

LA SURPRESSION PULMONAIRE

I.	Introduction.....	2
II.	Rappels théoriques.....	2
II.1.	Notion de Pression.....	2
II.1.1.	Pression atmosphérique.....	2
II.1.2.	Pression hydrostatique ou relative.....	3
II.1.3.	Pression absolue.....	3
II.2.	Lois physiques.....	3
II.2.1.	Loi de Boyle et Mariotte.....	3
II.3.	Notions d'anatomie.....	4
II.3.1.	Le système respiratoire.....	4
II.3.2.	Le système circulatoire.....	5
III.	La surpression pulmonaire.....	5
III.1.	Mécanisme.....	5
III.2.	Causes de la surpression pulmonaire.....	6
III.2.1.	Avec blocage respiratoire, dû à un obstacle – volontaire ou involontaire – situé au niveau des voies respiratoires supérieures :.....	6
III.2.2.	Sans de blocage respiratoire, dû à un obstacle bas situé sur l'arbre bronchique ou à une cause extérieure:.....	6
III.3.	Formes de la surpression pulmonaire.....	7
III.4.	La forme pulmonaire pure:.....	7
III.4.2.	La forme encéphalique – Embolie artérielle gazeuse.....	9
III.5.	Prévention de la surpression pulmonaire.....	9
III.6.	Symptômes de la surpression pulmonaire.....	9
III.7.	Traitement de la surpression pulmonaire.....	10
IV.	Synthèse (évaluation).....	11
V.	Conclusion.....	11

I. Introduction

Certains accidents de plongée sont mortels, l'un d'eux, la surpression pulmonaire a le triste record d'être celui qui détient le plus haut taux de mortalité. La surpression est le plus grave des accidents de plongée, elle n'est que très rarement anodine et s'accompagne presque toujours de complications respiratoires.

Nos poumons, quoique étant d'incroyables organes, tolèrent très mal les différences de pressions (maximum 0.2-0.3 bar soit 2-3 m d'eau). Cela veut dire qu'ayant quitté la surface pour les profondeurs aquatiques, l'homme doit respirer un gaz qui lui est fourni à la pression ambiante. Ce sont les variations de pression ambiante qui sont à l'origine de la majorité des accidents de plongée.

Tous les médecins s'accordent à dire qu'il vaut mieux prévenir que guérir. Dans le cas de la surpression pulmonaire, il est très aisé de l'éviter. Malheureusement, lorsqu'elle survient seul la proximité et la rapidité de soins intensifs permettent parfois d'éviter le drame.

C'est pourquoi il est impératif de comprendre, de retenir et d'appliquer les quelques règles élémentaires qui permettent d'éviter cet accident.

Il existe deux types de barotraumatismes pulmonaires propres à la variation de la profondeur en plongée : la surpression et la " dépression " pulmonaire, cette dernière ne survient chez les apnéistes qui descendent très profond (70 m et plus), son mécanisme s'apparente très fort au plaquage de masque. Nous n'en parlerons donc pas plus.

II. Rappels théoriques

Barotraumatisme de " baro " qui signifie pression, (exemple : Baromètre, l'appareil qui permet de mesurer la pression atmosphérique), " trauma " qui signifie un dommage à l'organisme (traumatisme : ensemble des lésions de tissus, organes ou membres provoqués accidentellement par un agent extérieur).

Ainsi le barotraumatisme est une lésion due un différentiel trop important de pression infligé à une partie ou tout le corps. Dans le cas du barotraumatisme pulmonaire, ce sont tous les dommages qui trouvent leur cause dans un déséquilibre entre la pression ambiante et celle de la pression de l'air dans les poumons.

II.1. Notion de Pression

La pression se définit comme une force exercée sur une surface ($P = F / S$) dont l'unité légale est : *le pascal Pa* ou N/m^2 . Mais le plongeur, lui, préfère utiliser le bar (1 bar = 100 000 Pa).

II.1.1. **Pression atmosphérique**

- Le poids de l'air de l'atmosphère à la surface de la terre exerce sur celle-ci une pression (donc cette pression diminue avec l'altitude)

- Au niveau de la mer cette pression atmosphérique est de
 1013 mBar
 101325 Pascal (1013 HectoPa)
 1 Atmosphère
 760 mm Hg (Mercure)

II.1.2. Pression hydrostatique ou relative

- C'est la pression que subit un corps immergé par le poids de la colonne d'eau qui le surplombe.
- Elle est dite relative car elle ne se réfère qu'au poids de l'eau, et non pas à celui de l'atmosphère.

II.1.3. Pression absolue

- C'est la pression totale que subit un corps immergé par le poids de la colonne d'eau et de la colonne d'air qui le surplombe

Pression Absolue = Pression Atmosphérique + Pression Relative

II.2. Lois physiques

II.2.1. Loi de Boyle et Mariotte

A température fixée et pour une quantité donnée de gaz, le produit de la pression et du volume de ce gaz est constant.

Pression x Volume = Constante

Un volume élastique de 1 litre d'air à la pression atmosphérique de 1 atm en surface, amené à 40 m de profondeur ne mesure plus qu'un cinquième de son volume de départ à savoir 0.2 litre. Inversement, un volume de 1 litre à 40 m remonté à la surface mesure 5 litres.

Profondeur	Pression ambiante	Volume de gaz	Densité
0	1 atm	1	x1
10 m	2 atm	1/2	x2
20 m	3 atm	1/3	x3
30 m	4 atm	1/4	x4
40 m	5 atm	1/5	x5

II.3. Notions d'anatomie

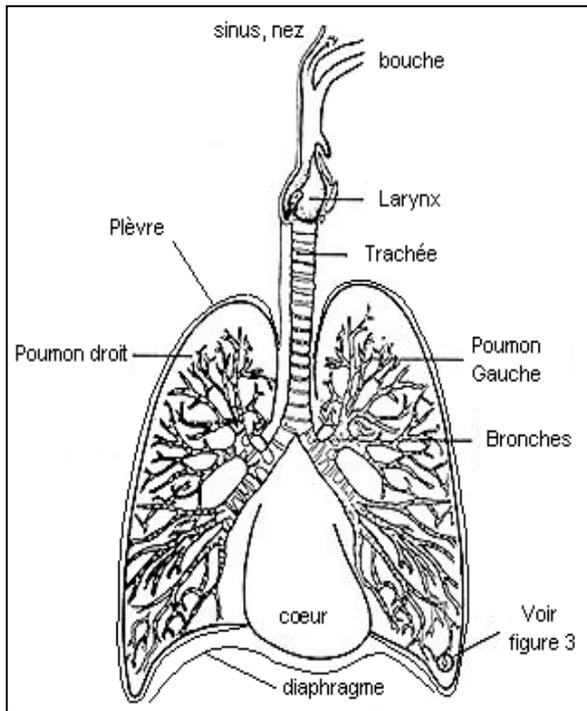
II.3.1. **Le système respiratoire**

(i) Les voies respiratoires supérieures

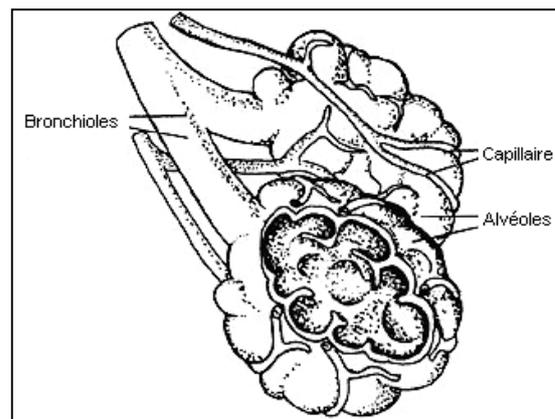
- **Fosses nasales** : narines, cornets, orifices des sinus
- **Pharynx** : bouche, épiglotte, amygdales
- **Larynx** : glotte ou aiguillage de la trachée et de l'œsophage, cordes vocales

(ii) Les voies respiratoires inférieures

- **Trachée** : tuyau cartilagineux long de 15cm qui relie le larynx aux bronches
- **Bronches** : deux bronches souche, se subdivisant en deux bronches principales dans le poumon gauche et trois dans le poumon droit, puis bronchioles ramifiées
- **Vésicules pulmonaires** : sorte de sac, ressemblant à une grappe de raisin, formé de multiples alvéoles pulmonaires (taille = 0,2 mm, nombre = environ 500 millions ce qui en terme de surface fait à peu près la surface d'un terrain de football). C'est au niveau de la paroi des alvéoles (ou membrane alvéolo-capillaire d'une épaisseur de 0,001 mm) que se produisent les échanges gazeux. Le sang, par simple phénomène de diffusion, va céder une partie de son gaz carbonique, et s'enrichir d'oxygène.



L'alvéole garde une forme arrondie grâce au phénomène de tension superficielle lié au surfactant – substance tensio-active (ex : bulle de savon). Elle est élastique et peut subir une différence de pression d'environ 0,2 à 0,3 bars.



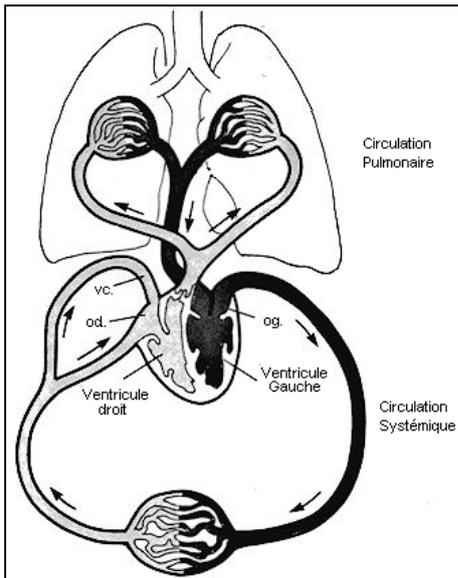
(iii) Les plèvres

Ce sont des membranes (feuillet pleuraux) doubles qui enveloppent chaque poumon. La partie externe adhère à la paroi thoracique, la partie interne adhère au poumon lui-même. Entre les deux feuillets pleuraux existe une dépression d'environ 15 millibars (vide pleural) qui les maintient en contact étroit tout en pouvant glisser l'une sur l'autre. Ainsi les poumons sont "collés" à la cage thoracique de la même manière qu'une ventouse adhère à une surface.

(iv) Le médiastin

Les plèvres n'entourent pas complètement chaque poumon. La partie de chaque poumon proche du médiastin ne possède pas de plèvre, c'est l'hile pulmonaire. Le médiastin, lui, est l'espace situé dans le thorax entre les deux poumons. Il contient le cœur et les gros vaisseaux (aorte, artères pulmonaires, veines caves) ainsi que la trachée, les bronches souches et l'œsophage.

II.3.2. Le système circulatoire



Le système circulatoire se divise en deux circuits distincts :

(i) La grande circulation

ou circulation systémique, qui part du ventricule gauche et revient dans l'oreillette droite. Elle achemine combustibles, comburant (oxygène) et déchets vers tous les organes et tissus du corps.

(ii) La petite circulation

ou circulation pulmonaire, passe par les poumons, s'y charge d'oxygène et s'y décharge de gaz carbonique.

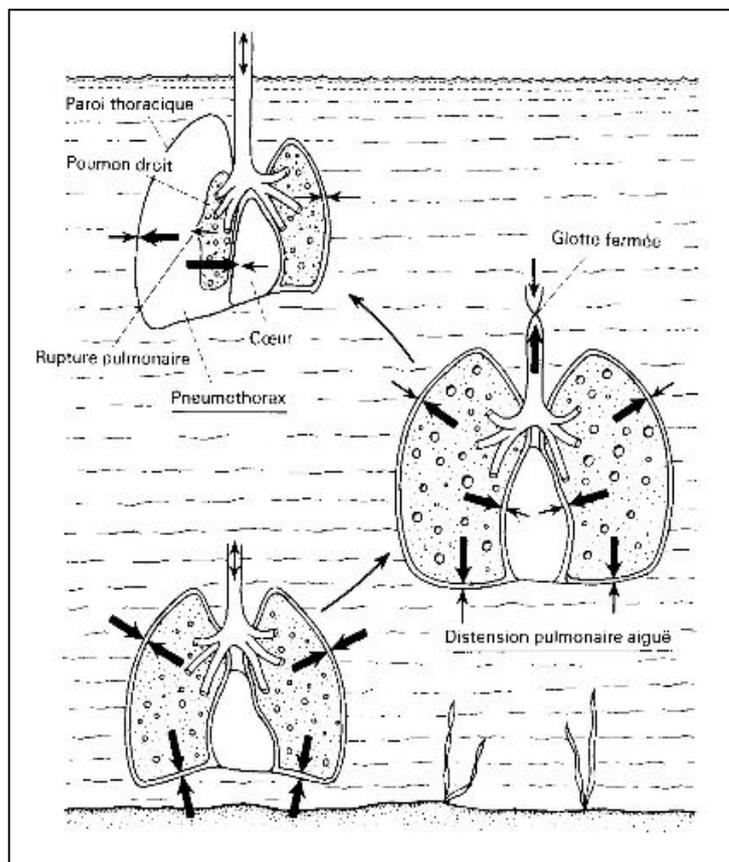
III. La surpression pulmonaire

III.1. Mécanisme

La surpression pulmonaire est l'un des accidents les plus graves qui guettent le plongeur. Il est provoqué par une dilatation excessive des poumons au cours de la remontée vers la surface.

En temps normal, le volume gazeux pulmonaire (contenu dans les alvéoles et espace traché-bronchique) communique avec l'extérieur, à pression ambiante, par les cavités naso-bucales. Il faut dès lors que la glotte soit largement ouverte pour permettre les débits gazeux nécessaires à l'équipression.

S'il y a un obstacle à l'écoulement de l'air, lors de la



remontée vers la surface, le volume d'air contenu dans les poumons en amont de l'obstacle va augmenter (Loi de Boyle-Mariotte).

Etant donné que la cage thoracique est rigide, les poumons ne sont pas très extensibles (moins de 10%). L'augmentation de pression dans les alvéoles pulmonaires va augmenter, jusqu'à la limite d'élasticité de celles-ci. Cette augmentation de pression va entraîner :

- D'abord, une surdistension des alvéoles pulmonaires avec surpression intra-alvéolaires ;
- Ensuite, si la pression hydrostatique diminue encore, la limite d'élasticité des alvéoles sera dépassée et il y aura rupture alvéolaire.

Cette rupture alvéolaire est engendrée par des gradients de pression de 0,2 à 0,3 bar, soit une différence de 2 à 3 mètres d'eau.

La surpression pulmonaire arrive en général dans les dix derniers mètres et, contrairement aux accidents de décompression, il est plus fréquent chez les débutants.

En piscine, les exercices bouteilles par -3m peuvent déjà induire une surpression pulmonaire, bien qu'elle ne soit rarement mortelle.

III.2. Causes de la surpression pulmonaire

La surpression pulmonaire peut être causé par un obstacle qui gêne l'expiration. Les causes de la surpression pulmonaire peuvent être réparties en deux catégories :

III.2.1. Avec blocage respiratoire, dû à un obstacle – volontaire ou involontaire – situé au niveau des voies respiratoires supérieures :

- Blocage volontaire de l'expiration qui peut survenir en cas d'apnée à la remontée, de panique, de remontée avec effort ou lors d'une remontée sans embout ;
- Blocage involontaire par spasme de la glotte c'ad réflexe provoqué lors d'irruption d'eau froide au niveau de la muqueuse des fosses nasales ou du pharynx (en 'prenant la tasse', lors de stress intense, ...) ;
- Blocage involontaire par laryngocoele c'ad lorsque le plongeur a une « hernie » anormale entre les cordes vocales qui empêche l'air de sortie des poumons à la remontée.

III.2.2. Sans de blocage respiratoire, dû à un obstacle bas situé sur l'arbre bronchique ou à une cause extérieure:

- Maladie pulmonaire aiguë et/ou infectieuse comme par exemple une bronchite (présence de bouchons de mucus voire de pus dans les bronches) ;
- Maladie pulmonaire chronique telles que :
 - o une bronchite chronique,
 - o de l'asthme (il n'est pas conseillé de plongé lorsque l'on est atteint d'asthme ; cependant, dans la forme bénigne et sous aval médical, il peut être autorisé de plongé mais gardons à l'esprit qu'un asthmatique n'aura aucun mal à inspirer, mais toutes les peines du monde à expirer pendant l'une de ses crises) ;
- Malformation anatomique telles que :
 - o un emphysème (zone pulmonaire fragilisée),
 - o air trapping : une tumeur bronchique, un polype, une bronche à clapet – dans ce cas, il y un rétrécissement de la bronche ou de la bronchiole créant un obstacle à l'expiration et pas à l'inspiration ;

- Décompression explosive : immersion/émersion sur une échelle ou l'ancre d'un bateau, au palier par mer houleuse, le long d'un tombant lorsqu'il y a du ressac, ... ou encore l'effet de souffle d'une explosion qui peut engendrer une onde de pression qui en entrant par la bouche provoque une surpression pulmonaire, une purge de second étage trop violente,

III.3. Formes de la surpression pulmonaire

On distingue deux formes cliniques de surpression pulmonaire:

III.4. La forme pulmonaire pure:

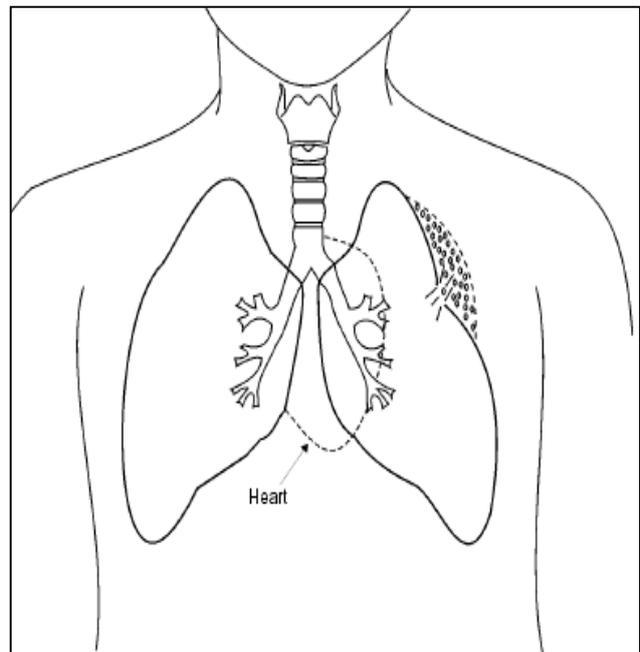
Il y a rupture de la paroi alvéolaire. On parle de :

(i) **Pneumothorax**

(i.1) Pneumothorax gazeux

Lorsqu'il y a une déchirure de la plèvre viscérale. L'air pénètre dans la cavité pleurale et "décolle" le poumon de la plèvre. Le vide pleural disparaît et le poumon s'affaisse car il se désolidarise de la paroi thoracique.

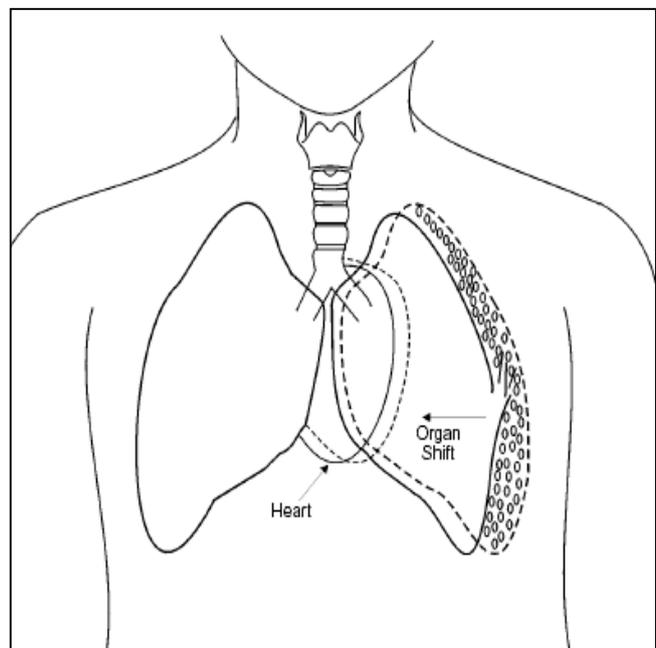
- Affaissement du poumon
- Détresse respiratoire



(i.2) Pneumothorax « lymphatique »

Lorsqu'une déchirure de la plèvre viscérale cause une arrivée de lymphe et de sang dans le vide pleural. Le vide pleural n'en est pas pour autant altéré. (Complicé par la présence de bulles de gaz)

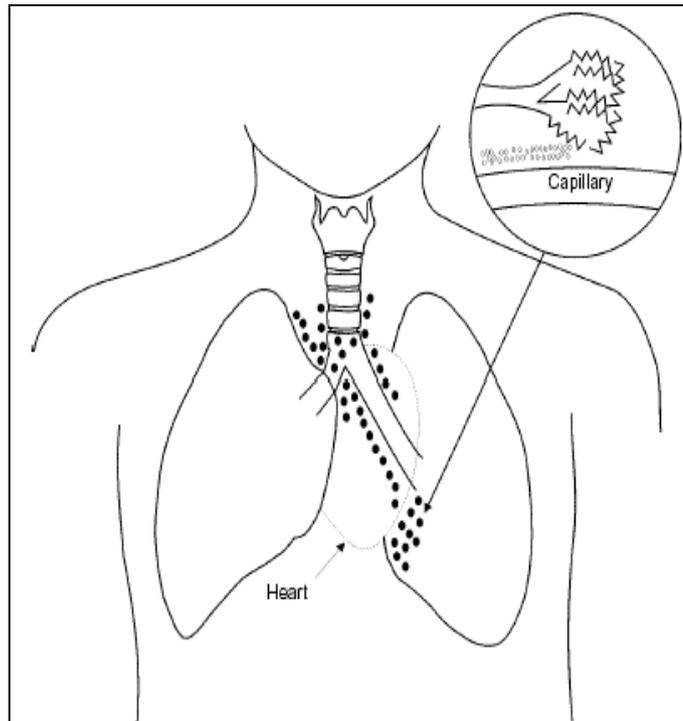
- Affaissement partiel du poumon
- Déplacement d'un poumon vers le coeur
- Complications cardiaques



(ii) Pneumomédiastin

Lorsqu'il y a une déchirure du poumon vers le médiastin. L'air s'infiltré à travers le tissu pulmonaire dans la cavité médiastinale au centre de la cage thoracique, autour du coeur de la trachée et des vaisseaux circulatoires majeurs.

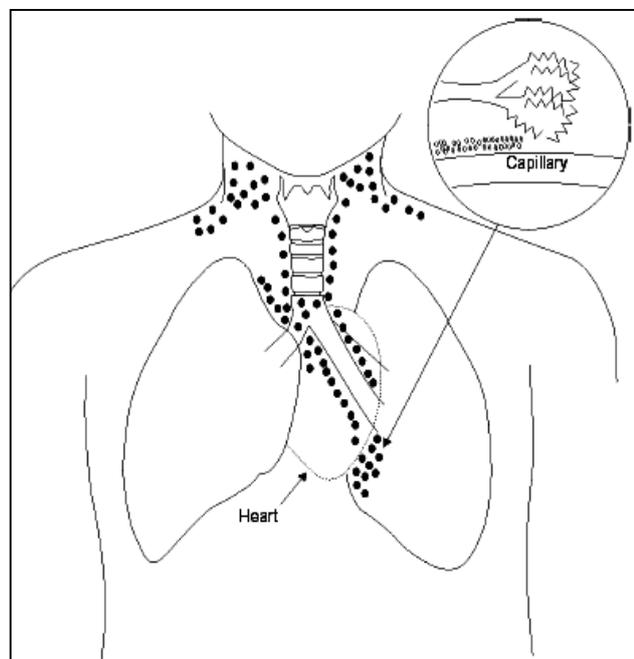
- gêne dans la poitrine
- troubles cardiaques



(iii) Emphysème sous cutané

Lorsqu'il y a déchirure du poumon vers le médiastin et que l'air s'infiltré à travers le tissu pulmonaire dans la cavité médiastinale, remonte le long des carotides vers les espaces sous-cutanés.

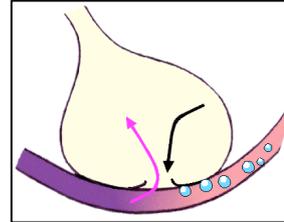
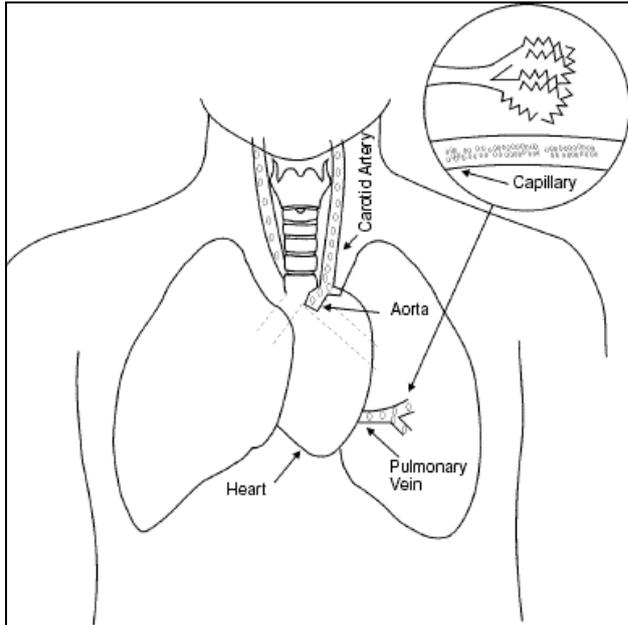
- Cou pré consulaire lorsque l'air s'infiltré sous la peau du cou (crépitation neigeuse sous la peau)
- Voix de polichinelle lorsque l'air s'infiltré dans les espaces autour de la glotte et des cordes vocales



III.4.2. La forme encéphalique – Embolie artérielle gazeuse

L'irruption d'air ne se fait pas au niveau des tissus avoisinants mais dans les vaisseaux sanguins du poumon. Il passe par la veine pulmonaire, les cavités gauches du coeur et l'aorte, puis s'engouffre dans les artères carotides jusqu'au cerveau. Il s'ensuit une obstruction des vaisseaux sanguins irriguant le cerveau (embolie gazeuse cérébrale).

- Irruption de bulles de gaz dans la circulation
- Accidents de types neurologiques



III.5. Prévention de la surpression pulmonaire

- Expirer à la remontée
- Vitesse de remontée contrôlée
- Tête en extension lors de la remontée (expirer et regarder vers le haut afin de dégager les voies aériennes supérieures et éviter un blocage de la glotte)
- Ne jamais retenir sa respiration à la remontée
- S'entraîner à la remontée sans embout ou à deux sur un embout (diminuer le stress)
- Ne jamais alimenter en air comprimé un plongeur en apnée
- Ne pas plonger en cas de contre indication médicale à la pratique de la plongée
- Faire très attention au palier de sécurité par mer houleuse (ne pas le faire)
- Par mer houleuse, effectuer le palier de -3m à -6m
- Ne pas se fixer, ni aux rochers, ni à la chaîne d'encre en zone peu profonde

III.6. Symptômes de la surpression pulmonaire

Si une personne se plaint d'une douleur thoracique pendant la remontée ou à la sortie de l'eau, cela peut être une surpression pulmonaire:

Réagissez le + vite possible

Dans la forme pulmonaire pure, on constate:

- Une *oppression thoracique douloureuse* provoquée par la distension des alvéoles
- Une *toux sèche* au début, puis avec *expectoration saumonée* (salive et sang) qui indiquent que la rupture alvéolaire a provoqué la rupture des capillaires sanguins et l'arrivée de spume sanglante dans les alvéoles
- Une sensation de manque d'air avec inspiration difficile : la *dyspnée*, étant la conséquence directe de la rupture alvéolaire et de la perturbation des échanges gazeux qui en découle
- *Difficultés respiratoires* diverses : respiration superficielle, haletante
- *Difficultés à déglutir*
- L'état de *choc* ainsi
- Une *chute de tension*
- *Accélération du pouls* à 150 ou 200 par minute
- *Cyanose* (coloration bleue de la peau parce que le sang n'est plus chargé d'assez d'oxygène et contient trop de dioxyde de carbone, situation découlant de l'amointrissement des échanges gazeux au niveau des poumons)
- *Angoisse*
- La déchirure de la paroi des poumons est la forme suraiguë (rare)
- *Crépitements gazeux* sous la peau du cou, *peau craquelée et gonflements au niveau du cou* (cou proconsulaire)
- *La mort*

Dans la forme encéphalique, il peut y avoir:

- Une *perte de connaissance*
- Une *cécité* (amaurose, perte soudaine de la vue sans lésions apparentes aux yeux ni troubles fonctionnels du système visuel)
- Une *surdité* brutale et totale
- Une *monoplégie* (paralysie d'un membre)
- Une *hémiplégie* (paralysie d'une moitié gauche ou droite du corps, celle opposée au côté du cerveau atteint)
- Une *crise convulsive* (style épilepsie)
- Un *arrêt de la respiration et du coeur*

La surpression pulmonaire est souvent aggravée par un accident de décompression.

III.7. Traitement de la surpression pulmonaire

- Surveiller l'état de conscience, les voies respiratoires, la respiration et le pouls (A, B, C) ; réanimer si nécessaire. Allonger le patient et garder les voies respiratoires dégagées. Si le plongeur accidenté a perdu connaissance ou souffre de nausées, il doit être allongé en position latérale.
- **Oxygénothérapie normobare 100%** dès que possible. L'oxygène pur permet de réduire l'hypoxie en augmentant le transport d'oxygène dans le sang.
- Evacuation urgent vers milieu médical de réanimation en ambulance de réanimation
- Prévenir le CHOC (boire, calme, chaleur)
- Position Latérale Stable
- Drainage du pneumothorax

- Caisson de recompression

IV. Synthèse (évaluation)

Citez la loi physique principale qui permet d'expliquer le mécanisme de la surpression pulmonaire ?

Boyle & Mariotte ($P \cdot V = \text{cst}$)

Citez les 3 mécanismes de prévention les plus importants :

- Contrôler sa vitesse de remontée
- Ne pas bloquer sa respiration à la remontée
- Ne pas plonger si contre indication médicale (bronches à clapets, ...)

Quelle est la substance qui doit toujours se trouver sur le bord lorsque vous partez plonger ?

L'Oxygène

V. Conclusion

Tous les médecins s'accordent à dire qu'il vaut mieux prévenir que guérir. Dans le cas de la surpression pulmonaire, il est très aisé de l'éviter. Malheureusement, lorsqu'elle survient seul la proximité et la rapidité de soins intensifs permettent parfois d'éviter le drame.

C'est pourquoi il est impératif de comprendre, de retenir et d'appliquer les quelques règles élémentaires qui permettent d'éviter cet accident.
