothérapie hyperbare est une technique ancienne dont la diversité des indications a longtemps reposé sur des considérations physiopathologiques séduisantes

Les indications sont en constante évolution .

Actuellement, le nombre d'essais thérapeutiques bien conduits en médecine hyperbare est très faible comparé aux autres activités médicales et chirurgicales. La crédibilité de l'OHB nécessite des essais thérapeutiques randomisés d'autant que son coût n'est pas négligeable .

7- Bibliographie :

Médecine Hyperbare , des indications de plus en plus larges – Isabelle Hoppenot . Vidal 2021

.

Essentials of Hyperbaric Oxygen Therapy : 2019 Review .Pub Med 2019 May-Jun; 116(3): 176–179..

10^e consensus européen en médecine hyperbare2016

Mathieu D, Marroni A, Kot J. Tenth European Consensus Conference on Hyperbaric Medicine: preliminary report. Diving Hyperb Med. 2016 Jun;46(2):122–3.

Marroni Alessandro, Mathieu Daniel, Wattel Francis. History, mission and achievements of the European Comittee for hyperbaric Medicine. In: The ECHM collection. A. Marroni, D. Mathieu, F. Wattel, editors. Flagstaff, AZ: Best Publishing Company; 2005.

Rapport de la haute autorité de santé .OHB Janvier 2007.

Société Américaine de médecine hyperbare et aquatique (Undersea and Hyperbaric Medical Society).Hyperbaric oxygen therapy . 1989