

L'ŒDÈME PULMONAIRE EN IMMERSION

L'homme est avant tout un animal terrestre dont l'organisme doit s'adapter lorsqu'il veut aller à la rencontre des poissons. La plongée expose ainsi à des risques d'accidents spécifiques bien connus, découlant des principaux effets physiques liés à la pression : les accidents barotraumatiques, les accidents de désaturation et les accidents biochimiques. Parmi les accidents que l'on peut rencontrer en plongée, les problèmes respiratoires occupent une place particulière ; ils peuvent être de gravité et d'origine diverses. Depuis quelques années, une cause de détresse respiratoire en immersion apparaît de plus en plus fréquente, l'œdème pulmonaire. Cet accident traduit les contraintes auxquelles notre système cardio-respiratoire est soumis au cours de l'immersion et semble devenir l'une des causes les plus fréquentes d'accident respiratoire pris en charge par les médecins subaquatiques, en lien probable avec l'évolution de la population des plongeurs. L'objet de cet article est de décrire les facteurs qui, en immersion, concourent à la survenue d'un œdème pulmonaire, de donner une présentation de cet accident et la conduite à tenir pour les plongeurs qui en seraient témoins. Un dossier d'Anne Henckes.



L'œdème pulmonaire

Qu'est-ce qu'un œdème pulmonaire ? Un œdème pulmonaire correspond à l'irruption du contenu des capillaires pulmonaires d'abord dans l'espace autour de ces capillaires (l'espace interstitiel) puis dans les alvéoles : passe d'abord la phase liquide (le plasma) puis les éléments figurés du sang (les globules) et en particulier les globules rouges qui sont les plus petits.

L'œdème pulmonaire survient lorsqu'il y a défaillance de la barrière alvéolo capillaire, qui devient alors perméable. C'est une situation bien connue des médecins, qui peut survenir par deux principaux mécanismes. Le premier mécanisme est lésionnel, avec altération de la barrière alvéolo capillaire. C'est typiquement l'œdème pulmonaire de la noyade, au cours duquel l'eau agresse la paroi alvéolaire et détruit le surfactant pulmonaire. Le second mécanisme est lié à l'augmentation de la pression capillaire, due à une défaillance de la pompe cardiaque en aval (mécanisme hémodynamique). C'est l'œdème pulmonaire de l'insuffisance cardiaque qui survient au décours de certaines pathologies cardiaques.

Pourquoi peut-il survenir en immersion ?

L'immersion soumet notre organisme, et plus particulièrement le système cœur-poumons, à des contraintes exceptionnelles. C'est lorsqu'elles dépassent notre capacité d'adaptation que survient l'œdème pulmonaire. Son mécanisme est mixte, avec des composantes lésionnelles et des composantes hémodynamiques.

Premièrement, l'augmentation de la pression ambiante entraîne une redistribution du sang contenu dans la circulation des membres, vers la circulation centrale, en particulier la circulation thoracique, avec un afflux d'environ 700 ml de sang. Les conséquences sont multiples :

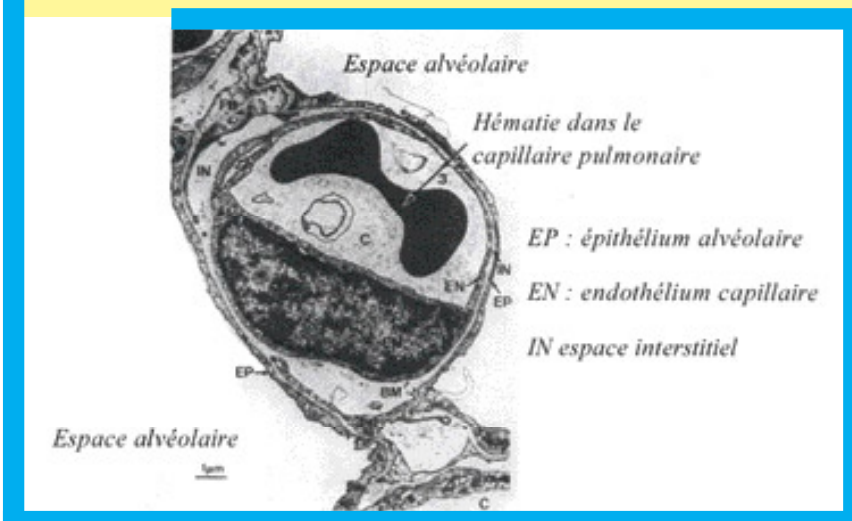
- engorgement de la circulation pulmonaire avec augmentation des pressions sanguines pulmonaires ;
- augmentation de la charge pour le cœur et augmentation du débit cardiaque ;
- stimulation de la sécrétion par l'organisme de molécules qui concourent à augmenter la perméabilité capillaire (en particulier les peptides natriurétiques, ANP et BNP), et à augmenter les

La barrière alvéolo capillaire

Les voies aériennes se terminent au niveau du poumon, par des petits sacs disposés en grappes au bout des bronchioles, les alvéoles pulmonaires. C'est à ce niveau qu'ont lieu les échanges gazeux. Les alvéoles pulmonaires représentent en effet une très grande surface d'échange, entre 50 et 100 m². Autour d'elles, se trouve un réseau serré de capillaires transportant le sang.

L'intérieur des alvéoles est tapissé d'un film liquidien tensio actif : le surfactant pulmonaire. Leur paroi est très fine, formée par une couche unique de cellules épithéliales. De l'autre côté, les capillaires ont également une paroi très fine formée par une couche de cellules endothéliales.

La barrière séparant l'air alvéolaire du sang contenu dans les capillaires est donc constituée de l'épithélium alvéolaire, l'endothélium capillaire et entre les deux, de l'espace interstitiel, parfois très réduit. Cette barrière est très fine, jusqu'à 0,3 µm (pour comparaison, un cheveu a une épaisseur d'environ 80 µm), pour laisser passer les gaz et permettre les échanges... et pourtant résiste dans la plupart des cas aux variations de pression qui lui sont imposées : un beau *challenge* bien rempli par la nature !



pressions sanguines.

Le travail respiratoire est également beaucoup plus important en plongée, nécessitant une dépression inspiratoire et une pression expiratoire plus marquées, mettant donc en jeu les forces d'étirement des parois alvéolaires. En effet, l'afflux sanguin dans la circulation thoracique et la pression exercée sur l'abdomen, refoulant le diaphragme vers le haut, laissent moins de place au poumon et sa compliance (capacité à se distendre) est diminuée. De plus, les gaz respirés sont plus denses, leur écoulement dans les voies respiratoires est donc plus difficile. Enfin, le matériel respiratoire en lui-même est source de résistances respiratoires (espace-mort et résistances liées aux frottements des pièces entre elles). Par ailleurs, ces phénomènes peuvent se trouver majorés en plongée par des

circonstances non-exceptionnelles. Le froid entraîne une vasoconstriction périphérique (diminution du calibre des petits vaisseaux des extrémités) qui amplifie la redistribution centrale. Le stress stimule la libération d'hormones comme l'adrénaline, générant une poussée de tension. L'effort augmente les pressions sanguines pulmonaires et le travail ventilatoire, augmentant les contraintes sur l'alvéole pulmonaire.

Toutes ces contraintes tendent d'un côté à une augmentation des pressions capillaires pulmonaires et, de l'autre, à une altération de la barrière alvéolo capillaire. Dans certains cas, la perméabilité de cette dernière est altérée : il y a défaillance de cette barrière et irruption du contenu des vaisseaux sanguins dans les alvéoles. C'est l'œdème pulmonaire.

Dans quelles circonstances

survient cet accident ?

Les facteurs déclenchant l'œdème pulmonaire en plongée sont mal connus. Le froid, le stress et l'effort sont certainement des facteurs favorisants. Du côté de l'individu, une hypertension artérielle ou une anomalie, en particulier valvulaire, mal contrôlées sont certainement des facteurs de risque. Il semble que cet accident survient plutôt chez les plongeurs de plus de 40 ans. La visite médicale de non-contre-indication aux activités sous-marines, en particulier pour le passage d'un niveau, ne doit donc pas être négligée. Des études sont en cours pour tenter de mieux expliquer les circonstances de survenue et de rechercher les facteurs de risque chez les plongeurs afin d'améliorer la prévention de cet accident.

La redistribution sanguine due à l'immersion : en rouge schématisée la masse sanguine, avec le cœur en noir, en blanc les volumes pulmonaires et en vert l'abdomen : **A** sujet au sec. **B** sujet en immersion partiellement : la pression est transmise à la partie du corps immergée, entraînant un déplacement d'une partie de la masse sanguine vers le thorax. **C** sujet en immersion totale : la pression est transmise à toutes les parties molles du corps, environ 700 ml de sang s'ajoutent à la circulation intrathoracique, de plus le diaphragme est refoulé vers le haut, le tout offrant alors moins de place pour le poumon.

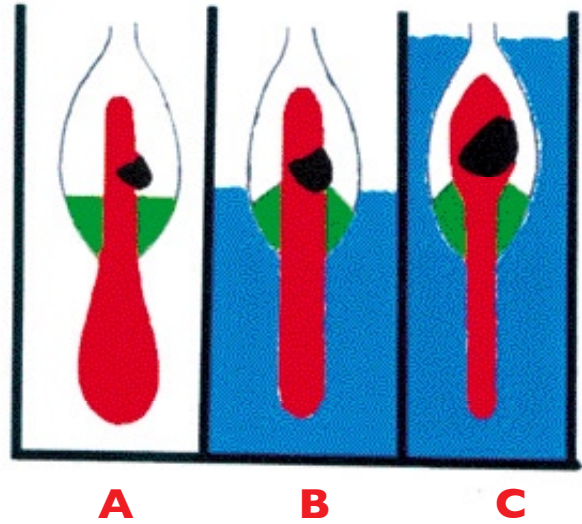


Schéma d'après JH. Corriol, "La plongée en apnée".

L'accident

Comment se présente-t-il ?

Il s'agit avant tout d'un accident de type respiratoire, qui débute dans l'eau. Les premiers signes peuvent apparaître dès le début de la plongée, au milieu entraînant l'arrêt de celle-ci, ou en fin de plongée, voire à la surface pendant le retour au bateau. Les signes présentés sont une gêne, voire une franche difficulté respiratoire, qui peut s'accompagner assez souvent d'une toux et de crachats de mousse rosée, voire de sang. Quelquefois, le plongeur peut présenter un malaise avec perte de connaissance initiale et risque de noyade secondaire. Rarement, si le plongeur tarde à sortir de l'eau, il peut y avoir arrêt cardio vasculaire. Dans la plupart des cas, ces signes s'améliorent rapidement à la sortie de l'eau, mais ne doivent pas être négligés pour autant car le risque de récurrence existe.

Conduite à tenir

Lorsqu'un plongeur présente des difficultés respiratoires ou tout autre signe anormal, il ne s'agit pas de tenter de faire un diagnostic (surtout sous l'eau !) - c'est le rôle du bilan à l'hôpital. La prise en charge de cet accident n'a donc pas de spécificité pour les plongeurs-secouristes. Dans l'eau, l'équipier remarquera un comportement anormal, le signe "je suis es-

“ Les facteurs déclenchant l'œdème pulmonaire en plongée sont mal connus. Le froid, le stress et l'effort sont certainement des facteurs favorisants. ”

soufflé” pour signaler la gêne respiratoire, une consommation excessive, etc. Une assistance, ou un sauvetage selon le cas, est nécessaire pour remonter sans tarder le plongeur en difficulté et lui épargner tout effort qui amplifierait la gêne. Une sortie de l'eau rapide et efficace suivie de la mise sous oxygène au masque à bon débit (15 l/min) conditionne l'amélioration rapide des signes. Après bilan des fonctions vitales, les secours doivent être alertés, le CROSS en mer ou le SAMU centre 15 sur terre. Le message d'alerte doit être précis : les signes présentés, leur apparition par rapport à la plongée, leur évolution, les paramètres de la plongée en cause avec le respect ou non des procédures de décompression et l'heure de la sortie de l'eau. En effet, ces éléments conditionnent le moyen d'évacuation mis en œuvre. À l'hôpital, un bilan est réalisé pour établir le diagnostic de l'accident respiratoire, avec reprise des données de la plongée, des signes présentés... Un examen clinique du plongeur et des examens paracliniques, comme une prise de sang, une radiographie pulmonaire et un électrocardiogramme, sont pratiqués. Même si les signes régressent vite dès la sortie de l'eau, il est important que le plongeur se fasse examiner immédiatement, a fortiori s'il a présenté une toux ou des crachats rosés. En effet, ce n'est que dans les heures qui suivent l'accident que l'on peut faire le diagnostic d'œdème pulmonaire avec certitude, lorsque les anomalies pulmonaires sont encore visibles sur

A est un plongeur de 62 ans, sans problème de santé particulier, niveau 1. Il effectue une plongée d'une vingtaine de minutes à 25 mètres. Au palier de 3 mètres, il se sent en manque d'air, remonte et présente un essoufflement important en surface. Il perd alors connaissance, est remonté sur le bateau, récupère rapidement sous oxygène et est évacué vers l'hôpital. À son arrivée aux urgences, il se sent bien, on note une hypoxémie et le scanner thoracique montre des images d'œdème pulmonaire. Après 24 heures sous surveillance, il peut rentrer chez lui sans problème.

B âgé de 64 ans, est niveau 4, sportif, s'entraîne régulièrement et n'a pas de problème de santé particulier hormis une tension artérielle limite sans traitement jusqu'à présent. À la fin d'une plongée à 38 mètres avec remontée lente il doit évoluer contre le courant. Une gêne respiratoire apparaît qui se majore rapidement à 15 mètres, nécessitant l'assistance d'un de ses équipiers pour remonter. Arrivé en surface il ne peut reprendre son souffle, tousse, vomit et doit être tracté jusqu'aux rochers pour la sortie de l'eau. Une équipe médicalisée le prend là en charge : il présente des signes d'œdème pulmonaire à l'auscultation pulmonaire ainsi qu'une tension artérielle élevée. Un traitement médicamenteux est administré avec de l'oxygène qui permet une amé-

lioration rapide des symptômes. Le plongeur est évacué vers le centre hyperbare, où il bénéficie d'une séance d'oxygénothérapie hyperbare avec son équipier en raison de la non-réalisation des paliers imposés par les tables. Les examens radiologiques confirment l'œdème pulmonaire. La veille, B avait présenté un essoufflement en fin de plongée qui avait un peu tardé à rentrer dans l'ordre et, quelques mois auparavant, il y avait eu deux autres épisodes de gêne respiratoire à minima au décours de plongées.

C est un plongeur de 55 ans, traité pour une hypertension artérielle et un syndrome d'apnées du sommeil. Niveau 2, il pratique aussi régulièrement la nage avec palmes. Ce jour-là, il effectue une plongée à 20 mètres durant 29 minutes dans une eau à 11 °C, qui nécessite à la fin quelques efforts de palmage. Survient un essoufflement qui se majore au palier où il se trouve très oppressé. Quelques minutes après, arrivé à la surface, il présente en outre des crachats de mousse rosée. Il est rapidement mis sous oxygène et évacué vers l'hôpital. L'électrocardiogramme et l'échographie cardiaque sont normaux ; l'évolution des signes est rapidement favorable sous oxygène. On retrouve toutefois la notion de symptômes respiratoires à minima la veille.

Je suis essoufflé : un symptôme, non une cause !

Lorsqu'un plongeur fait le signe "je suis essoufflé" dans l'eau, il signale à son équipier une sensation de gêne respiratoire, ce qui ne préjuge pas de la cause sous-jacente à cette gêne. Dans tous les cas il s'agit d'un appel à intervention qui ne doit pas faire hésiter à interrompre la plongée et à remonter. Différentes causes peuvent aboutir à un problème respiratoire dans l'eau et à ce signe.

■ La plus connue est bien sûr... l'essoufflement, au sens hypercapnie : le plongeur augmente sa production de CO₂ par des efforts excessifs et ne l'élimine pas correctement par l'expiration. Celui-ci régresse rapidement à l'arrêt des efforts et une remontée de quelques mètres. Cependant le risque de survenue de

complication n'est pas négligeable, conditionné entre autres par le secours apporté.

■ Un début d'œdème pulmonaire peut se présenter de la même façon. À l'essoufflement s'associent très souvent une toux et/ou des crachats plus ou moins rosés. Ces signes persistent et s'aggravent tant que le plongeur est dans l'eau.

■ Un problème broncho-pulmonaire préexistant négligé ou mal évalué peut se manifester au cours d'une plongée (une crise d'asthme par exemple).

■ Un plongeur angoissé ou paniqué, s'il ne remonte pas brutalement, peut se sentir à court de souffle, gêné par l'embout qu'il a en bouche et faire ce signe.

Ne pas oublier, néanmoins, qu'un plongeur ayant des difficultés respiratoires ne fera pas toujours le signe conventionnel, on doit donc rester attentif à son binôme... Et dans tous les cas lui prêter assistance et remonter sans tarder si les signes ne s'améliorent pas rapidement à l'arrêt de l'effort.

les radios ou le scanner thoraciques. Les bilans effectués plusieurs jours ou mois après sont le plus souvent normaux et n'excluent pas l'accident. Or les conditions de reprise de la plongée sont plus délicates que pour d'autres accidents respiratoires de plongée, en raison de la gravité potentielle de cet accident et de son risque élevé de récurrence : il est donc important de comprendre la cause des troubles présentés et d'en rechercher les éventuels facteurs favorisants. Une reprise de la plongée sans avis d'un médecin spécialisé en médecine de plongée expose au risque d'une récurrence potentiellement plus grave.

La poursuite de l'activité

La surpression pulmonaire et l'œdème pulmonaire en plongée

Lorsqu'un plongeur présente un problème respiratoire à la sortie de l'eau avec des difficultés respiratoires, toux et crachats rosés, la première cause venant à l'esprit est la surpression pulmonaire. Dans ce cas-là, les lésions pulmonaires sont la conséquence d'un barotraumatisme, c'est-à-dire une distension alvéolaire, pouvant entraîner la rupture de la paroi alvéolaire avec l'effraction de gaz dans les tissus environnants et dans la circulation sanguine. Parfois, il peut y avoir passage sanguin dans les alvéoles et œdème pulmonaire associé. Cependant le contexte est bien particulier : remontée avec blocage expiratoire. Les signes respiratoires débute alors à l'issue de cette ascension et peuvent s'accompagner de signes neurologiques. Dans le cadre de l'œdème pulmonaire d'immersion, ce sont les contraintes exercées sur la barrière alvéolo capillaire via les modifications respiratoires et circulatoires, qui sont à l'origine d'une augmentation de sa perméabilité. Les signes respiratoires peuvent donc débiter à n'importe quelle phase de l'immersion. Dans les deux cas, la conduite à tenir pour le plongeur secouriste demeure la même : sortie de l'eau, oxygène, alerte.

“ Avec l'œdème pulmonaire, les conditions de reprise de la plongée sont plus délicates que

pour d'autres accidents en raison de sa gravité potentielle et de son risque élevé de récurrence : il est donc important de comprendre la cause des troubles présentés et d'en rechercher les éventuels facteurs favorisants. Cette reprise peut être envisagée sans l'avis d'un médecin spécialisé en médecine de plongée. ”

Après l'accident initial, une période de repos et d'abstention d'activités sous-marines doit être observée, afin de permettre la guérison des lésions pulmonaires. Comme pour tout accident de plongée, une consultation avec un médecin spécialisé est requise après cette période. Cette consultation a plusieurs buts : faire le point sur les éventuelles séquelles de l'accident et rechercher des facteurs

qui auraient pu en favoriser la genèse comme une hypertension artérielle mal contrôlée, un problème de valve cardiaque jusque-là méconnu... Avec tous ces éléments, le médecin pourra déterminer dans quelles conditions la reprise de la plongée peut se faire. Cette décision sera prise avec prudence. L'œdème pulmonaire est en effet caractérisé par une évolution récidivante, dont la gravité est peu prévisible.

Pour finir...

Des études sont en cours pour mieux

cerner les plongeurs et les plongées à risques. Un recueil des cas d'œdèmes pulmonaires est déjà réalisé sur le plan national. Une étude comparative à une population témoin de plongeurs, indemnes d'accident, sera nécessaire pour mieux déterminer les facteurs de risques et les conditions de survenue de l'œdème pulmonaire d'immersion. Des plongeurs pourront donc être contactés par un centre hyperbare dans les mois à venir. ■