ISSN 1248 - 2846

BULLETIN de MEDECINE SUBAQUATIQUE et HYPERBARE

2014. Tome 24. Numéro 2

Société de physiologie et de médecine subaquatiques et hyperbares de langue française

REVUE SEMESTRIELLE

Date de publication : décembre 2014

SOCIETE DE PHYSIOLOGIE ET DE MEDECINE SUBAQUATIQUES ET HYPERBARES DE LANGUE FRANCAISE

Déclarée le 24 Décembre 1968

J.O. du 11 Janvier 1969

PRESIDENTS HONORAIRES

Pr. J.DOR (1969-1972)
Pr. A. APPAIX (1972-1976)
Dr. R. RISPE (1976-1979)
Dr. B. BROUSSOLLE (1979-1982)
Pr. J. CORRIOL (1982-1985)
Pr. Ph. OHRESSER (1985-1988)
Dr. Ph. CAVENEL (1988-1991)
Dr. J.C. ROSTAIN (1991-1994)
Pr. F. WATTEL (1994-1997)
Pr J.M. SAINTY (1997-2000)
Dr J.L. MELIET (2000-2003)

BUREAU DE LA SOCIETE EN 2014 - 2015

Président:	BLATTEAU, J.E.	Administrateurs :	BARTHELEMY, A
Vice Présidents :	GENESTAL, M.		BARTHET, M.C.
	COULANGE, M.		BERGMANN, E.
Secrétaire général :	DELAFOSSE, B.		MATHIEU, D
Secrétaire adjoint :	.HENCKES, A.		GRANDJEAN, B
Trésorier :	LOUGE, P.		PONTIER J.M.
Trésorier adjoint :	HUGON, M.		REGNARD, J.
			SOUDAY, V.

.CONSEIL SCIENTIFIQUE

Coordinateur :	MELIET, J.L.	
Conseillers :	BARTHELEMY, A.	CONSTANTIN, P.
	COULANGE, M.	GUERERO, F
	PONTIER, J.M.	LETELLIER, P.
	ROSTAIN, J.C.	WENDLING, J.

Secrétariat: Dr. B. Delafosse, Hôpital Edouard Herriot, 69437 Lyon cedex 03

BULLETIN de MEDECINE SUBAQUATIQUE et HYPERBARE
2014. Tome 24, Numéro 2.

Dépôt légal : 11 mars 2014

ISSN 1248 - 2846

Responsable de la rédaction
B. Delafosse,

Directeur de la publication
J.C. Rostain

Imprimeur
Pronto Offset, 22 Chem. St Jean du Desert, 13005 Marseille

Editeur
Société de physiologie et de médecine subaquatiques et hyperbares
de langue française
Centre Hyperbare, CHU de Sainte Marguerite
270 Bd de Ste Marguerite
13274 Marseille cedex 09

Date de publication : décembre 2014

ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE RETROSPECTIVE DES ACCIDENTS DE PLONGEE SOUS-MARINE AUTONOME PRIS EN CHARGE AU CENTRE HYPERBARE DU CHU DE BREST DE 2000 A 2009.

L. DAUBRESSE[1], A. HENCKES[2], L. SOUQUIERE[3], G. COCHARD[2]

[1]Antenne médicale des armées de la région Gendarmerie Nord Pas de Calais, 201 Boulevard de Mons Villeneuve d'Ascq, 59000 Villeneuve d'Ascq. [2]Unité de Médecine Hyperbare, Pôle Anesthésie-Réanimation-Bloc opératoire Urgences, Hôpital de la Cavale Blanche, CHU de Brest, Boulevard Tanguy Prigent, 29609 – Brest cedex, France. [3]Service des urgences, Pôle Bloc-Anesthésie-Réanimation-Urgences, Hôpital d'instruction des Armées « Clermont Tonnerre », CC41 Avenue du Colonel Fonferrier, 29200 Brest Cedex 9, (France).

ABSTRACT:

Retrospective descriptive study of scuba diving accidents supported by the CHU Brest hyperbaric unit from 2000 to 2009. L Daubresse, A Henckes, L Souquière, G Cochard. Bull. Medsubhyp 2014, 24 (2) : 47 – 56.

We conducted a retrospective descriptive study of diving accidents supported by the CHU Brest hyperbaric unit from 2000 to 2009. The objective of our work is to highlight the evolution of diving practices and the management of accidents in this unit. For this, the data studied were the individual parameters of the diver, of the causal diving and of medical care.

145 accidents were recorded with 118 cases of decompression sickness among them, 12 serious neurological accidents (Boussuges score > 7), 6 pulmonary barotrauma and 25 other diving accidents, including 13 cases of pulmonary edema of immersion.

This study highlights an aging diver population and a better individualization of immersion pulmonary edema. It is noted that the development of therapeutic practices is moving to the more frequent use of recompression schedule called "short". For less serious neurological accidents, these schedules are effective. The problem remains for the treatment of severe neurological decompression accidents, fortunately rare, which actually give the majority of sequelae. It is necessary to conduct multicenter studies evaluating different treatments in order to improve the care of these accidents, in order to reduce the sequelae.

INTRODUCTION

La pratique de la plongée sous-marine autonome peut amener à des accidents spécifiques en rapport avec la décompression d'un milieu à haute pression vers un milieu à plus basse pression. Ces accidents relèvent de deux mécanismes différents en relation avec soit du gaz libéré dans les tissus et la circulation au cours de la décompression (accident de désaturation) soit une embolie gazeuse par effraction de la membrane alvéolo-capillaire (aéroembolisme par surpression pulmonaire) (Vann et coll 2010).

Le traitement de ces pathologies spécifiques fait appel en priorité au caisson de recompression. Ces caissons hyperbares sont assez rares sur le territoire, un pour 4 à 5 millions d'habitants. Le CHRU de Brest possède le seul caisson thérapeutique civil en Bretagne et joue un rôle central dans la prise en charge des accidents de plongée de la région.

Deux études épidémiologiques sur les accidents de plongée ont été réalisées dans l'unité de médecine hyperbare de Brest concernant les périodes de 1975 à 1989 (Polard 1991) et de 1990 à 1999 (Grosdoy 2001).

L'objectif de notre travail est de réaliser une étude épidémiologique rétrospective des accidents de plongée sous-marine symptomatiques pris en charge à l'unité de médecine hyperbare du CHRU de Brest de 2000 à 2009. En le recoupant avec les deux travaux précédents, ce travail nous permettra de juger des évolutions des pratiques en plongée et de la prise en charge des accidents au CHRU de Brest au cours de la décennie passée.

MATERIEL ET METHODE :

Pour la recherche des données, nous avons travaillé sur les dossiers patients créés par l'unité de médecine hyperbare de Brest de 2000 à 2009, classés comme accident de plongée, et gardés aux archives de l'unité.

Nous avons exclu de cette étude les barotraumatismes autres que pulmonaires, les

Nombre d'accidents	**145**
Nombre de plongeurs	**143**
Age (années, m ± SD)	38,3 ± 11
Sexe F/H	23 (16 %) / 120 (84 %)
Sans antécédents	64 (45 %)
Sans traitement habituel	118 (82 %)
Plongeur loisir/professionnel	118 / 26
Niveau	
≤ niveau II	57
> niveau II	81
non renseigné	5

Tableau 1 : Paramètres individuels du plongeur accidenté

consultations post-accident, les fautes de procédures asymptomatiques car notre travail se concentre sur l'accidentologie.
Pour les plongeurs ayant été conduits au centre hyperbare, trois paramètres ont été étudiés : les paramètres individuels du plongeur (âge et sexe, expérience du plongeur, antécédents médicaux, traitement), ceux de la plongée responsable de l'accident (année et lieu, type, conditions et caractéristiques de la plongée) et la prise en charge médicale (type d'accident, délais entre la sortie de l'eau, les premiers signes et la recompression, lieu de la première hospitalisation, traitement pré-hospitalier, oxygénation hyperbare, évolution du plongeur).
Pour qualifier la gravité des accidents neurologiques de décompression, le score de Boussuges a été retenu (Boussuges et coll. 1996).

RESULTATS

L'étude retrouve 145 accidents concernant 143 patients. Une forte majorité a lieu lors de pratique de plongées loisir (118 versus 26 en plongée professionnelle). La moyenne d'âge des accidentés est de 38 ans (± 11,5) avec 84 % de plongeurs masculins (tableau 1).
La durée moyenne des plongées causales est de 32 minutes (± 15) pour une profondeur de 33 ± 12 mètres (tableau 2).Elle diffère selon le type d'accident présenté (tableau 4).
Sur les dix années étudiées, le CHRU de Brest a traité 6 cas de barotraumatisme pulmonaire et 118 cas d'accident de désaturation (ADD) dont 46 cas (39 %) de type I (cutané, ostéo-arthro-musculaire et mineur) et 72 cas (61 %) de type II (vestibulaire, médullaire et cérébral). Sur les 43 ADD médullaires et cérébraux, 12 ont un score de Boussuges supérieur à 7.
Les 25 accidents restants sont des accidents divers. On y trouve 13 œdèmes pulmonaires (OP) d'immersions traités au CHRU depuis 2000.
Le délai 1 représente le temps entre la sortie d'eau et l'apparition des premiers symptômes. La moyenne est de 57 ± 41minutes.
Pour les patients recomprimés, le délai entre la sortie de l'eau et la recompression, délai 2, est de 6 h 30 (± 6h) si l'on exclut les patients ayant consulté après 24 heures. La recompression en caisson se fait en moyenne 5 heures après l'apparition des premiers symptômes.
En pré-hospitalier, la médicalisation par aspirine et oxygénothérapie normobare est réalisée conjointement dans 88 cas (62 %). A l'hôpital les tables « longues » à 4 ou 5 ATA n'ont été utilisées que 11 fois. 122 plongeurs (84 %) ont eu une récupération complète à la suite du traitement. 17 (11 %) étaient en cours de récupération lors de leur sortie d'hospitalisation. 4 plongeurs (3 %) ont gardé des séquelles de l'accident (tableau 3).

DISCUSSION

Les deux travaux précédents (Polard, 1991 et Grosdoy, 2001) et le nôtre nous permettent d'avoir

Lieu	
Finistère	75
Bretagne	123 (84 %)
Gaz respiratoires	
air	119 (82 %)
nitrox	2
trimix	7
non renseigné	17
Durée (min, m ± SD)	31,6 ± 15
Profondeur (mètres, m ± SD)	32,7 ± 12
Problèmes en cours de plongée	
aucun	70 (48 %)
Profil	
RAS	80 (55 %)
Yo-Yo	29 (20 %)
remontée rapide	25 (17 %)
Autre	11
Moyen de décompression	
Ordinateur	120 (83 %)
Table	23 (15 %)

Tableau 2 : Paramètres de la plongée causale

un recul de 35 ans sur l'activité de l'unité de médecine hyperbare du CHRU de Brest, depuis son ouverture en 1975 à 2009.

Incidence

Le nombre d'accidents par an augmente progressivement ; dans les années 80 nous avions une moyenne de 6 accidents par an et dans les années 2000 une moyenne de 14 accidents par an. Cette tendance n'est pas facile à interpréter en l'absence de connaissance exacte du nombre de plongées par an dans la région. Elle peut être liée à une meilleure connaissance par les plongeurs et leur encadrement des filières de prise en charge en urgence, notamment depuis 2000 avec la systématisation de la réponse aux situations d'urgence par la régulation du SAMU – Centre 15. On peut noter que ce nombre d'accidents reste modeste comparé à d'autres zones de plongée dans le monde et ceci tient essentiellement à des différences dans la formation des plongeurs (Xu et coll. 2012). On peut également évoquer l'évolution de l'offre de soins hyperbares dans la région, qui tend à diminuer au fil des décennies (fermeture du caisson de Lorient en 1995, du caisson militaire de Brest en 2008), orientant davantage de plongeurs vers celui de notre unité.

Population accidentée

Il s'agit en grande majorité de plongées « loisir ». Nous constatons un vieillissement de la population des plongeurs accidentés au cours de la décennie étudiée avec une moyenne d'âge de 38 ans contre 32 ans dans les années 80, avec une augmentation de 31 % dans la catégorie des plus de 50 ans. Dans notre population, seuls 45 % des plongeurs n'avaient pas d'antécédents médicaux particuliers. Le plongeur du XXIe siècle est plus âgé que celui des années 1970, soit parce que c'est notre plongeur des années 1970 qui a continué son activité soit surtout que cette activité « sportive » intéresse une population plus âgée qui peut-être malgré les vicissitudes du vieillissement trouve là une occasion de « faire du sport ». Ceci explique peut-être la fréquence des cas d'œdèmes pulmonaires en plongée. Le tableau 4 montre clairement une différence d'âge entre les victimes d'accident de désaturation grave, de surpression pulmonaire ou d'œdème pulmonaire d'immersion. Cette situation doit amener à ne pas négliger la visite médicale de non contre-indication à la plongée notamment pour les plus âgés qui veulent pratiquer un sport pour « préserver leur santé ». Il est important que l'on s'assure que le bénéfice

Accident	
Barotraumatisme pulmonaire	**6 (4 %)**
ADD	**118 (79 %)**
médullaire	27
cérébral	16
vestibulaire	29
articulaire	23
Cutané	3
mineur	20
Autre*	**25 (17 %)**
OAP	13 (9 %)
Indice de Boussuges > 7	12 (28 %)
Délai 1 (min, m ± SD)**	57 ± 141
Délai 2 (heures, m ± SD)***	6,5 ± 18
Prise d'aspirine	102 (72 %)
Administration d'O2	111 (78 %)
Prise d'O2 et d'aspirine	88 (62 %)
Pression de la table OHB initiale	
2,5 ATA	25
2,8 A ATA	65
2,8 B ATA	17
4 ATA	8
5/6 ATA	3
Evolution****	
récupération totale	122 (84 %)
récupération partielle	17 (11 %)
séquelles	4
Décès	2

** les accidents « autres » regroupent les OP, un problème de recycleur, une crise comitiale, un coma, un malaise, une pneumopathie, de la spasmophilie.*
*** délai entre la sortie de l'eau et l'apparition des premiers symptômes.*
**** délai entre la sortie de l'eau et le traitement hyperbare*
*****évolution*

- *récupération totale : le plongeur est asymptomatique au moment de la sortie de l'hôpital*
- *récupération partielle : le patient sort de l'hôpital sans IPP*
- *séquelles : le patient présente un taux d'IPP à sa sortie de l'hôpital*

Tableau 3 : Éléments d'ordre médical

qu'en tirerait la personne reste supérieur au risque qu'elle encourt en plongée, notamment de décès.

Plongée causale

La profondeur moyenne pour laquelle survient l'accident est de 33 mètres pour une durée de 32 minutes, chiffre stable dans les différents travaux publiés sur les accidents dans notre région. Cette stabilité peut s'expliquer par les conditions de plongée spécifiques de la Bretagne avec relativement peu de profondeur, une eau froide, de forts courants et un marnage important.

Ce couple durée-profondeur varie selon le type d'accident (tableau 4) : il est moins important pour les problèmes de surpressions pulmonaires ou d'œdème pulmonaire d'immersion. Plus intéressant à noter, la profondeur moyenne est de 36 mètres pour 31 minutes de plongée pour les accidents de décompression graves, ce qui rejoint

les chiffres publiés dans d'autres études (Blatteau et coll. 2011).

	ADD grave	surpression pulmonaire	OP d'immersion
Nombre	12	6	13
Age	38 (19-54)	29 (15-47)	51 (37-65)
Antécédent			
oui/non	6 (50 %) / 6 (50 %)	3 (50 %) / 3 (50 %)	11 (85 %) / 2 (15 %)
Durée (min, m ± SD)	30,7 ± 9,8	20 ± 14	21 ± 7,5
Profondeur (mètres, m ± SD)	36,7 ± 10,2	16 ± 6,9	25 ± 7,5
Délai 1 (min, m ± SD)*	2,9 ± 8,6	0,8 ± 2	0
Délai 2 (heures, m ± SD)**	4,8 ± 3,1	3,3 ± 06	6,5 ± 2,3
OHB			
2,5 / 2,8 A / 2,8 B ATA	4	2	4
4 / 5 / 6 ATA	7	2	0
Evolution			
récupération totale	2 (17 %)	4 (66 %)	11 (85 %)
récupération partielle	7 (58 %)	2	/
séquelles	3 (25 %)	/	/
Décès	/	/	1

**délai entre la sortie de l'eau et l'apparition des premiers symptômes.*
***délai entre la sortie de l'eau et le traitement hyperbare*

Tableau 4 : Données comparatives entre les ADD graves, les surpressions pulmonaires et les OP d'immersion

Dans la majorité des accidents (55 %) nous ne relevons pas de problème ou erreurs de procédure au cours de la plongée.

Absents des études épidémiologiques des décennies précédentes, nous observons dans notre travail des accidents avec utilisation de mélanges gazeux, autre que l'air. Nous avons relevé 9 plongées réalisées soit au nitrox soit au trimix. Il conviendra de surveiller l'apparition ou l'augmentation d'accidents de plongée plus spécifiques à l'utilisation de ces mélanges, accidents autrefois rencontrés uniquement en plongée professionnelle.

Une autre évolution a eu lieu durant la décennie passée, celle de l'utilisation très majoritaire des ordinateurs de plongée (85 %).

Accidents présentés

Cette dernière décennie fut celle de la reconnaissance des œdèmes pulmonaires d'immersion. Auparavant ce syndrome respiratoire survenant après plongée de faible ou moyenne profondeur était mal diagnostiqué et classé le plus souvent comme surpression pulmonaire. Depuis 2002, grâce à l'interrogatoire et le recours aisé à la TDM thoracique, ce syndrome a été mieux individualisé. 13 cas ont été recensés sur Brest, dépassant le nombre de surpressions pulmonaires (Henckes et coll. 2008). Les plongeurs plus âgés, présentant une HTA, soumis au stress ou à l'effort, seraient plus susceptibles d'en être victimes (Cochard et coll. 2005). Les données du tableau 4 vont dans ce sens montrant que, comparés aux autres accidents de plongée, les œdèmes pulmonaires d'immersion concernent une population plus âgée, en moins bonne forme physique. Cet accident peut être mortel même si l'imputabilité d'un décès à l'œdème pulmonaire d'immersion (nous avons retenu un cas dans notre série) est difficile ; sa gravité réside cependant bien dans le risque de décès en cas de récidive qui est fréquente (Cochard et coll. 2013 et Cordier et coll. 2011).

Concernant les 118 ADD relevés, il y a 46 cas de type I et 72 cas de type II avec 43 cas d'ADD neurologiques. Par rapport aux années 90, les accidents de type I et les ADD neurologiques restent stables. Par contre, les ADD vestibulaires sont en nette augmentation passant de 9 cas dans la

décennie 1990-2000 à 29 dans notre étude. Cette constatation est partagée par d'autres équipes (Gempp et Louge 2012). Ces accidents représentent entre 25 à 30 % des ADD alors qu'ils n'étaient encore qu'à 10 %, il y a 15 ans (Shupak 2003). Il n'y a pas d'explication actuellement à cette augmentation de fréquence de ce type de d'accident en plongée à l'air ; est évoquée l'évolution des profils de plongée et de décompression permise par l'usage de l'ordinateur de plongée.

L'incidence des ADD neurologiques graves, ayant un indice de Boussuges supérieur à 7, reste stable au fil des années ; 12 pour 43 ADD neurologiques dans les années 2000-2009 contre 11 pour 44 ADD neurologiques sur la période 90-99. Ce sont majoritairement des accidents médullaires. Dans l'étude de Blatteau visant à définir les facteurs pronostiques des ADD médullaire (Blatteau and coll. 2011), 72 cas (26 %) sur 279 plongeurs inclus ont une récupération incomplète à 1 mois et un score de Boussuges supérieur à 7 y ressort comme un facteur de mauvais pronostic. Le tableau 4 montre que la plongée causale de ces accidents neurologiques graves n'a souvent pas présenté (58 %) de problème ni d'erreur de procédure particuliers. Cela pose le problème de la prévention de ces accidents (Blatteau 1999) ; se pose aussi pour ces accidents le problème de l'optimisation de leurs traitements puisque des séquelles sont malheureusement souvent présentes.

Le diagnostic de surpression pulmonaire n'est posé que 6 fois dans notre dernière décennie bien moins que dans les décennies antérieures mais ceci tient à notre avis à des erreurs de diagnostic aux dépens des OP d'immersion. Le diagnostic est pourtant capital, la prévention de la récidive étant de nature tout à fait différente. Le tableau 4 confirme que le risque est maximal à faible profondeur où les variations de pression sont les plus importantes. Nos données correspondent à celle de la littérature car ce type d'accidents concerne essentiellement de jeunes plongeurs néophytes ou lors des remontées d'urgence (Lafere et coll. 2009).

Délais de prise en charge

Sur l'ensemble des accidents, le délai moyen entre la sortie de l'eau et l'apparition des premiers symptômes est de 57 minutes. En se rapportant au tableau 4, il est remarqué que les ADD graves ont une manifestation clinique précoce avec des symptômes apparaissant dès 3 minutes en moyenne.

Dans notre étude, le délai de recompression est en moyenne de 6 h 30 soit 5 h 30 après les premiers symptômes avec 50 % des accidentés recomprimés en moins de 6 heures. Depuis sa création, la prise en charge à l'unité de médecine hyperbare a gagné en rapidité ; elle reste néanmoins limitée par la provenance parfois lointaine des plongeurs du fait de l'étendue régionale du secteur d'activité de l'unité et par la disponibilité du vecteur héliporté. Les différents auteurs (Blanc et Boussuges 1994) s'accordent sur le fait que la rapidité du traitement est une donnée importante pour le devenir. Récemment certains auteurs (Louge et coll. 2010 et Gempp et Blatteau 2010) « relativisent l'importance du facteur temps car la perte de chance ne semble pas significative lorsque le délai avant le traitement hyperbare est compris entre 3 et 6 heures». Ceci est discuté et pour beaucoup, l'objectif de recompression reste de moins de trois heures car « les délais de traitement les plus courts sont en général corrélés à une évolution favorable » (Barthelemy et Coulange 2010).

Traitement

Concernant le traitement pré-hospitalier, l'oxygène normobare n'était utilisé que dans 22 % des cas dans les années 90 alors que l'administration d'oxygène normobare est le traitement de première intention de l'accident de plongée, avec la réhydratation (2e conférence de consensus 1996 et Barthelemy et Coulange 2010). Au cours de notre étude (2000-09), l'oxygène normobare est correctement utilisé dans 76 % des cas. Cela montre une nette amélioration et une meilleure sensibilisation des premiers secours aux accidents de plongée. Mais l'effort de formation doit être maintenu et perfectionné car l'association oxygène normobare et aspirine, qui est la recommandation actuelle en pré-hospitalier, n'est réalisée correctement que dans 62 % des cas.

Durant la décennie étudiée, l'utilisation des tables de recompression dites longues (4 à 5 ATA) diminue au profit des tables dites courtes (2,8 ATA), issues de la pratique anglo-saxonne (Vann et coll. 2010) bien différente des tables longues et profondes utilisées en Chine, Russie ou Tahiti (Smerz et coll. 2005 et Liu et coll. 2013). Plusieurs

auteurs avancent que pour les ADD dits « non graves » (indice de Boussuges inférieur à 7) les tables courtes suffisent (Gempp et Blatteau 2010). C'est important à reconnaître puisque ces tables plus économes en temps et personnel sont plus faciles à mettre en œuvre notamment en dehors des heures ouvrables avec une équipe restreinte de garde. Pour les ADD graves et donc à risque de séquelles, la meilleure table à utiliser reste toujours l'objet de discussions. Il faut probablement explorer la piste des tables longues ou profondes, peut-être différées dans le temps, l'usage de mélanges autres comme l'héliox et l'amélioration des traitements médicamenteux.

Gravité et évolution

Malgré une utilisation moindre des tables dites longues, l'évolution des plongeurs reste stable depuis une vingtaine d'années avec dans notre étude, 83 % de guérisons complètes et 11 % de récupérations partielles et respectivement, 89 % et 8 % dans les années 90. Nous retrouvons 3 % de patients séquellaires soit 4 accidentés. Sur ces 4 patients, 3 ont été victimes d'un ADD médullaire grave. Sur les 12 accidents neurologiques graves, on retrouve 3 (25 %) séquellaires et 7 (58 %) récupérations partielles. Pour les ADD neurologiques, deux catégories se distinguent : ceux ayant un score de Boussuges inférieur à 7 n'ont pas de séquelles, quelle que soit la table de recompression utilisée, et ceux ayant un score supérieur à 7 qui présentent des séquelles dans plus de 50 % des cas. Ici aussi nous constatons, comme dans la décennie 1990-2000 (Cochard and coll. 2003), que les accidents sévères restent minoritaires par rapport aux accidents plus légers. C'est sur cette minorité que doivent porter les études futures car elle reste à l'origine de la majorité des séquelles.

A noter également la présence de deux décès durant la décennie étudiée. Ce faible chiffre de cas mortels fait ressortir que globalement les pathologies spécifiques en rapport avec la plongée restent « bénignes ». Mais il est important de rappeler que ces données se situent dans un cadre hospitalier, il y a aussi les décès en plongée qui n'arrivent pas jusqu'à l'hôpital. B. Nancy retrouve qu'en Bretagne, il y a une moyenne de 4 décès en plongée par an (Nancy 2008).

CONCLUSION

Notre étude rétrospective met en évidence une incidence certes modeste mais en augmentation des accidents spécifiques de plongée, notamment pour les accidents de désaturation. On a un nombre moindre de surpressions pulmonaires probablement du fait d'une meilleure reconnaissance parmi les accidents respiratoires du plongeur des accidents d'OP en immersion. La population de plongeurs accidentés est plus âgée par rapport à celle des décennies antérieures et celle d'autres pays tels que la Chine, sans doute du fait d'une tendance sociétale occidentale à faire du sport à un âge plus avancé, une forte majorité des accidentés étant des plongeurs de loisir. Ceci expliquerait aussi peut-être le nombre important de cas d'OP d'immersion même si actuellement aucune étude n'a permis de mettre solidement en évidence un lien entre âge et OP d'immersion. Ceci milite néanmoins pour le maintien ou le renforcement de la visite de non contre-indication des plongeurs « loisirs » par des médecins au fait des contraintes spécifiques de l'activité.

En ce qui concerne les accidents de désaturation plusieurs éléments peuvent être soulignés. Ils surviennent dans plus de la moitié des cas sans faute de procédure ou incident évidents. La plongée causale reste stable dans ses paramètres (30 m 30 min). Le délai de recompression dans notre région reste en moyenne de 6 heures mais il est difficile de retenir l'imputabilité de ce délai dans les séquelles qui peuvent persister après traitement. Les séquelles sont à redouter en cas de signes neurologiques si le score de Boussuges est supérieur à 7. La fréquence de ces accidents graves reste heureusement faible (1 à 2 cas par an) ce qui rend difficile pour un seul centre de réaliser des études d'évaluation des traitements proposés. Ceci est vrai pour l'utilisation des tables de recompression, longues ou courtes. Une tendance semble se faire dans notre centre vers l'utilisation plus fréquente de tables courtes sans que l'évolution globale des plongeurs ne soit modifiée et ceci conforte cette idée qu'une table courte suffit aux accidents à indice de gravité faible. Cette décennie retrouve également une augmentation du nombre d'accidents de désaturation de l'oreille interne à l'instar d'autres équipes.

Finalement cette étude confirme que globalement,

le plongeur a relativement peu souvent des séquelles suite à un accident de plongée sous-marine et celles-ci surviennent essentiellement après un accident neurologique médullaire. Contre balançant ce point optimiste, des décès brutaux, non traumatiques, liés au plongeur lui-même surviennent en plongée ; ils mériteraient plus d'attention. Masquée souvent dans un tableau de « noyade » finale, la cause véritable de ces décès est exceptionnellement un accident de désaturation, parfois une surpression pulmonaire, mais le plus souvent elle est d'origine cardio-respiratoire au sens large incluant l'OP d'immersion (Cochard et coll. 2005 et 2013).

REFERENCES

2eme conférence européenne de consensus sur les traitements des accidents de décompressions de la plongée de loisirs. Marseille 9-11 mai 1996

Barthelemy A, Coulange M. Prise en charge et évacuation des accidents de plongée en scaphandre autonome en situation d'isolement. Urgences Pratiques 2010, 101 : 15-19.

Blanc P, Boussuges A. Accident neurologique de décompression : importance du délai de prise en charge médicalisée initiale et de la thérapeutique hyperbare. Urgences 1994, 4 : 177-180

Blatteau JE. Détection des shunts droit-gauche par échodoppler carotidien : étude versus échographie transoesophagienne, à propos de 200 patients. Bull Medsubhyp 1999, 9 : 97-103

Blatteau JE, Gempp E, Simon O, Coulange M, Delafosse B, Souday V, Cochard G, Arvieux J, Henckes A, Lafere P, Germonpre P, Lapoussiere JM, Hugon M, Constantin P, Barthelemy A. Prognostic factors of spinal cord decompression sickness in recreational diving: retrospective and multicentric analysis of 279 cases. Neurocrit Care 2011, 15(1): 120-127

Boussuges A, Thirion X, Blanc P, Molenat F, Sainty JM. Neurologic decompression illness: a gravity score. Undersea Hyperb Med 1996, 23 : 151-155

Cochard G, Grodoy C, Jouineau L, Madouas G, Lacour J-M, Mongredien H, Arvieux C. Intéret de l'utilisation d'un score de gravité pour l'évaluation des traitements des accidents aéroemboliques de plongée. Réflexions à partir d'une étude rétrospective des accidents reçus au CHU de Brest entre 1990 et 2000. Bull Medsubhyp 2003 , 13 : 87-95.

Cochard G, Arvieux J, Lacour JM, Madouas G, Mongredien H, Arvieux CC. Pulmonary edema in scuba divers : recurrence and fatal outcome. Undersea Hyperb Med 2005; 32: 39-44.

Cochard G, Henckes A, Deslandes S, Noël-Savina E, Bedossa M, Gladu G, Ozier Y. Swimming-induced immersion pulmonary edema while snorkeling can be rapidly life-threatening: case reports. Undersea Hyperb Med. 2013 Sep Oct;40(5):411-416

Cordier PY, Coulange M, Polycarpe A, Puidupin A, Peytel E. Immersion pulmonary oedema: a rare cause of life-threatening diving accident. Ann Fr Anesth Reanim. 2011, 30(9):699

Daubresse L. Etude épidémiologique rétrospective des accidents de plongée sous-marine autonome pris en charge au centre hyperbare du CHU de Brest de 2000 à 2009. Thèse médecine 2012

Gempp E, Blatteau JE. Risk factors and treatment outcome in scuba divers with spinal cord decompression sickness. Journal of Critical Care 2010, 25 : 236-242

Gempp E, Louge P. Inner ear decompression sickness in scuba divers: a review of 115 cases. Eur Arch Otorhinolaryngol 2012

Grosdoy C. Bilan d'une décennie (1990-2000) de traitement hospitalier des accidents de décompression et de surpression pulmonaire de la plongée sous-marine dans l'unité de soins hyperbares du CHRU de Brest. Thèse Médecine 2001

Henckes A, Lion F, Cochard G, Arvieux J, Arvieux C. L'œdème pulmonaire en plongée sous-marine autonome : fréquence et gravité à propos d'une série de 19 cas.Ann Fr Anesth Réanim 2008, 27 :: 694-699.

Lafere P, Germonpré P, Balestra C. Pulmonary barotrauma in divers during emergency free ascent training: review of 124 cases. Aviat Space Environ Med 2009; 80 : 371-375.

Liu WW, wang D., Chen H, Liu K, Sun XJ, Tao HY. Current status of decompression illmess in china: analysis of studies from 2001-2011. Undersea Hyper Med 2013, 40 (1): 41-48.

Louge P, Gempp E, Constantin P, Hugon M. Prise en charge des accidents de décompression médullaire en plongée sous-marine : actualités en 2010. Presse Med 2010, 39 : 778-785.

Nancy B. Décès en plongée scaphandre autonome. DIU Médecine hyperbare 2008

Polard M. Traitement hospitalier des accidents de décompression et des accidents aéroemboliques par barotraumatisme pulmonaire de la plongée sous-marine. Thèse Médecine 1991

Shupak A, Gil A, Nachum Z, Miller S, Gordon SR, Tal D. Inner ear decompression sickness and inner ear barotrauma in recreational divers: a long-term follow-up. Laryngoscope. 2003, 113(12): 2141-2147.

Smerz RW, Overlock RK, Nakayama H. Hawaiian deep treatments: efficacy and outcomes, 1983-2003. Undersea Hyperb Med. 2005, 32(5): 363-373

Xu W., Liu W., Huang G., Zou Z., Cai Z., Xu Z. Decompression Illness: Clinical Aspects of 5278 Consecutive Cases Treated in a Single Hyperbaric Unit. Plos one 2012, 17(11) e50079

R.Vann, F. Butler, S. Mitchell, R. Moon. Decompression illness. *Lancet* 2010, 377 ; 153-164.

RESUME

Etude épidémiologique rétrospective des accidents de plongée sous-marine autonome pris en charge au centre hyperbare du CHU de Brest de 2000 à 2009. L Daubresse, A Henckes, L Souquière, G Cochard. Bull. Medsubhyp 2014, 24 (2) : 47 – 56.

Nous proposons une étude descriptive rétrospective des accidents de plongée en bouteille symptomatiques pris en charge par l'unité de soins hyperbares du CHU de Brest de l'année 2000 à 2009. L'objectif de notre travail est de mettre en évidence les évolutions des pratiques en plongée et de la prise en charge des accidents dans cette unité. Pour cela, les critères étudiés étaient les paramètres individuels du plongeur, ceux de la plongée causale et la prise en charge médicale.

145 accidents ont été recensés avec 118 cas d'accidents de décompression dont 12 accidents neurologiques graves (score de Boussuges > 7), 6 surpressions pulmonaires et 25 autres accidents de plongée dont 13 cas d'œdèmes pulmonaires d'immersion.

L'étude met en évidence un vieillissement de la population de plongeur ainsi qu'une meilleure individualisation des œdèmes pulmonaires d'immersion. On constate que l'évolution des pratiques thérapeutiques va vers une utilisation plus fréquente des tables de recompression dites courtes. Pour les accidents neurologiques à indice de gravité faible, ces tables se sont révélées efficaces pour le patient. Toute la question reste pour le traitement des accidents de décompression neurologiques graves car ils restent responsables de la majorité des séquelles post-accidents. Il est nécessaire de réaliser des études d'évaluation multicentriques des traitements proposés pour pouvoir progresser sur la prise en charge de ces accidents graves, heureusement rares, en vue d'en diminuer les séquelles.

LA DECOUVERTE DE LA MALADIE DES PETITES VOIES RESPIRATOIRES LORS DE LA VISITE REVISIONNELLE DE PLONGEE : QUELLE ATTITUDE ?

G. KAROUI[1], A.M. SAKHRI[2], H. SOUISSI[1], H. DJEMAIEL[3], H. ASKRI[3], T. KHELIFI[3], N. GUERMAZI[3]. [1]Centre Médical de Plongée Sous-Marine, Base Navale principale de Bizerte, La Pêcherie Bizerte, (Tunisie). [1]Service pneumologie, Hôpital Militaire de Bizerte. [3]Centre d'Expertise de Médecine Aéronautique (Tunisie).

ABSTRACT

Detection of the Disease of the Small Air-Ways (DSAW) during the periodic diving medical fitness: what attitude? G Karoui, AM Sakhri, H Souissi, H Djmaiel, H Askri, T Khelifi, N Guermezi. Bull. Medsubhyp 2014, 24 (2); 57 – 60. The discovery of DSAW during the revisionary aptitude which is confirmed by a spirometry exam generates a serious problem to decide whether the diver should stop or keep go on the diving activities.

The study took the form of retrospective medical record review, carried out over a period of two years and included 124 periodic medical exams related to military divers. In this work, DSAW is retained when the expiratory flow terminal respiratory decrease observed after subsequent controls. Therefore an additional exploration is requested.

The DSAW was retained in 25 divers; only five cases were declared permanently unsuitable for diving activities due to the organic nature of injuries or association with another disease. The search for MPVR among professional divers during the periodic medical fitness is medically justified. The positive diagnosis must lead to a well-considered decision with regard to the continuance of future underwater activities.

INTRODUCTION

La dénomination « petites voies aériennes » ou « voies aériennes périphériques» désigne les bronchioles. La maladie des petites voies respiratoire (MPVR) regroupe des affections ayant en commun une atteinte inflammatoire diffuse non spécifique, portant principalement sur les voies aériennes périphériques. Les conséquences physiopathologiques de ces atteintes peuvent être majeurs (Chinet 2001).

La découverte de la maladie des petites voies respiratoires en dehors de toute symptomatologie clinique lors de la visite révisionnelle périodique d'aptitude, documenté par une exploration fonctionnelle respiratoire (EFR) chez des plongeurs actifs au cours de leurs carrières, crée un véritable problème décisionnel quant à leurs aptitudes médicales en relation avec les valeurs limites à considère.

Cette découverte sera déterminante pour la décision de la poursuite de son activité de plongée en milieu militaire par conséquence celui de leur reclassement et leurs avenir professionnel.

MATERIEL ET METHODES

Il s'agit d'une étude rétrospective, analytique qui a été réalisée sur une période de deux ans s'étalant de janvier 2012 à décembre 2013. Cette étude a revu les dossiers de 124 visites révisionnelles périodiques de plongeurs militaires. Tous les plongeurs sont de sexe masculin, sont des plongeurs actifs. Les visites révisionnelles annule sont effectuées au Centre d'Expertise de Médecine Aéronautique (CEMEDA).

Dans ce travail, nous avons repris les critères de sélection déjà adoptés au CEMEDA. Ce protocole a consisté au dépistage de la maladie des petites voies respiratoires par la pratique systématique de l'EFR dans le cadre des visites révisionnelles d'aptitudes chez les plongeurs de l'armée. D'après ce protocole la MPVR est fortement suspectée devant des chiffres de : débit expiratoire médian 25-75% (DEM 25-75%), débit expiratoire maximum (DEMax50% et DEMax75%) tous inferieurs à 70 litres/min pris sur des contrôles spiromètriques successives.

Devant la persistance des signes sur des rendez-vous espacés et la suspicion d'une organicité des lésions, le plongeur sera adressé dans un service spécialisé pour une recherche étiologique et un complément d'exploration. Il bénéficiera surtout d'un test de provocation bronchique et/ou un test aux bronchodilatateurs voire même un examen

TDM tomodensitométrie thoracique avec ou sans injection de produit de contraste et parfois même une scintigraphie de ventilation/ perfusion.

RESULTAS

Sur la période de 24 mois, 124 visites du type révisionnel ont été réalisé pour les plongeurs opérationnels de l'armée tunisienne. Au décours de ces visites, 25 plongeurs ont présenté des chiffres de spiromètrie : DEM 25-75%, DEMax50% et DEMax75%, inferieurs à 70 l/min. Ces plongeurs sont jeunes avec un âge moyen de 29,13 ans (écart type 3,29). Leurs BMI moyen est de 23,86 kg/m² (écart type 3,20). Dans leurs habitudes, le tabac est retrouvé dans 44% des cas. Le reste de la visite est sans particularité. Ces plongeurs étaient tous aptes à la plongée antérieurement.

Les valeurs moyennes des résultats obtenus sont les suivantes :

- DEM 25-75 : 66.04 l/min (écart type 6,39).
- DEMax 50% : 64,60 l/min (écart type 5,80).
- DEMax 75% : 55,91 l/min (écart type 8,46).

Suite à ces résultats des contrôles successifs ont été pratiqués montrant une normalisation des chiffres spirométriques dans 17 cas soit sous traitement ou par simple conseil hygiéno-diététique. Ces plongeurs ont été remis à la plongée.

En revanche, les chiffres de l'EFR ont persisté en deçà des standards chez 08 plongeurs qui ont nécessité une exploration supplémentaire dans le but d'objectiver une organicité. Ces explorations pratiquées dans un service spécialisé de pneumologie peuvent comprendre un scanner thoracique, des tests aux broncho-dilatateurs et des

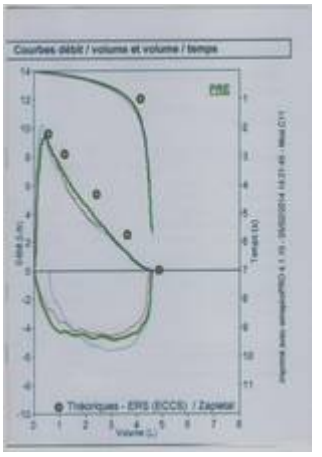


Figure 1 : Courbe débit volume montrant le syndrome sub-obstructif.

testes de provocation à la méta-choline. Au terme de ces explorations, les résultats étaient comme suit :

Dans 03 cas la MPVR était fonctionnelle et les plongeurs ont alors été remis apte à la plongé. Pour les 05 cas restants, des atteintes organiques ont été mises en évidence chez 03 plongeurs, l'inaptitude définitive leurs a été prononcée. Dans 02 cas la persistance des chiffres bas de l'EFR associée à un âge avancé nous a fait prendre la même décision d'inaptitude définitive, l'organicité étant fortement suspectée (Tableau I).

DISCUSSION

Les petites voies aériennes ou voies aériennes périphériques désignent les bronchioles. Elles se distinguent histologiquement des bronches par la

	Age (ans)	BMI (Kg/m²)	DEM 75-25%	DEMax 50%	DEMax 75%	Autres examens
Plongeur MS	38	23,17	59	58	43	RAS[1]
Plongeur GJ	39	22,3	71	65	61	RAS[1]
Plongeur AS	30	25,95	58	63	55	Asthme[2]
Plongeur AM	34	23,04	64	67	58	Bronchectasie lobe supérieur droite[2]
Plongeur MS	34	28,47	63	59	71	Emphysème/blebs[2]

Tableau I : Résultats de l'EFR des plongeurs mis inapte définitive

[1]: mis inapte définitivement devant l'âge avancé et la persistance des chiffres bas de l'EFR d'où une forte suspicion d'une organicité.

[2]: Outre la MPVR ces plongeurs ont présenté une autre pathologie

présence de cellule de Clara et par l'absence de la trame cartilagineuse, de glandes sous-muqueuses et habituellement de cellules à mucus. Les termes de « bronchiolite » et « bronchiolite oblitérante » regroupent des affections ayant en commun une atteinte inflammatoire non spécifique, portant essentiellement, de façon diffuse, sur les voies aériennes périphériques. Ce groupe de maladie inclut les bronchiolites aiguës, les bronchiolites oblitérantes et la dysplasie broncho-pulmonaire. L'inflammation des petites voies aériennes souvent observée chez les fumeurs pourrait s'ajoutée à ce groupe (Chinet 2001)

Le rétrécissement du calibre des petites voies aériennes par un processus de fibrose sous-muqueuse et péribronchiolaire est souvent définitif. Il serait la cause d'un piégeage d'air en aval pouvant être responsable de surpression et de déchirures au niveau des sacs alvéolaires entrainant des accidents plus au moins graves, allant de la simple distension thoracique jusqu'à l'embolie gazeuse souvent de mauvais pronostique, ceci lors des variations pression-volume, au cours de la remontée chez les plongeurs, d'où la recherche d'une pathologie obstructive obligatoire pour toute visite de plongée d'autant plus que les études de Weaver et coll. (2009), en Norvège, annoncent une prévalence de 12% de syndrome obstructif des voies respiratoires chez une population de 8365 plongeurs de loisir. Bien que ce chiffre soit pris sur une population non professionnel, il montre l'importance capitale de s'arrêter avant tout syndrome obstructif.

Après une visite médicale initiale sélective, tous les plongeurs militaires subissent annuellement une visite révisionnelle périodique au centre d'expertise de médecine aéronautique (CEMEDA) dont le but est de dépister une contre indication à la plongée d'apparition tardive. L'EFR fait partie de la batterie d'exploration effectuée au cours de ces visites.

Wilson (2010), en Australie a conclu que 25% évoluant dans la plongée professionnels civils ont eu des modifications spiromètriques intéressant les petites voies respiratoires au cours de leur vie professionnelle.

La découverte de la MPVA met-elle effectivement la sécurité du plongeur en jeu ? C'est là toute la question ; cela, sachant que ces lésions pré-obstructive asymptomatique sont plutôt prédictives d'une éventuelle évolution patente où la décision d'inaptitude à la plongée n'est plus discutable. L'aptitude délivré par le centre d'expertise CEMEDA devrait donner une certaine garantie confortable au plongeur et dégager la responsabilité médico-légale de l'administration durant la période certifiée. La MPVA ne remplie pas ces conditions selon cette étude.

CONCLUSION

Nous estimons que la recherche systématique de la MPVR chez les plongeurs militaires au cours de leur parcourt professionnel, dans le cadre des visites révisionnelles périodiques est assez justifiée. Elle permettrait de prévenir la survenue d'accident barotraumatique pulmonaire ou d'embolie gazeuse. Pour y arriver la spirométrie reste le moyen de choix mais il devra être répété à distance pour confirmer les résultats et il faut apprécier la composante organique de ce syndrome obstructif qui devrait conduire à une prise de décision prudente.

REFERENCES

Bares C, Canavy E, Montmayeur A, Franchini P, Saget P, Le Page P. Suivi de l'entraînement physique d'un cours d'élèves de nageurs de combat et de plongeurs-démineurs à l'école de plongée de la Marine Nationale. Méd Armées.1989 ; 17 : 383-389.

Chinet T. Maladie des petites voies aérienne, in : Huchon G. Pneumologie; Masson, Paris. .2001, p126-128

Weaver LK, Churchill SK, Hegeweald MJ, Jensen RL, Carpo RO; Prevalence of airway obstructional SCUBA dive. Wilderness Environ Med. 2009, 20 (2) : 125-128.

Wilson A. Prevalence and characteristics of lung function changes in recreational scuba divers. Prim Care and Respir J. 2010, 1 : 59-63

RESUME

La découverte de la maladie des petites voies respiratoires lors de la visite révisionnelle de plongée : Quelle attitude? G Karoui, AM Sakhri, H Souissi, H Djmaiel, H Askri, T Khelifi, N Guermezi. Bull. Medsubhyp 2014, 24 (2) : 57 - 60.

La découverte de la maladie des petites voies respiratoires (MPVR) lors de la visite révisionnelle d'aptitude et documenté par une

EFR, crée un véritable problème décisionnel quant à la poursuite de cette activité.
Il s'agit d'une étude rétrospective réalisée sur une période de deux ans. Elle a porté sur 124 dossiers de visites révisionnelles de plongeurs militaires. Dans ce travail, la MPVR est retenue devant des chiffres du débit expiratoire des voies respiratoires terminales abaissés pris sur des contrôles successifs, un complément d'exploration est alors demandé.
La MPVR était retenu chez 25 plongeurs, seul cinq cas étaient mis inaptes définitivement à cause de l'organicité des lésions ou de l'association à une autre pathologie. La recherche de la MPVR chez les plongeurs professionnels dans le cadre des visites périodiques d'aptitude est médicalement justifiée. Le diagnostique positif doit conduire à une décision bien réfléchie quant à la poursuite de son activité subaquatique.

Docteur Ghazi KAROUI, Centre Médical de Plongée Sous-Marine, Base Navale principale de Bizerte, La Pêcherie – 7011, Bizerte Tunisie.
E – mail : ghazi_karoui@hotmaim.fr

APTITUDE MEDICALE AUX INTERVENTIONS EN MILIEU HYPERBARE : QUEL BILAN PARACLINIQUE ? LE POINT DE VUE DE L'ORL.

R. MELLER. Service ORL, CHU Nord, 13015 Marseille (France).

Medical fitness to hyperbaric environment: ORL point of view. R Meller. Bull. Medsubhyp 2014, 24 (2) : 61 – 62.
The role of ORL medical doctor in medical fitness to professional diving is important since the hyperbaric pressure has several consequences in ORL pathology. Indeed ORL structures are submitted to a double constraint during diving: contact with water and changes of pressure. If necessary, the medical doctor is free to use complementary investigations. He has to research the investigation in relationship to the problem. The aim of this paper is to establish the decisional basis than the principle results that could be obtained from these complementary ORL tests.

LES BASES DE DECISIONS

Pour chaque individu, il faudra tenir compte des éléments suivants:

Les contre-indications

Il s'agit des risques vitaux ou fonctionnels irréversibles que l'individu encourt. Elles sont **essentiellement otologiques** :

Audiométriques en terme de baisse de l'audition : la cophose unilatérale et le déficit bilatéral auditif à évaluer

Une cophose unilatérale est une situation ou l'on évite tout risque (dont le risque hyperbare) sur une oreille unique qu'il faut absolument préserver.

Un déficit bilatéral auditif doit aussi être évalué en fonction de la gêne auditive (intérêt de l'audiométrie vocale) de l'évolutivité (l'intérêt des audiogrammes répétés dans le temps) et de l'exposition éventuelle au bruit dans le poste. Lorsqu'une une baisse auditive survient en cours de carrière il faudra ajuster sa réponse selon la situation.

Tubotympaniques en relation avec les dysperméabilités tubaires qui restent des contre-indications absolues en regard des risques de barotraumatismes de l'oreille.

Vestibulaires en raison avec des risques liés à un déficit vestibulaire non compensé. Il s'agit là de situation aigues bien particulières qu'il convient de considérer au cas par cas.

Il existe ensuite **certaines pathologies otologiques**, qui restent des contre indications à la plongée: otospongioses opérées et les fistules périlymphatiques. Certaines doivent faire l'objet d'une évaluation au cas par cas en fonction de l'atteinte notamment les otites chroniques opérées ou non (risques infectieux, risques de auditifs et des risques de barotraumatisme) ou les fractures du rocher.

Au niveau des **sinus**, il faudra savoir dépister toutes les atteintes pouvant entrainer un barotraumatisme des sinus. Certaines situations comme la polypose nasale ou les sinusites chroniques doivent être évaluées individuellement.

Au niveau du **larynx**, le laryngocèle ou la trachéostomie sont des contre indications absolues.

L'individu

C'est à dire de son histoire et de sa situation clinique actuelle et en devenir.

Il faudra s'attacher à effectuer un interrogatoire adapté insistant sur:

La consommation de tabac (car elle accroit fortement les risques de pathologie ORL dysbarique), les antécédents ORL, l'existence de signes fonctionnels ORL (Otologiques, Rhinosinusiens et Laryngés)

L'examen clinique devra comprendre une otoscopie durant une manœuvre de Valsalva -à la recherche d'une mobilité tympanique-, une acoumétrie, un examen vestibulaire simple et un examen de la cavité buccale, du pharynx et des fosses nasales.

Ses conditions de travail (son poste)

Le moment où l'on pratique l'examen
C'est à dire s'il s'agit d'un bilan initial ou d'un maintient à un poste

LES EXAMENS COMPLEMENTAIRES DE PRATIQUE COURANTE EN ORL

L'audiométrie
Indispensable initialement comme référence, il faut savoir la **renouveler** en fonction des risques (exposition au bruit) et des antécédents. De manière schématique, en l'absence d'antécédents et d'exposition au bruit, une fois tous les 2-3 ans. Sinon elle sera plus fréquente.
Il faudra savoir corréler les résultats aux signes fonctionnels (gêne auditive, acouphènes)
auditive à l'aide d'une audiométrie vocale.

En cas d'audiométrie montrant un déficit approchant 25-30 dB, on appréciera plus la gêne.

La tympanometrie
Elle est d'intérêt discuté en visite initiale, car il se peut qu'il y ait des faux négatifs, c'est-à-dire des problèmes d'obstruction tubaire à tympanométrie normale. Elle peut éventuellement étayer des doutes mais elle ne remplace pas un bon interrogatoire avec une otoscopie lors d'une manœuvre de Valsalva.

Les autres examens
La **Vidéonystagmographie** n'a pas d'intérêt en visite systématique, car là encore la clinique prime
La **fibroscopie nasopharyngée** et le **scanner des sinus** sont utile pour aller plus loin dans l'exploration de tout symptôme nasosinusien (obstruction nasale, rhinorrhée, hyposmie ou anosmie, épistaxis et céphalées) et au moindre doute. Les **radiographies des sinus** apparaissent inutiles de façon systématiques.
De même un **Panorex** systématique ne semble pas indiqué. On préférera, pour éviter les atteintes dentaires d'origine barotraumatiques, avoir recours à une **consultation d'odontologie initiale** et **répétée** régulièrement en fonction de l'état buccodentaire.

RESUME

Aptitude Médicale aux Interventions en Milieu Hyperbare : quel bilan paraclinique ? Le point de vue de l'ORL. R Meller. Bull. Medsubhyp, 2014, 24 (2) ; 61 – 62.
Les organes ORL, et en premier lieu l'oreille, sont fortement impliqués dans les affections en rapport avec la plongée sous marine. Pathologie de contact ou dysbariques, l'ORL intervient souvent tant dans le traitement que dans la prévention de ces affections.
Depuis 2012, en France, certains examens complémentaires (comme l'audiogramme) ne sont plus obligatoires pour la délivrance d'un certificat de non contre indication à un professionnel travaillant en milieu hyperbare.
Toutefois, un certain nombre de situations médicales pouvant entrainer un risque vital ou fonctionnel en lien avec ces activités professionnelles hyperbares doivent être dépistées et/ou régulièrement évaluées.
A partir de l'examen des risques de ces situations lors de l'activité en milieu hyperbare, nous rappellerons l'intérêt de l'interrogatoire et de l'examen clinique dans leur dépistage. Nous discuterons ensuite des intérêts à faire pratiquer - systématiquement ou non- certains examens paracliniques (audiométrie, tympanométrie, fibroscopie naso-pharyngée...) dans l'examen d'aptitude ou le suivi des personnels exposés au risque hyperbare.

.

R. MELLER Service ORL, CHU NORD, Marseille
rmeller@ap-hm.fr

LETTRE A L'EDITEUR

Médecin en chef Emmanuel Gempp
Praticien certifié en médecine la plongée du service de santé des armées
Service de médecine hyperbare et expertise plongée
Hôpital d'Instruction des Armées Sainte Anne
BP 600
83800 Toulon cedex 9

Monsieur le rédacteur en chef,

Dans le dernier numéro du Bulletin de Médecine Subaquatique et Hyperbare de notre Société, j'ai lu avec attention et grand intérêt l'article sur les recommandations de la pratique de la plongée et des sports subaquatiques par les patients ayant une hypertension artérielle systémique présenté par le groupe de travail « HTA et plongée » de la commission médicale de la FFESSM (Lafay et coll. 2014). Si la clarté et la qualité du travail présenté méritent d'être particulièrement soulignées, j'aimerais néanmoins apporter un certain nombre de précisions sur l'influence hémodynamique de l'hyperoxie et du froid au niveau de la vascularisation systémique et pulmonaire en me référant à 2 articles remarquables récemment publiés par une équipe américaine dans la revue *Journal of Applied Physiology* (Peacher et coll. 2010, Frazer et coll. 2011) et cités dans le travail de référence.
Dans leur premier article, à partir de mesures hémodynamiques effectuées par cathétérisme artériel sur des plongeurs immergés dans une piscine d'eau à la température de neutralité thermique (29-31 °C) et pressurisés à 4,7 ATA, les auteurs ont démontré de manière indiscutable que la ventilation d'un mélange hyperoxique (PiO_2 = 1,75 ATA) en profondeur ne provoquait pas d'élévation de la PAP moyenne ni même de modifications des autres paramètres vasculaires systémiques (FC, VES, PVC et PAM) par rapport aux mesures de contrôle réalisées en surface. Lorsque les plongeurs respiraient au contraire un mélange normoxique (4,3 % O_2, PiO_2 = 0,21 ATA), l'ensemble des valeurs hémodynamiques apparaissaient augmentées par rapport à celles retrouvées en surface. Il a également été démontré que les résistances vasculaires pulmonaires à 4,7 ATA étaient réduites en hyperoxie par rapport à une situation normoxique. L'ensemble de ces résultats, peu modifiés par l'exercice, suggéraient aux auteurs que l'hyperoxie pouvait avoir un rôle protecteur sur la vascularisation pulmonaire en abolissant l'HTAP retrouvée en plongée avec un mélange normoxique. Les auteurs notaient cependant qu'il existait une grande variabilité interindividuelle dans l'analyse des mesures de PAP moyenne, quelles que soient les conditions de l'étude, pouvant expliquer la susceptibilité individuelle à développer un œdème pulmonaire en plongée.
Dans leur deuxième article, Frazer et coll. (2011) ont cherché à déterminer quelle était l'influence du froid (T eau = 20 °C) sur les mêmes paramètres hémodynamiques et dans les mêmes conditions de plongée. Les résultats ont démontré de manière flagrante que l'ensemble des valeurs systémiques et pulmonaires étaient, certes augmentées par rapport à une situation de neutralité thermique, mais sans aucune différence entre la situation d'hyperoxie et la condition normoxique et ce, quel que soit le niveau d'exercice. Les auteurs concluaient donc que le froid était un paramètre majeur dans la survenue de la vasoconstriction périphérique mais que l'oxygène ne semblait pas être un facteur aggravant. Ils en déduisaient que

l'hyperoxie conservait son effet bénéfique vasculaire pulmonaire en plongée à la condition d'avoir une bonne protection thermique mais qu'elle n'apparaissait pas comme un facteur de risque de survenue d'œdème pulmonaire d'immersion (OPI).

Il faut enfin rappeler que l'incidence des OPI chez les plongeurs militaires qui utilisent des recycleurs avec des mélanges suroxygénés ou de l'oxygène pur (Arieli et coll. 2006, Gempp et coll. 2011) est identique à celle des nageurs et des triathlètes (Miller et coll. 2010, Adir et coll. 2004) mais aussi très proche de celle des plongeurs sportifs en scaphandre autonome (Pons et coll. 1995), relativisant encore le rôle potentiellement favorisant de l'oxygène dans la genèse des œdèmes pulmonaire en plongée.

REFERENCES

Adir Y, Shupak A, Gil A, Peled N, Keynan Y, Domachevsky L, Weiler-Ravell D. Swimming-induced pulmonary edema : clinical presentation and serial lung function. Chest 2004, 126: 394-399.

Arieli R, Shochat T, Adir Y. CNS toxicity in closed-circuit oxygen diving : symptoms reported from 2527 dives. Aviat Space Environ Med 2006, 77: 526-532.

Frazer JAV , Peacher DF, Freiberger FF, Natoli MJ, Schinazi EA, Beck IV, Walker JR, Doar PO, Boso AE, Walker AJ, Kernagis D, Moon RE. Risk factors for immersed pulmonary edema: hyperoxia does not attenuate pulmonary hypertension associated with cold water-immersed prone exercise at 4.7 ATA. J Appl Physiol 2011, 110: 610-618.

Gempp E, Louge P, Blatteau JE, Hugon M. Descriptive epidemiology of 153 diving injuries with rebreathers among French military divers from 1979 to 2009. Mil Med 2011, 176: 446-450.

Lafay V, Brouant B, Coulange M, Phan G, Krafft R, Finet G, Roche F, Grandjean B. Pratique de la plongée et des sports subaquatiques par les patients ayant une hypertension artérielle systémique. Bull. Medsubhyp 2014, 24 : 19-27.

Miller CC, Calder-Becker K, Modave F. Swimming-induced pulmonary edema in triathletes. Am J Emerg Med 2010, 28: 941-946.

Peacher DF, Pecorella SRH, Freiberger FF, Natoli MJ, Schinazi EA, Doar PO, Boso AE, Walker JR, Gill M, Kernagis D, Uguccioni D, Moon RE. Effects of hyperoxia on ventilation and pulmonary hemodynamics during immersed prone exercise at 4.7 ATA : possible implications for immersion pulmonary edema. J Appl Physiol 2010, 109: 68-78.

Pons M, Blickenstorfer D, Oechslin E, Hold G, Greminger P, Franzeck UK, Russi EW. Pulmonary oedema in healthy persons during scuba-diving and swimming. Eur Respir J 1995, 8: 762-767.

Journée scientifique commune
Médecine de la Plongée/Médecine Hyperbare
et Médecine Aéronautique et Spatiale

Le samedi 22 novembre 2014 de 8H30 à 17H30

Amphithéâtre Emilienne Robinet

Boulevard Sainte-Anne 83000 Toulon
(îlot Sainte-Anne, site de l'ancien Hôpital, côté EPPA)

PROGRAMME

MATINEE 8h30 : Accueil

8h45 : Ouverture de la journée

9h00 : Début des communications

Thème : risques spécifiques en médecine subaquatique et aéronautique

Modérateurs : MGI (2° S.) D. Lagarde (IRBA, Medsubhyp)
et Pr J-P. Crance (Université de Nancy, Soframas)

20 mn (9.00-9.20) H. Marotte (Directeur de la capacité de médecine aérospatiale, Université Paris Descartes, Paris)
Contraintes physiologiques des deux médecines : convergences, divergences

20 mn (9.20-9.40) F-X. Brocq (CEMPN, HIA Sainte-Anne, Toulon)
Cœur et aptitudes spécifiques : savoir prescrire les explorations pour écarter une cardiopathie

20 mn (9.40-10.00) J. Monin (CPEMPN, HIA Percy, Clamart)
Dysplasie arythmogène du ventricule droit et aptitude

10h00 : Table ronde et discussion 15 mn
10h15 : Pause
10h30 : Poursuite des communications

Session et table ronde placées sous la Présidence des hautes autorités de la Marine Nationale à Toulon [Amiral Commandant la Force d'Action Navale, Amiral Commandant la Force de l'Aéronautique Navale, Commandant de la CEPHISMER (Cellule de plongée humaine et d'intervention sous la mer), Commandant de l'Ecole de Plongée]

25 mn (10.30-10.55)
P. Louge (SMHEP, HIA Sainte-Anne, Toulon) et S. Montmerle (IRBA, ENOP, Brétigny/Orge)
Atteintes pulmonaires chez l'aviateur et le plongeur : points communs et divergences

20 mn (10.55-11.15) N. Amour (ostéopathe, Bordeaux)
Influence du catapultage/appontage sur le rachis cervical des pilotes de chasse de l'aéronavale

25 mn (11.15-11.40) J-F. Gallet (CSS FAN, Toulon) et J-P. Freiermuth (5° RHC, Pau)
Soutien aéromédical des opérations amphibies : évolution des concepts et RETEX

11h40 : Table ronde et discussion avec les autorités Marine 15 mn

11h55 : Assemblée générale pour les membres de Medsubhyp

PAUSE DEJEUNER – BUFFET

PAUSE DEJEUNER – BUFFET

APRES-MIDI 14h15 : Reprise des communications

Modérateurs : Pr H. Marotte (Université Paris Descartes, Paris, Soframas)
et Pr J. Regnard (Université de Besançon, Medsubhyp)

Thème : problématique de la décompression en environnements hypo- et hyperbare

20 mn (14.15-14.35) P. Weiss et B. Gardette (Comex)
Module d'habitation/entraînement en mer des spationautes dans le contexte de missions lunaires

20 mn (14.35-14.55) B. Delafosse (Centre hyperbare, Hôpital Edouard Herriot, Lyon)
Symptômes neurologiques aigus lors d'une exposition hypobare : penser à l'embolie gazeuse

20 mn (14.55-15.15) V. Lafay (Centre hyperbare, CHU Sainte-Marguerite, Marseille)
Actualités sur le risque d'accident de décompression en environnements hypo- et hyperbare en présence d'un shunt droite-gauche

15h15 : Table ronde et discussion 15 mn
15h30 : Pause
15h45 : Reprise des communications

20 mn (15.45-16.05)
J-E. Blatteau (IRBA, ERRSO, Toulon) et E. Perrier (CPEMPN, HIA Percy, Clamart)
Lésions cérébrales latentes en environnements hypo- et hyperbare ? Signification pathologique d'images IRM observées chez l'aviateur et le plongeur

20 mn (16.05-16.25)
J. Boissin (IRBA, DMAO, Mont de Marsan) et M. Coulange (Centre hyperbare, CHU Sainte-Marguerite, Marseille)
Instruction à l'hypoxie hypobare au profit du personnel navigant. Intérêt et risques spécifiques.

16h25 : Table ronde et questions 15 mn

16h40 : Hors thème
15 mn (16.40-16.55) M. Collin (ORL, Marseille) (Communication libre)
Etude expérimentale par tubomanométrie du système isobarique de l'oreille moyenne en condition d'hypoxie et d'hypobarie aiguës
15 mn (16.55-17.10) J. Poussard (Centre hyperbare, CHU Sainte-Marguerite, Marseille)
Effets de l'oxygénothérapie hyperbare sur les cellules endothéliales circulantes chez le sujet sain

17h10 : Clôture de la journée

Contraintes physiologiques des deux médecines, hyperbare et hypobare : convergences, divergences

Pr H. Marotte, Université Paris Descartes, Paris

Il est tentant de voir un parallèle systématique entre « monter » et « descendre ». Certaines des conséquences physiopathologiques de l'un sont symétriques de l'autre, d'autres non, ou alors sans objet. À partir de notre milieu usuel, aérien au niveau de la mer, le changement de milieu entraîne des conséquences sur la nature du fluide, sur sa pression – en valeur absolue et en vitesse de variation -, sur sa température, etc.

Les deux milieux, gazeux et liquides présentent la différence importante d'être l'un compressible (gazeux) et l'autre incompressible (liquide). En milieu compressible, la variation de pression est approximativement exponentielle en fonction de la hauteur. En milieu incompressible, elle est proportionnelle à la profondeur.

La pression totale joue sur le volume des compartiments gazeux plus ou moins clos de l'organisme, au premier rang desquels les cavités ORL. La symétrie des deux activités est alors respectée : si, en vol, les barotraumatismes apparaissent très préférentiellement à la descente (c'est-à-dire au retour), en plongée ils apparaîtront à la descente, c'est-à-dire au départ, ce qui est moins problématique !

Le risque symétrique est observé pour la maladie de décompression : celle-ci apparaît à la montée ou à la remontée. Elle est cependant beaucoup plus grave pour le plongeur que pour l'aviateur ; de plus, pour le plongeur, c'est une maladie du retour ; lorsque celle-ci apparaît, il faut retourner en milieu hyperbare.

Toujours dans le domaine de la physique des gaz, leur masse volumique et leur viscosité sont fonction de la pression ; si l'augmentation de la viscosité des gaz est un problème majeur dans la plongée profonde, cette question n'a aucune importante en aéronautique.

Concernant la composition des gaz, chacun connaît aussi bien la toxicité de l'oxygène à haute pression que les effets délétères de son déficit. Paradoxalement, l'hyperoxie est aussi dangereuse que l'hypoxie. Dans l'un et l'autre milieu il convient donc de déterminer avec finesse la juste proportion d'oxygène à délivrer dans les gaz inspirés.

Aucune symétrie en ce qui concerne le rôle physiopathologique de l'azote (hormis le problème de la maladie de décompression). En plongée profonde, l'azote devient un gaz toxique ; on ne se soucie pas de cet effet en aéronautique.

Enfin, mentionnons la question de la température du milieu. Les échanges gazeux du corps dans l'eau sont beaucoup plus élevés que dans l'air. À température identique, le milieu aqueux est beaucoup plus contraignant que le milieu aérien, et cette contrainte est indépendante de la pression. En haute altitude, du fait de la diminution de la pression et de la masse volumique de l'air, de très basses températures ne présentent pas forcément des contraintes rédhibitoires. Bien sûr, il faut protéger les opérateurs mais ce n'est pas un problème insurmontable.

En conclusion, la comparaison des réactions physiopathologiques de l'Homme au milieu aérien ou au milieu liquide montre qu'il existe un certain nombre de points communs mais aussi des divergences importantes. Par le passé, les études croisées et les échanges entre spécialistes de ces milieux ont pu être particulièrement féconds.

Cœur et aptitudes spécifiques : savoir poursuivre les explorations pour écarter une cardiopathie

Dr F-X. Brocq[1], R. Poyet[2], C. Jego[2], J-P. Gomis[1], H. Gommeaux[1], M. Monteil[1]

1 : Centre d'Expertise Médicale du Personnel Navigant
2 : Service de Cardiologie et pathologies cardio-vasculaires
HIA Sainte-Anne, Toulon

Les cardiopathies, congénitales comme valvulaires, peuvent mettre en jeu la sécurité aérienne (mort subite/syncope/décompensation cardiaque). Leur diagnostic est quelquefois difficile, l'échocardiographie, examen de première intention, pouvant être pris à défaut, ou au contraire, pouvant faire suspecter, à tort, une cardiopathie. Dans ces situations non concluantes, l'Imagerie par Résonance Magnétique (IRM) cardiaque a toute sa place dans la démarche diagnostique du médecin expert.
A partir de plusieurs cas cliniques, nous montrons l'intérêt de cet examen d'imagerie permettant par exemple de porter un diagnostic méconnu pendant plus de 10 ans (cardiomyopathie hypertrophique), d'exclure une cardiopathie congénitale portée à tort sur une échocardiographie ou enfin de confirmer le caractère sévère d'une valvulopathie, faisant alors poser une indication chirurgicale.
L'objectif n'est pas de prescrire de façon systématique une IRM cardiaque mais de rappeler l'intérêt d'une discussion sur l'indication de cet examen en concertation avec un cardiologue référent.

Dysplasie Arythmogène du Ventricule droit et aptitude aéronautique

Dr J. Monin[1], O. Manen[2], S. Coste[2], G. Roul[2], JF. Oliviez[2], AP. Hornez[2], S. Bisconte[3], D. Duboudieu[2], J. Deroche[1], PE. Bertran[2] et E. Perrier[2].

1: Service de médecine aéronautique et de pathologies cardio-vasculaires, HIA PERCY, CLAMART
2: Centre Principal d'Expertise Médicale du Personnel Navigant, CLAMART
3 : Centre d'Expertise Médicale du Personnel Navigant, BORDEAUX

Récemment, la surveillance d'une hyperexcitabilité ventriculaire chez un pilote au Centre Principal d'Expertise Médicale du Personnel Navigant (CPEMPN) nous a conduit à poser un diagnostic de dysplasie du ventricule droit arythmogène (DVDA).
Il s'agit d'une cardiomyopathie d'origine génétique pouvant conduire à une mort subite et à une insuffisance cardiaque. Elle touche principalement l'adulte jeune, de sexe masculin, présentant un antécédent familial de mort subite. L'interrogatoire détaillé, l'examen clinique, et l'ECG de repos réalisé au cours de la visite d'expertise des personnels navigants (PN) peuvent aboutir à la prescription de techniques électrocardiographiques spécialisées (ECG d'effort, ECG des 24heures, ECG à haute amplification), et d'un examen morphologique (échographie, IRM ou angiographie), notamment en cas de découvertes d'extrasystoles ventriculaires complexes ou de critères spécifiques de DVDA. Une fois le diagnostic posé, le risque de survenue d'arythmie létale doit être évalué afin de proposer un traitement adapté, allant de la simple surveillance à la pose d'un défibrillateur automatique implantable voire une greffe cardiaque.
Ce cas a mis en exergue l'importance du suivi des PN porteurs d'une hyperexcitabilité ventriculaire, et l'indication de plus en plus large d'examens d'imagerie cardiaque spécialisés. Actuellement, l'examen de choix est l'IRM cardiaque, permettant de rechercher les critères diagnostiques définis en 2010.

<u>Principales idées développées lors de la présentation :</u>

- Description d'un cas de DVDA chez un PN
- DVDA : définition, diagnostic, complications, traitement
- La DVDA en aéronautique
- Conséquences sur le suivi des ESV en aéronautique

Atteintes pulmonaires chez l'aviateur[1] et le plongeur[2]

Dr S. Montmerle[1] et Dr P. Louge[2]

[1]Unité Environnements Extrêmes
Institut de Recherche Biomédicale des Armées
Brétigny-sur-Orge
[2]Service de Médecine Hyperbare et d'Expertise Plongée
HIA Sainte-Anne Toulon

Le poumon est composé d'air et de tissus élastiques qui sont au contact direct du milieu extérieur. Il est donc très sensible aux variations de pression, telles que l'hyperbarie et l'hypobarie. On pourrait imaginer que les atteintes pulmonaires qui sont observées chez le plongeur, soumis à l'hyperbarie, et chez l'aviateur, soumis à l'hypobarie, sont symétriques, or il n'en est rien.
Les variations de pression barométrique en altitude sont beaucoup plus faibles que dans les profondeurs : les pilotes volent rarement au-delà de 50 000 pieds (~ 16 000 m), ce qui correspond à un plongeon à 10 m de profondeur. D'autre part, le plongeur est entouré d'eau, le pilote d'air et les deux populations sont différentes. Le plongeur est aussi bien un militaire très sélectionné et entraîné qu'un amateur en faisant un usage récréatif et dont l'état de santé peut être aléatoire. L'aviateur, du moins aux hautes altitudes, est toujours un militaire soumis à un contrôle médical régulier.
L'hypobarie a deux conséquences majeures : baisse de la pression partielle d'oxygène responsable d'hypoxie et risque de maladie de décompression. Lors de la recompression existe un risque de barotraumatisme. Parmi ces facteurs, l'hypoxie n'est pas celui qui affecte le plus le poumon mais est de loin le plus souvent responsable d'accidents aériens. L'hypoxie cause une altération des échanges gazeux, qui peut devenir cliniquement significative à partir de 10 000 pieds environ (3 200 m). La variabilité interindividuelle est élevée. Les principales manifestations respiratoires sont en aigu une hyperventilation, et après 4-6h d'exposition un œdème aigu du poumon. Le risque létal de l'hypoxie est fonction de l'atteinte neuronale.

Les manifestations respiratoires sont fréquentes en plongée sous marine. Le poumon est classiquement décrit comme un « organe cible » et tous les types d'accidents de plongée peuvent donner une symptomatologie respiratoire. Par ailleurs, il ne faut jamais omettre de penser à une noyade qui peut être la cause ou compliquer un accident de plongée.
La présence de signes respiratoires doit entrainer précocement une prise en charge médicalisée du fait du risque potentiel de décompensation cardio-circulatoire, notamment chez un plongeur plus âgé et/ou ayant des antécédents cardio-vasculaires. Elle peut avoir plusieurs étiologies plus ou moins intriquées dont parfois le diagnostic précis ne peut être porté que secondairement à l'hôpital. On distingue les barotraumatismes pulmonaires consécutifs aux variations des volumes gazeux pulmonaires, les accidents de désaturation cardio-respiratoires ou « chokes », liés à un relargage de gaz sous forme de bulles en fin de plongée, et l'œdème pulmonaire d'immersion à la suite de modifications hémodynamiques liées aux contraintes environnementales.

Le barotraumatisme pulmonaire intéresse plutôt le plongeur débutant, évoluant à faible profondeur, souvent dans un contexte d'exercice de remontée sans embout. Il peut se compliquer d'un pneumothorax suffocant et d'une embolie gazeuse cérébrale mettant en jeu le pronostic vital. Les œdèmes pulmonaires d'immersion s'observent pour tous les niveaux d'expérience en plongée. Il semble que le plongeur de plus de 50 ans avec des facteurs de risque cardio-vasculaire soit davantage concerné. Souvent pauci symptomatiques, ils peuvent provoquer une hypoxie sévère et une dysfonction myocardique parfois mortelles.

Approche ostéopathique des catapultages et des appontages sur le rachis cervical des pilotes de chasse de l'aéronavale

N. Amour[1], J. Torlois[2], Ph. Mailleuchet[3], N. Huiban[4], M. Monteil[5]

[1] Ostéopathe D.O., Bordeaux, nicholas.amour@gmail.com
[2] Ostéopathe D.O., Paris
[3] SLPA/Aéro, Îlot Sainte-Anne
[4] Groupe Aérien Embarqué, Antenne médicale de Landivisiau
[5] CEMPN Toulon, cempn@sainteanne.org

Méthode : une analyse du positionnement de la tête lors des catapultages et des appontages chez les pilotes de chasse embarquée de l'aéronautique navale a été effectuée en janvier-février 2013 à partir d'un questionnaire anonyme, déclaratif et découplé de toute notion d'aptitude. Parallèlement, l'analyse sous un angle ostéopathique de séquences vidéo embarquées apporte un éclairage nouveau sur les contraintes que subit le rachis sous facteur de charge Gx.

Résultats : lors du catapultage, une nette majorité des pilotes déclarent reposer leur tête sur l'appui-tête de façon systématique (80 %) et positionner aussi systématiquement le regard à l'horizontale (76 %). Concernant le besoin de retenir la tête en contractant les muscles du cou, les résultats sont là très variés, dépendants du type d'avion piloté et de l'expérience du pilote sondé. A l'appontage, les pilotes ressentant leur tête partir vers l'avant de façon peu ou pas contrôlée de manière systématique ou très régulièrement sont majoritaires (70 %) dans un groupe à forte intensité de contraction musculaire (> 6/10).

Conclusion : il apparaît que le type de machine (Rafale Marine ou Super Etendard Modernisé) et l'expérience des pilotes ont une influence sur le positionnement de la tête. L'analyse des séquences vidéo permet de faire un rapprochement avec le mécanisme de *whiplash* rencontré en accidentologie automobile avec des conséquences locales et à distance du rachis cervical.

Le soutien santé des opérations amphibies : évolutions récentes et perspectives

Partie 1 : Marine Nationale

Dr S. Grandmontagne, F. Chavet, J-F. Gallet

Chefferie du service de santé de la force d'action navale
BCRM Toulon, BP 37, 83 800 Toulon Cedex 9, France

Les opérations amphibies font partie des missions génériques de la Marine Nationale.
Leur physionomie générale est tout d'abord évoquée, y compris dans ses évolutions récentes.
Les aspects relatifs à leur soutien santé sont ensuite présentés (soutien organique et opérationnel des différentes composantes) : soutien des équipages des navires et des forces de projection embarquées, y compris lors des mises en œuvre de l'aéromobilité et des moyens nautiques de débarquement.
Le travail en ambiance classique ou sous contrainte NRBC doit être étudié.
Le contexte géopolitique actuel confirme l'enjeu majeur de telles missions pour une grande marine océanique.

Partie 2 : Aviation Légère de l'Armée de Terre (ALAT)

Dr J-P. Freiermuth et J. Boissier,

5ème RHC, Pau

Depuis le début des années 1980, les missions amphibies sont devenues un des moyens majeur de la tactique militaire française.
Ce mode d'action a connu son apogée en 2011 avec l'opération HARMATTAN. Cette opération a vu des hélicoptères de l'ALAT effectuer des raids d'attaque au-dessus du territoire libyen au départ de plateforme de type Bâtiment de Projection et de Commandement (BPC).
Ces opérations, sans moyen santé au sol, ont obligé à penser un soutien médical adapté en s'appuyant sur le concept de MEDEVAC par hélicoptère de manœuvre.
Le retour d'expérience de ces missions amphibies a permis de valider et de faire évoluer le concept de MEDEVAC par HM embarqué lors d'opérations amphibie.

Module d'habitation/entraînement en mer des spationautes dans le contexte de missions lunaires.

Dr P.Weiss (PhD) et Dr B. Gardette (PhD).

Société COMEX

L'homme retournera sur la Lune et s'aventurera vers des destinations nouvelles comme les astéroïdes ou la planète Mars.
Plus de 40 ans après la fin du programme APOLLO de la NASA, des agences spatiales sont en train de définir l'avenir de l'exploration humaine du système solaire dès lors que la Station Spatiale Internationale ISS aura atteint sa fin de vie prévue pour 2020.
Vingt ans de présence en orbite sur ISS nous ont apporté des connaissances sur la vie des astronautes en micropesanteur, mais cette nouvelle étape d'exploration du système solaire amène des nouveaux défis :
Comment effectuer des sorties extravéhiculaires (EVA) en gravité réduite ?
Comment installer des modules d'habitations dans cet environnement extrême ?
Comment faire vivre des astronautes plus longtemps sur une surface extraterrestre ?
La COMEX a identifié la Rade de Marseille comme terrain d'entraînement des astronautes pour ces futures missions. Le milieu subaquatique est proposé comme environnement de simulation pour de telles missions car il permet de recréer les conditions de micropesanteur ou de gravité réduite. Ce genre de simulation se fait aujourd'hui en piscine (en Europe). Mais le fond marin de la Rade de Marseille constitue un environnement intéressant pour de futures missions sur la Lune, des astéroïdes ou encore Mars : plusieurs sites sous-marins autour des Iles du Frioul présentent une géomorphologie identique à celle que l'on peut s'attendre à trouver sur la Lune (des plaines avec la poussière, des canyons, des cavités). Dans cette démarche nous défendons l'idée d'un habitat sous-marin permettant des simulations de longue durée pour préparer des astronautes aux futures missions spatiales. La NASA utilise régulièrement le laboratoire AQUARIUS pour simuler des missions spatiales et préparer des astronautes aux missions sur ISS.
Mais cet habitat sous-marin présente l'inconvénient d'une installation permanente au large de la Floride. Si cette démarche d'un nouvel habitat sous marin doit se réaliser un jour, il sera nécessaire de construire un module amovible et transportable sur plusieurs sites.
La présentation résumera les projets et missions actuelles de la COMEX pour l'entraînement des astronautes en milieu subaquatique. Elle exposera le concept d'un habitat sous-marin amovible et sa future utilisation, qui ne se limite pas au secteur spatial.

Symptômes neurologiques lors d'une exposition hypobare : penser à l'embolie gazeuse.

Dr B. Delafosse.

Centre de Médecine Hyperbare. Hôpital Edouard Herriot 69437 Lyon. Hospices Civils de Lyon.

Les risques d'une rapide diminution de pression ou, exposition hypobare, lors d'une plongée subaquatique, sont bien connus des médecins spécialisés dans la médecine de plongée : il s'agit essentiellement des accidents de désaturation, mais aussi des accidents de surpression, en particulier, gastriques et pulmonaires.

Les complications neurologiques d'une surpression pulmonaire lors d'une remontée rapide sans expiration suffisante font penser immédiatement à une embolie gazeuse en fonction de la loi de Boyle-Mariotte qui est à l'origine d'une rupture alvéolaire et passage d'air dans la circulation sanguine pulmonaire puis, passage de cet air au niveau de la circulation artérielle.

En revanche, le risque d'exposition hypobare en dehors de la plongée ainsi que ses conséquences sont à peu près ignorés de la communauté médicale, ce qui entraîne des erreurs diagnostiques ou des retards de prise en charge appropriée.

Cette exposition à une hypobarie rapide, hors plongée, est pourtant systématiquement rencontrée lors de la montée en altitude des aéronefs ou, plus exceptionnellement lors de montée en altitude dans d'autres circonstances. Lors de la montée en altitude des aéronefs, la pression atmosphérique de la cabine passe de 1013 hPa (760 mmHg) à 775 hPa (581 mmHg) au niveau de vol pour une altitude de cabine de 7 200 pieds (2 200 mètres). Cette variation de pression est plus rapide au cours des vols courts et moyens courriers. En cas de présence d'une cavité kystique pulmonaire ne communiquant pas avec l'extérieur par une bronche, il y a alors distension de cette cavité et rupture avec passage d'air dans la circulation dès que le différentiel de pression devient supérieur à 80 mmHg.

Par un concours de circonstances lié à la proximité de l'aéroport de Lyon-Saint Exupéry, nous avons été amenés à traiter depuis 2004, quatre embolies gazeuses cérébrales au cours de trajets aériens. Trois de ces cas étaient dus à la présence d'un kyste pulmonaire (Closon et coll 2004) (Blaise et coll 2014), le quatrième, secondaire à une chirurgie d'exérèse pulmonaire ancienne (Desgranges et coll 2013). Les quatre patients ont survécu après traitement en chambre hyperbare malgré un retard à l'établissement dudiagnostic dans deux des cas.

Une recherche bibliographique a permis de retrouver depuis la première description (Neidhart et Suter 1985), dix-huit cas publiés d'embolie gazeuse cérébrale secondaire à une exposition hypobare, soit dix-neuf en ajoutant un autre cas lyonnais non publié. L'accident a eu lieu quinze fois lors d'un transport aérien, au cours des vingt premières minutes du trajet, deux fois au cours d'un test en chambre hypobare d'altitude, une fois au cours d'une ascension rapide en montagne au moyen d'un chemin de fer à crémaillère et enfin dans le dernier cas, au cours d'un traitement par oxygénothérapie hyperbare.

Dans la majorité des accidents secondaires à un trajet aérien (Weenink et coll 2012), le diagnostic d'embolie gazeuse a été trop souvent tardif ou non fait malgré l'évidence d'une imagerie thoracique de kyste pulmonaire, associée à des signes neurologiques fortement évocateurs d'une embolie gazeuse. L'absence de diagnostic, le retard au traitement ou l'absence de traitement adapté sont à l'origine de neuf décès sur les quinze cas dont un, au

cours du rapatriement sanitaire en avion après un premier épisode sans diagnostic avec début d'amélioration spontanée (Edwardson et coll 2009).
Ces quinze cas d'embolie gazeuse par rupture de kyste pulmonaire au cours de trajets aérien en pratiquement trente années peuvent paraitre anecdotiques au vu des 2 750 millions de passagers transportés annuellement, des 11 920 urgences médicales en deux ans avec 875 déroutements d'avions dans le même temps. Cependant, la fréquence de ce risque est vraisemblablement très sous-évaluée du fait de sa méconnaissance.
Tout comme Weenink, on recommande donc de fortement soupçonner une embolie gazeuse cérébrale chez tous les patients qui présentent des troubles neurologiques centraux aigus au cours d'une exposition à l'hypobarie telle que lors de trajets aériens. Un examen tomodensitométrique thoracique et cérébral doit être systématiquement effectué et le traitement par oxygénothérapie hyperbare doit être mis en œuvre sans délai dès lors que le diagnostic est confirmé.

Références

Blaise BJ, Massenavette B, Javouhey E, Delafosse B. In-flight air embolism in a child. Ann Am Thorac Soc. 2014, 11 (4): 681-683.

Closon M, Vivier E, Breynaert C, Duperret S, Branche P, Coulon A, De La Roche E, Delafosse B. Air embolism during an aircraft flight in a passenger with a pulmonary cyst : a favourable outcome with hyperbaric therapy. Anesthesiology. 2004, 101 (2): 539-542.

Desgranges FP, Cour M, Hernu R, Delafosse B, Argaud L. Cerebral air embolism during an aircraft flight in a passenger with an air-filled lung cavity associated with remote lung surgery. J ThoracCardiovasc Surg. 2013, 146 (3): 18-20.

Edwardson M, Wurth D, Lacy JM, Fink J, Becker K. Cerebral air embolism resulting in fatal stroke in an airplane passenger with a pulmonary bronchogenic cyst.Neurocrit Care, 2009, 10: 218-221.

Neidhart P, Suter PM. Pulmonary bulla and sudden death in a young aeroplane passenger. Intens Care Med. 1985, 11 (1): 45-47.

Weenink RP, Hollmann MW, Van Hulst RA. Acute neurological symptoms during hypobaric exposure: consider cerebral air embolism. Aviat Space Environ Med. 2012, 83: 1084-1091.

Actualités sur le risque de décompression en environnements hypo et hyperbare en présence d'un shunt droite-gauche

Dr V. Lafay

Pôle Réanimation Urgences SAMU Hyperbarie, CHU Ste Marguerite, 13009 Marseille
vincent.lafay@medecins-saint-antoine.fr

Le Foramen Ovale Perméable (FOP) est le shunt droite-gauche le plus fréquent, puisqu'il s'agit d'une variante anatomique qui concerne environ 25% de la population.
Ce shunt est potentiellement responsable d'embolies paradoxales. C'est la raison pour laquelle il a fait l'objet de très nombreuses publications dans le domaine de la plongée. Autorisant un passage de bulles du système veineux vers le système artériel systémique, il est en effet potentiellement en cause dans certains accidents de décompression (ADD). Pour les mêmes raisons il intéresse aussi la médecine aéronautique qui est confrontée à des situations de dépressurisations prolongées ou parfois aiguës.
En 2005, un rapport de la Haute Autorité de Santé faisait le point sur l'opportunité de la fermeture d'un FOP, y compris dans le domaine de la plongée sous marine.

Les données scientifiques disponibles à cette époque permettaient de répondre en partie aux questions suivantes:

1. *Existe-t-il un lien entre accident de décompression et FOP?* La est réponse positive puisque le FOP est sur-représenté chez les accidentés: environ 55% des cas versus 25% dans les groupes contrôle.
2. *Quel est le risque relatif et le risque absolu de plonger avec un FOP ?* Le risque relatif est important avec des odds-ratios compris entre 2,5 et 3,3, mais le risque absolu reste très faible et évalué inférieur à 5 / 10 000 plongées.

A partir de ces observations, les recommandations concernant la plongée ont été schématiquement les suivantes:

A. Pas de dépistage systématique.
B. Dépistage en prévention secondaire en cas d'ADD mettant potentiellement le FOP en cause.
C. La poursuite de la plongée loisirs n'est pas une indication de fermeture d'un FOP.
D. La poursuite de la plongée avec un FOP doit obéir à des restrictions de pratique visant à limiter la charge azoté et le risque de shunt.

Depuis 2005, les travaux publiés ont permis de progresser dans ce domaine en répondant partiellement aux questions suivantes:

1. *Existe-t-il un lien entre la taille du FOP et le risque d'ADD?* La réponse est positive, et les études anciennes ont été confortées par de nouvelles qui montrent que le risque d'ADD est logiquement corrélé à la taille du FOP, et donc au débit du shunt.
2. *La présence ou la taille d'un FOP sont-elles influencées par la pratique de la plongée sous-marine ou de sports intensifs?* Les données sont controversées car deux études montrent des résultats opposés. A noter que ces deux études

n'utilisaient pas le même moyen de dépistage du FOP (échographie trans-oesophagienne versus doppler trans-crânien) ce qui est probablement en partie responsable de cette discordance.

3. *Plonger avec restriction est-il bénéfique?* Une étude apporte une réponse clairement positive chez tous les plongeurs mais en particulier chez les porteurs d'un FOP.
4. *Fermer un FOP est-il efficace sur le shunt?* De nombreuses études ont été publiées, et font état actuellement de la persistance d'un shunt résiduel dans environ 10 à 15% des cas à 6 mois.
5. *Fermer un FOP est-il efficace sur le risque d'ADD ?* Dans ce domaine, les études sont rares et de méthodologie parfois critiquable. Cependant, les travaux publiés vont dans le sens d'une quasi disparition du risque. A noter cependant que la procédure de fermeture d'un FOP n'est elle-même pas dénuée de risque avec 1,5 à 2% d'accidents graves et 12 à 15% de troubles du rythme.

Toutes ces données ne semblent donc pas de nature à modifier fondamentalement les recommandations de 2005 chez le plongeur. Il semble cependant justifié de tenir compte de la taille du FOP dans les décisions concernant les conditions de reprise de la plongée en cas de FOP.

En ce qui concerne l'aéronautique, si les données publiées restent très parcellaires, elles semblent aller dans le même sens, avec un risque de lésions neurologiques chez les pilotes, en particulier ceux porteurs d'un FOP.

En effet elles confirment qu'il existe un lien entre des vols faiblement pressurisés en haute altitude et ADD, en particulier chez les pilotes de U2. Il semble aussi exister une corrélation entre le risque d'ADD et la présence d'un FOP avec un odds-ratio de 3,5, comparable à celui du plongeur. Comme chez le plongeur avec le Valsalva, les manœuvres de contractions isométriques réalisées pour lutter contre les accélérations seraient de nature, d'une part à favoriser les ADD, d'autre part à renforcer la présence d'un éventuel shunt.

Ces domaines semblent donc proches par de nombreux aspects, et les données recueillies de part et d'autres devraient pouvoir être complémentaires.

Lésions cérébrales latentes en environnement hypobare et aéronautique

Pr E. Perrier et collaborateurs

DEA/CPEMPN HIA PERCY CLAMART

Les accidents neurologiques en rapport avec l'hypobarisme (*decompression sickness: DCS*) sont connus depuis longtemps en médecine subaquatique en raisons de leurs conséquences médullaires et cérébrales. Le milieu aéronautique s'est cru longtemps moins exposé (systèmes de protection et pressurisation des aéronefs, rareté des décompressions explosives....). Enfin les études en caisson chez les aviateurs en instruction montraient une faible prévalence des accidents neurologiques [0,5% (1)].

Il existe néanmoins certains domaines de vol très spécifiques pour lesquels les DCS et leurs conséquences neurologiques ont récemment suscité de nombreuses publications et commentaires, principalement chez les pilotes de U2 « Dragon Lady ». Le U-2 (USAF, CIA, NASA) est un aéronef particulier, typique de la guerre froide (mise en service en 1956, 36 exemplaires toujours en vol actuellement), volant à plus de 70 000 pieds, partiellement pressurisé (exposition des pilotes en combinaison stratosphérique à une pression barométrique équivalente à 29 500 pieds), avec des missions de reconnaissance longues en solo (souvent > 9h), nécessitant une attention soutenue (différentiel VNE/ V décrochage bas) en raison de la conception de l'aéronef.

Il n'est donc pas étonnant que dans les premières enquêtes rétrospectives, 75,5 % des pilotes de U2 aient présenté des DCS avec 17% de manifestations neurologiques (2). Le caractère confidentiel des missions (zone 51…), la classique sous-déclaration des accidents n'ont permis que plus récemment des descriptions sémiologiques et les progrès de l'imagerie, des descriptions anatomiques. Jersey (3) décrit ainsi chez un pilote de 47 ans (IMC =31) un DCS avec manifestations neurologiques sévères (neuropsychologiques) et présence à l'IRM d'anomalies diffuses de la substance blanche frontale et pariétale. Rétrospectivement, 73 DCS sont documentés entre 1994 et 2009 dont 44% de manifestations neurologiques avec 40% de séquelles neuropsychiatriques, 46% des pilotes avec DCS neurologique ayant cependant une IRM normale (4,5).

Les résultats des recherches de lésions cérébrales effectuées chez des sujets réputés asymptomatiques dans cette population particulière sont alors publiées. Mc Guire montre non seulement une augmentation en taille et en volume des lésions de la substance blanche principalement insulaires chez les pilotes de U2 (6) mais effectue une corrélation avec des altérations cognitives (7, résultats modérément significatifs). Ces données sont complétées par des études dans deux groupes témoins (personnels des chambres d'altitude et étudiants) qui montrent également des lésions asymptomatiques chez les « paramedics » des caissons faisant suspecter le rôle spécifique de l'hypobarie dans la physiopathologie. Néanmoins, les données de ces dernières études qui apparaissent en première lecture significatives doivent être analysées pragmatiquement : prévalence de telles lésions de 10 % dans la population générale de plus de 50 ans, facteurs de risque cardiovasculaires de la population US, poids et VO2max non décrits [association depuis longtemps connue comme significative avec les DCS (8)], absence de recherche de FOP, difficultés de corrélation des tests cognitifs, techniques statistiques discutables, absence d'études dans d'autres populations particulières exposées (équipages d'AC 130 *gunship*, forces spéciales…).

Néanmoins l'existence possible de lésions chez les techniciens de caissons hypobares et dans certaines catégories de personnels militaires (LTGH…) justifie une prudence renforcée. Un récent rapport (30 juin 2014) de l'Inspection du Service de Santé pour l'Armée de l'Air expose les pistes de protection et de prospection.

Références

1 Ryles MT et al. The initial signs and symptoms of decompression sickness. Aviat Space Environ Med 2005; 76: 547-51.

2 Bendrick GA et al. Prevalence of DCS among U2 pilots. Aviat Space Environ Med 1996; 67: 199-206.

3 Jersey Sl et al. Severe Neurological DCS in a U2 pilot. Aviat Space Environ Med 2010; 81:64-8.

4 Jersey Sl et al. Neurological altitude DCS among U2 pilots: 2002-2009. Aviat Space Environ Med 2011; 82: 673-82

5 Jersey SL et al. Brain MRI in U2 pilots With neurological DCS. Aviat Space Environ Med 2013 ; 84 :3-11.

6 Mc Guire S. White Matter hyperintensities in U2 pilots. Neurology 2013 ; 81 : 729-35.

7 Mc Guire S. Lower neurocognitive function in U2 pilots: relationship to WMH. Neurology 2014; 83:638-45.

8 Webb JT et al. Altitude DCS susceptibility: Influence of anthropometric and physiologic variables. Aviat Space Environ Med 2005; 76:54-51

Lésions cérébrales latentes en environnement hyperbare et plongée

Dr J-E Blatteau[1], S. De Maistre[2] et E.Gempp[3]

[1] Equipe résidente de recherche subaquatique opérationnelle de l'Institut de recherche biomédicale des armées, BP600, 83800 Toulon Cedex 9.
[2] Service de médecine hyperbare et expertise plongée de l'HIA Sainte-Anne BP600, 83800 Toulon cedex 9.
[3] Cellule Ecole de Plongée de l'antenne médicale St Mandrier du CMA de Toulon, BP 311, 83800 Toulon cedex 9.

La question sur les conséquences à long terme de la plongée sur le système nerveux central n'est toujours pas tranchée. Alors que les études neuro-physiologiques et électro-physiologiques soulignent les effets délétères de la plongée en condition extrême sur le fonctionnement cérébral (Slosman, Todnem), les résultats des études neuro-radiologiques plaident plutôt en faveur d'une absence de lien significatif entre la présence d'anomalies cérébrales de la substance blanche à l'IRM et l'exposition hyperbare (Rinck, Muyard, Hutzelmann, Todnem, Cordes, Tripodi, Tetzlaff, Ors). Néanmoins, quelques études contrôlées retrouvent une prévalence plus élevée de lésions cérébrales asymptomatiques dans certains sous-groupes de plongeurs par rapport aux témoins (Reul, Yanagawa, Schwerzmann, Erdem, Fueredi). La grande discordance des résultats tient à la fois de l'hétérogénéité des populations étudiées en ce qui concerne leur mode de recrutement (enrôlement sur invitation versus choix aléatoire par les investigateurs) et leur qualité (plongeurs amateurs versus plongeurs professionnels) mais également de l'existence de biais méthodologiques retrouvés dans certaines études (absence de séquence IRM en FLAIR, antécédents d'accident de décompression pour certains plongeurs, incertitude sur les paramètres de plongée, différence d'âge avec le groupe contrôle…) qui faussent l'analyse critique des résultats. L'existence d'une possible corrélation entre le nombre et/ou la taille des lésions cérébrales et la présence de certains facteurs de risque comme l'âge, l'IMC, le profil lipidique, le tabac, l'expérience en plongée ou bien encore les paramètres de plongée ne sont également pas toujours établis, avec des résultats contradictoires entre les études.

Le passage de bulles artérielles par l'intermédiaire d'un shunt droite-gauche (SDG), le plus souvent d'origine cardiaque, avec le Foramen Ovale Perméable, est un mécanisme reconnu d'accident de décompression neurologique. L'hypothèse d'un passage de bulles artérielles « silencieuses » au niveau cérébral, en l'absence de symptômes d'accident de décompression, a été avancée pour expliquer la présence d'hypersignaux de la substance blanche à l'IRM. Cependant, là encore, les résultats de plusieurs études semblent contradictoires : pour certains, la présence d'un SDG ne semble pas être un facteur favorisant d'hypersignaux (Germonpré, Gerriets, Koch), tandis que pour d'autres, le doute persiste pour les SDG importants de haut grade (Knauth, Gerriets).

Afin de d'éclaircir ce point nous avons mené une étude (Gempp) dans le but était :

1) d'évaluer la prévalence des hypersignaux de la substance blanche cérébrale au sein d'une population homogène de plongeurs militaires qui plongent régulièrement à l'air profond jusqu'à 60 m et aux mélanges suroxygénés avec recycleur,

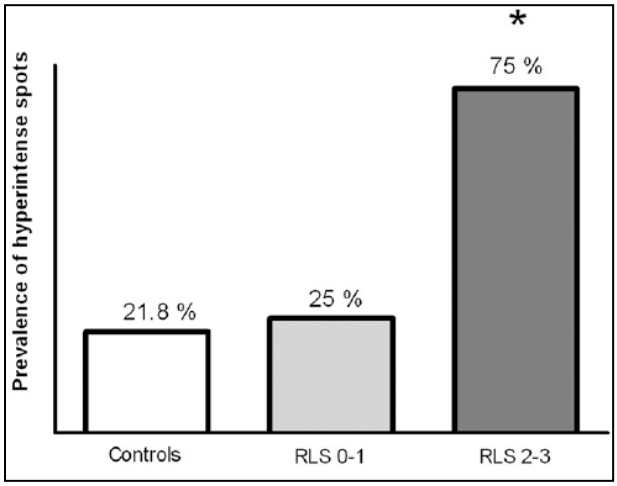
2) de rechercher une association entre l'existence de ces lésions infracliniques et la présence d'un SDG hémodynamiquement important.

Dans le cadre de cette étude, les biais pouvant influencer la présence d'hypersignaux ont été pris en compte en respectant un âge < 41 ans, en excluant les sujets avec facteurs de risques cardio-vasculaires, en vérifiant l'absence d'ATCD d'accident de plongée et de pathologie cardiaque ou neurologique.

32 plongeurs-démineurs (âge moyen 35 ± 5 ans) en bonne santé et aptes médicalement ont ainsi été comparés à 32 sujets sains (âge moyen 33 ± 4 ans), non plongeurs (population contrôle). Le groupe plongeur et le groupe contrôle étaient comparables en terme de d'IMC, d'habitudes toxiques (tabac, alcool), et de bilan lipidique.

Tous les sujets ont bénéficié d'une IRM à haut champ magnétique 3 Tesla (HIA Ste Anne) avec séquences T1, T2, T2 *, Flair et tenseur de diffusion, avec une analyse par le même radiologue.

La recherche de SDG a été réalisée par Doppler trans-crânien (HIA Ste Anne) avec classification entre SDG de bas grade (moins de 20 HITS) et SDG de haut grade (plus de 20 HITS en ventilation spontanée). L'examen a été réalisé après l'IRM par le même opérateur ne connaissant pas les résultats de l'imagerie cérébrale.
L'étude montre que la présence d'hypersignaux est significativement plus élevée (p=0.03), dans le groupe plongeur (43,7%) que dans le groupe contrôle (21,8%), avec un **n**ombre d'hypersignaux également plus élevé dans le groupe plongeur (n=34 versus n=11, p=0.02). On ne constate pas de différence en terme de dimension des hypersignaux entre les groupes, ni en terme de localisation au niveau cérébral avec une prédominance fronto-pariétale. Enfin nous avons montré que la présence d'un SDG de haut grade chez les plongeurs (RLS 2-3) était significativement associée avec une présence plus élevée d'hypersignaux [OR=9 (1,7-47), p=0.008] par rapport aux plongeurs présentant un SDG de bas grade (RLS 0-1) et par rapport au groupe contrôle (cf Figure).



Cette étude relance le débat sur les effets à long terme de la plongée, en particulier chez les sujets présentant un shunt droite-gauche de haut grade. Le dépistage repose sur la réalisation d'une IRM et la recherche d'un SDG. Les conséquences de la présence d'hypersignaux sur le fonctionnement cérébral sont encore à préciser par des études complémentaires.

Références

Gempp E, Sbardella F, Stephant E, Constantin P, De Maistre S, Louge P, Blatteau JE. Brain MRI signal abnormalities and right-to-left shunting in asymptomatic military divers. Aviat Space Environ Med. 2010 Nov;81(11):1008-12.

Germonpré P, Balestra C, Masay L, et al. Correlation between patent foramen ovale, cerebral MRI lesions and neuropsychometric testing in experienced sports divers. In: Hyldegaard O, editor. Proceedings of the 29th Annual Meeting of the EUBS on Diving and Hyperbaric Medicine. Copenhagen, Denmark: EUBS, 2003. p. 61-64.

Gerriets T, Tetzlaff K, Hutzelmann A, et al. Association between right-to-left shunts and brain lesions in sport divers. Aviat Space Environ Med 2003;10:1058-1060.

Hutzelmann A, Tetzlaff K, Reuter M, et al. Does diving damage the brain? MR control study of divers' central nervous system. Acta Radiol 2000; 41:18-21.

Knauth M, Ries S, Pohimann S, et al. Cohort study of multiple brain lesions in sport divers: role of a patent foramen ovale. Bmj 1997; 314:701-705.

Muyard B, Hautbois E, Huot P, et al. Recherche de lésions cérébrales latentes chez les plongeurs de la marine nationale. Médecine et armées 1999; 27: 385-389.

Reul J, Weis J, Jung A, et al. Central nervous system lesions and cervical disc herniations in amateur divers. Lancet 1995;345: 1403-1405.

Rinck PA, Svihus R, de Francisco P. MR imaging of the central nervous system in divers. J Magn Reson Imaging 1991;1:293-299.

Schwerzmann M, Seiler C, Lipp E, et al. Relation between Directly Detected Patent Foramen Ovale and Ischemic Brain Lesions in Sport Divers. Ann Intern Med 2001;134: 21-24.

Tetzlaff K, Friege L, Hutzelmann A, et al. Magnetic resonance signal abnormalities and neuropsychological deficits in elderly compressed-air divers. Eur Neurol 1999; 42:194-199.

Todnem K, Skeidsvoll H, Svihus R, et al. Electroencephalography, evoked potentials and MRI brain scans in saturation divers. An epidemiological study. Electroencephalogr Clin Neurophysiol 1991; 79: 322-329.

Yanagawa Y, Okada Y, Terai C, et al. MR imaging of the central nervous system in divers. Aviat Space Environ Med 1998;69: 892-895.

Cordes P, Keil R, Bartsch T, et al. Neurologic outcome of controlled compressed-air diving. Neurology 2000; 55: 1743-1745.

Koch AE, Kampen J, Tetzlaff K, Reuter M et al. Incidence of abnormal cerebral findings in the MRI of clinically healthy divers: Role of a patent foramen ovale. Undersea Hyperb Med 2004;31:261-268.

Tripodi D, Dupas B, Potiron M, Louvet S, Geraut C. Brain magnetic resonnance imaging, aerobic power, and metabolic parameters among 30 asymptomatic scuba divers. Int J Sports Med 2004;25:575-81.

Erdem I, Yildiz S, Uzun G, Sonmez G et al. Cerebral white-matter lesions in asymptomatic military divers. Aviat Space Environ Med 2009;80 :2-4.

Fueredi GA, Czarnecky DJ, Kindwall EP. MR findings in the brains of compressed air tunnel workers: relationship to psychometric results. Am J Neuroradiol 1991;12:67-70.

Ors F, Sonmez G, Yildiz S, Uzun G, Senol MG, Mutlu H, Saracoglu M. Incidence of ischemic brain lesions in hyperbaric chamber inside attendants. Adv Ther 2006;6:1009-15.

Instruction à l'hypoxie en caisson hypobare au profit du personnel navigant

Dr J. Boissin

Département de médecine aéronautique opérationnelle (DMAO), Mont de Marsan

Le risque hypoxique lié à l'altitude est connu depuis les premières ascensions en haute altitude. Depuis des dizaines d'années les effets physiologiques et cognitifs de l'hypoxie d'altitude ont été étudiés et ont mené d'une part à des progrès technologiques dans l'aviation, diminuant l'incidence de l'hypoxie, et d'autre part à l'éducation du personnel navigant. Toutefois, le risque hypoxique demeure : 656 incidents hypoxiques rapportés pour l'US Air Force de 1976 à 1990.

La formation à l'hypoxie du personnel navigant est donc un enjeu majeur de sécurité des vols. Elle débute dès les phases d'instruction initiale du personnel navigant et a pour objectif de lui faire connaître les symptômes d'hypoxie afin qu'il les reconnaisse en vol pour rapidement s'y soustraire (« detection and recovery »). Elle fait l'objet de rafraichissements réguliers dans la carrière du personnel navigant, tous les 5 ans. La formation à l'hypoxie d'altitude est recommandée au sein de toutes les forces armées de l'OTAN et est régie par le STANAG 3114. Cette formation est traditionnellement effectuée en caisson hypobare. Différents profils peuvent être employés afin de s'adapter aux conditions de vol des personnels navigants. Le plus classique met en jeu une montée type décompression rapide de 8000 à 25 000 ft et une exposition d'environ 5 min à l'altitude sous respiration d'air ambiant : l'objectif est que le PN se familiarise avec les effets de la décompression rapide (brouillard) ressente les symptômes hypoxiques et s'entraine à la mise en place du masque d'oxygène (mask on). D'autres profils peuvent être mis en œuvre notamment pour l'aviation de chasse, l'altitude maximale atteinte étant plus élevée 35 000 voire 38 000 ft.

L'intérêt de la formation pratique en caisson hypobare à l'altitude fait l'objet d'études régulières : les symptômes hypoxiques ressentis par le pilote en caisson hypobare permettent-ils à celui-ci de reconnaître une hypoxie en vol ? Se pose ainsi la question de la reproductibilité des symptômes hypoxiques. Par ailleurs, y a-t-il un réel bénéfice/risque de l'instruction par rapport aux dangers de l'exposition en caisson hypobare ?

La question de la reproductibilité des symptômes hypoxiques en chambre d'altitude versus hypoxie en vol parait désormais admise (2 ;3).

L'hypoxie est insidieuse, et altère les fonctions cognitives du sujet, menant à son incapacitation en vol, précédent sa perte de conscience. L'objectif de la formation est que le pilote en vol reconnaisse rapidement comme hypoxique des symptômes variés auquel il n'aurait pas forcément prêté attention sans formation préalable : fatigue, viscosité mentale, troubles du jugement, du comportement de la mémoire, modification du rythme cardio-respiratoire, trouble de la vision. L'atteinte précoce de la mémoire de travail a donné lieu à des travaux de thèse originaux (Malle C. 2013)

Les études portant sur les témoignages de PN exposés à l'hypoxie en vol démontrent la reproductibilité des symptômes hypoxiques en vol et facilitent la reconnaissance de l'hypoxie (Montmerle, CEETO 2014, Files and Al 2005, Andrew and Al 2011). Toutefois Andrew (2) montre que la mémoire des symptômes peut être fragile.

Si l'intérêt de la formation à l'hypoxie ne fait aucun doute, en revanche, de nombreuses études actuellement s'interrogent sur les risques encourus par le personnel encadrant ou les stagiaires.

En effet, outre l'hypoxie, l'hypobarie expose aux risques de barotraumatismes et aéro-embolisme ou maladie de décompression (USAF de 0,2 à 0,4%, Hursch 2008 rapporte jusqu'à 188 incidents aéro-emboliques de 2004 à 2007).
Récemment Mc Guire (2013, 2014) a démontré l'existence d'anomalies de la substance blanche sur les IRM d'équipages U2 ayant ou non rapporté des incidents aéro-emboliques en vol, dont l'origine pourrait être liée au relargage de microbulles d'azote dans les capillaires cérébraux (5). Ces résultats ont ensuite été comparés à ceux de personnels assurant la sécurité des séances d'hypoxie d'altitude) ; Mc Guire n'a pas relevé de différences significatives entre les deux populations en termes de nombre ou volume des images, interpellant ainsi la population médicale. Ces résultats ont pour l'heure fait l'objet de communications orales (Ramstein 2013, 2014, ASMA 2014).
Le DMAO réalise actuellement la formation à l'hypoxie des personnels navigants de la défense, et ingénieurs d'essai de la DGA, des médecins dans le cadre du brevet de médecine aéronautique de la Défense, et des personnels réalisant les missions de largage très grande hauteur : parachutistes largueurs, divers.
Les formations sont standardisées : cours théorique sur les risques liés à l'altitude, dont l'hypoxie, préparation à la séance d'hypoxie avec le choix des équipements de tête masque et casque. Une attention toute particulière est donnée aux élèves pilotes en début de formation afin de leur prescrire leur futur équipement.
Les séances d'hypoxie hypobare sont programmées le matin.
Le nombre d'élèves est limité par le nombre de places à l'intérieur du caisson soit 4 places par montée et le nombre de personnels assurant la sécurité à l'intérieur du caisson qui sont au DMAO des infirmiers, oscillant entre 2 et 3. Chaque séance ne peut donc être réalisée qu'au profit de 8 à 12 élèves.
Chaque stagiaire est équipé de casque masque type chasse (casque Gueno, masqueUlmer 82GK) branché sur régulateur d'avion délivrant de l'oxygène 100%. Il est surveillé médicalement par monitorage des paramètres EEG, ECG et SpO2. Un infirmier à l'intérieur et deux médecins à l'extérieur du caisson encadrent les séances.
Afin de limiter le risque de maladie de décompression, une respiration d'oxygène pur ou dénitrogénation est effectuée pendant 45 min au sol.
Le profil de montées est standardisé : montée à vitesse constante jusqu'au pallier de 30 000 ft, et débranché de chaque sujet sur ordre du directeur de séance. Le débranché est obtenu par action sur une manette qui court-circuite le régulateur au profit de l'air ambiant caisson. Des tests cognitifs simples sont alors présentés au stagiaire qui y répond oralement et par écrit.
Le rebranché est effectué par l'infirmier sur ordre du directeur de séance.
Les critères de rebranché sont une mauvaise tolérance clinique, cardiaque tachycardie extrême troubles du rythme) , l'apparition à l'EEG d'ondes δ.
La descente est l'occasion d'un premier debriefing par le stagiaire. Ce dernier est ensuite complété par débriefing vidéo au sol.
Ces séances sont unanimement appréciées des stagiaires qui réalisent mieux leur vulnérabilité en situation hypoxique, et l'importance de réagir dès les premiers symptômes ressentis en vol.
Elles sont bien tolérées : peu d'incidents barotraumatiques, pas d'incidents aéro-emboliques, pas de syncope hypoxique : l'incidence des évènements barotraumatiques et aéro-emboliques des infirmiers est en revanche plus élevée.

Des différences notables existent entre l'hypoxie réalisée au DMAO et les recommandations du STANAG 3114.
Les démonstrations sont réalisées « mask on », et ne réalisent donc pas l'entrainement à la gestuelle de la mise en place de masque d'oxygénation. Les évènements hypoxiques rapportés sur la base Vortex armée de l'air montrent toutefois une nette prépondérance des incidents hypoxiques sur avion de chasse (mask on).
Il n'existe pas de décompression rapide, afin de préserver les infirmiers qui encadrent ces séances toutes les semaines.
L'altitude pallier de 30 000 ft permet de limiter la durée totale d'exposition à l'altitude, tout en s'assurant que les symptômes liés à l'hypoxie soient suffisamment nets pour que le sujet en ait conscience : 2 à 3min en moyenne au FL 300 pour près de 10 min au FL 250 (Gouars et Al 1973).
En revanche, le petit nombre de places offertes ne permet pas de réaliser le rafraichissement de la population PN chasse mais seulement des personnels qui réalisent les missions de largage très grande hauteur (18 000 à 24 000 ft) soit environ 300 à 400 stagiaires par an.
Les récents travaux de M Guire ont entrainé une modification de la planification des séances en caisson hypobare : initialement programmées une fois par semaine, ces séances sont désormais limitées à une séance tous les 15 j : ce nouveau planning a d'ores et déjà limité l'incidence des bends dont étaient victimes les personnels infirmiers.
Pour répondre au besoin de l'instruction tout en assurant une pleine sécurité des séances d'instruction, le DMAO devrait très prochainement mettre en place des séances d'instruction à l'hypoxie normobare. La validité de ce type d'instruction est en effet démontré (7,8,9).

Références

1 Stanag 3114 AMD (Ed 8) Aeromédical training of flight personal

2 Andrew D, WebbJT, Wier GS. Recollection of hypoxia symptoms between training events Aviat SpaceEnviron Med2011 ;82 :1143-7

3 Files DS, Webb, JT, Pilmanis AA. Depressurization in military aircraft : rates, rapidity ad health effects,for 1055 incidents Aviat SpaceEnviron Med2005 ;76 :523-9

4 Malle C.,Quinette P.LaisneyM Bourrilhon C, Boissin J.,Desgranges B, EustacheF, Pierard C. Working memory in pilots exposd to acute hypobaric hypoxia Aviat SpaceEnviron Med2013 ;84 :773-9

5 Mc Guire S., and Al Lower neuro-cognitive function in U2 pilots AA Neurology 2014 ;83 (12) :638-645

6 Gouars M.,Guillermain M.,,Chatelier G.,Galban.Appréciation de la tolérance à l'hypoxie au caisson à dépression, Revue de méd Aero et spatiale 1973 ; 45 : 1-2

7 EvettsG.,and Al :a comparison of acute hypoxia induced by low concentration of oxygen at ground level,10000 ft and by air at 25000 ft. Implications for military aircrew Non publié
8 David A. Joseph G., Mandella OForster M.,Shafsfstall R. : Physiological equivalence of normobaric and hypobaric exposures of humans to 25000 ft (7620m) Aviat Space Environ Med2011 ;82 (2):97-103

9 Dieussin E .,Artino A.,FolgaR. In flight hypoxia events in tactical jet aviation : characteristics compared to normobaric training Aviat Space Environ Med 2011 ;82 :775-781

Instruction à l'hypoxie hypobare au profit du personnel navigant. Intérêt et risques spécifiques.

Dr M. Coulange[1], A. Roullaud[1], A. Desplantes[1], E. Thomas[1], B. Barberon[1], A. Barthélémy[1], M. R. Gros[2], Pr J.P. Auffray[1]

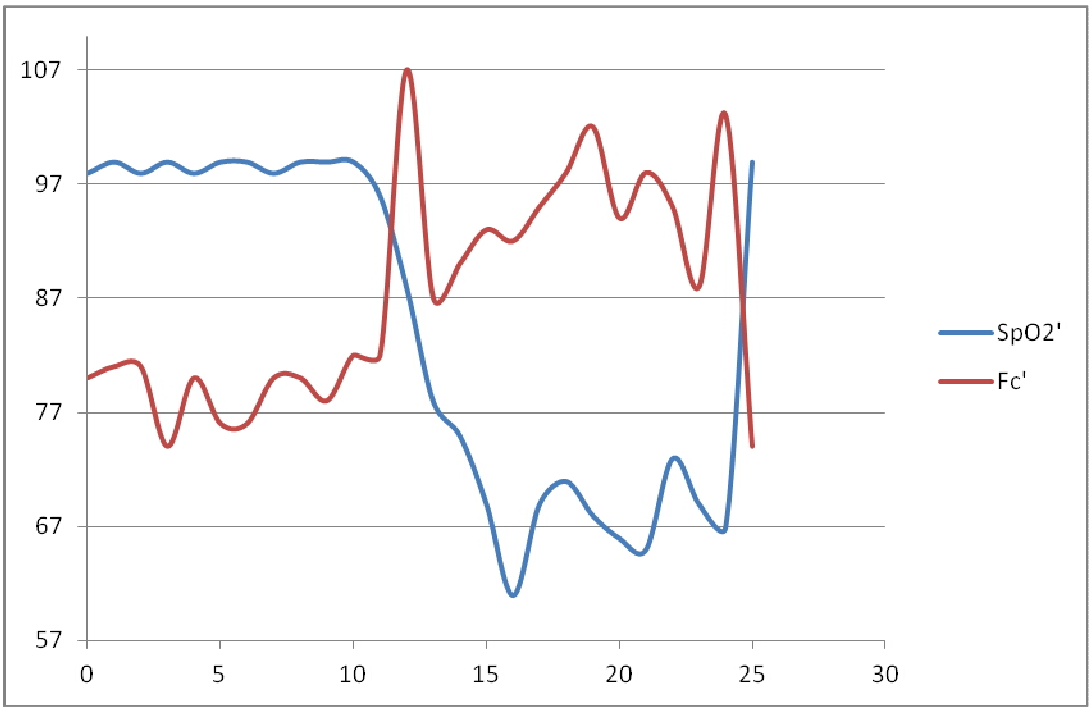
1. Pôle Réanimation Urgences SAMU Hyperbarie (RUSH), CHU Ste Marguerite, APHM, Marseille
2. EPNER, Istres

Les personnels navigants sont susceptibles d'évoluer à des altitudes où la pression ambiante est si faible que la pression partielle en oxygène ne permet plus d'assurer le maintien d'une oxygénation correcte des tissus de l'organisme ; il s'agit de l'hypoxie d'altitude. Les conséquences sont nombreuses comme l'augmentation de la fréquence respiratoire et de la fréquence cardiaque, l'altération des fonctions neurologiques (difficultés de concentration, de raisonnement, dégradation du jugement et des capacités d'autocritique, troubles de l'humeur avec euphorie ou irritabilité, troubles de la coordination motrice), l'altération de la vision (diminution du champ visuel, perte de la vision des couleurs, flou visuel) ou encore la syncope hypoxique. L'hypoxie d'altitude s'installe de façon insidieuse et les signes annonciateurs varient en fonction du temps et de l'individu. La probabilité de la survenue d'une hypoxie d'altitude est relativement élevée. En effet, Deussing *et al.* mettent en évidence une prévalence de symptômes liés à l'hypoxie chez 20% des pilotes interrogés [2]. En France, l'analyse des évènements aériens a conduit la division sécurité des vols à faire paraitre un numéro spécial du « VORTEX Info » intégralement consacré à l'hypoxie. Les données de 1980 à 2009 sont de 183 évènements d'hypoxie en vol avec 29% en chasse [3]. La survenue d'une hypoxie peut compromettre la survie des personnels navigants, de l'aéronef ou le succès de la mission en cours. Il est donc primordial de sensibiliser les personnels navigants à cette hypoxie et de simuler ses effets afin de pouvoir la dépister.
Pour ces raisons et depuis de nombreuses années, les personnels navigants militaires sont sensibilisés à l'hypoxie d'altitude par réalisation de séances en chambre hypobare. En France, ces tests sont réalisés au Département de Médecine Aéronautique Opérationnelle de Mont de Marsan. Le principe est de provoquer une hypoxie dans la chambre hypobare par diminution de la pression ambiante. En pratique, les personnels testés sont installés dans la chambre hypobare avec leur équipement de vol habituel. Un infirmier spécialisé accompagne chaque session. La fréquence cardiaque, la saturation transcutanée en oxygène et le tracé électro-encéphalographique de chaque personnel testé sont surveillés de façon permanente. En fonction du type de vol pratiqué par le personnel testé, la dépressurisation dans la chambre hypobare est variable. A l'altitude simulée déterminée, le personnel navigant débranche son inhalateur d'oxygène et inhale donc un mélange hypoxique. La durée de la simulation hypoxique est variable, en tout état de cause le test est interrompu si la fréquence cardiaque dépasse 140 battements par minute ou si la saturation transcutanée en oxygène chute en-dessous de 60%. Le problème posé par les simulations en hypobarie est qu'en plus des risques liés à l'hypoxie, la dépressurisation expose à deux grands types de complication : les accidents de désaturation et les barotraumatismes. Les accidents de désaturation sont liés aux phénomènes bullaires consécutifs au relargage d'azote lors de la baisse de la pression ambiante. En effet, selon la loi de Henry, la diffusion d'un gaz dans un liquide est proportionnelle à sa pression partielle et sa vitesse de diffusion entre les milieux biologiques et la surface d'échange dépend de la différence de pression partielle entre ces

milieux et l'air ambiant. Avec l'altitude, la pression partielle d'azote diminue, il y a donc un risque de sursaturation des liquides biologiques pouvant entrainer la formation de bulles au niveau de la circulation. Ces bulles peuvent être responsables d'accidents ischémiques par occlusion du lit vasculaire. Les barotraumatismes sont liés à l'augmentation des volumes gazeux au niveau des organes aérés. En effet, selon la loi de Mariotte, le produit Pression x Volume est constant. Si la pression diminue, le volume du gaz considéré augmente. Il y a donc mise en tension des parois des cavités aérées qui peut entrainer des otites barotraumatiques ou des douleurs sinusiennes, dentaires, thoraciques, digestives… . L'analyse de la littérature montre que les incidents ou accidents survenus en chambre hypobare lors de la simulation de l'hypoxie d'altitude chez les personnels navigants militaires ne sont pas rares. En effet, Ohrui *et al.* retrouvent une incidence de 6,3% d'incidents [4]. Il s'agit essentiellement de barotraumatismes entraînant douleurs dentaires, douleurs abdominales ou douleurs sinusiennes. Les accidents de désaturation sont rares dans cette étude, il s'agit essentiellement d'accidents cutanés ou articulaires. Crowell *et al*. montrent une incidence très élevée d'incidents barotraumatiques avec 60,5% d'incidents sur 2744 sujets testés et 0,32% d'accidents de désaturation [5]. Rice *et al*. évoquent une incidence de 0,19% d'accident de désaturation a été mise en évidence sur 50355 tests soit 161 incidents [6]. Enfin, il existe un risque d'incendie avec 3 décès recensés depuis 1923 [7]. De plus, la simulation en chambre hypobare ne peut concerner que 4 personnels navigants par séance, ce qui pose des problèmes organisationnels importants. Les risques de survenue d'un accident de désaturation imposent de réaliser une dénitrogénation par inhalation de dioxygène pur pendant une durée variable selon l'altitude simulée envisagée, en général de 30 à 75 minutes. Chaque séance est accompagnée d'un infirmier spécialisé qui ne peut réaliser que quelques simulations par semaine au vu des risques d'accidents de désaturation auxquels il s'expose. Enfin, il n'existe en France qu'une unité pour la réalisation des tests hypobariques, il s'agit du Département de Médecine Aéronautique Opérationnelle de Mont de Marsan. L'ensemble de ces contraintes rend le respect des recommandations pour l'instruction des personnels navigants difficile voire impossible. En effet, le STANAG 3114 prévoit selon les aéronefs concernés une première épreuve de simulation de l'hypoxie d'altitude qui doit être renouvelée tous les 5 ans [1]. De plus, les contraintes de place à l'intérieur de la chambre hypobare et le risque d'incendie limitent les possibilités de mise en place de simulateurs de vol. Les personnels testés réalisent des tests psychotechniques qui rendent bien compte des effets de l'hypoxie mais qui sont très éloignés de la réalité du vol.

Les équipes internationales ont ainsi développé des dispositifs permettant de réaliser un test en hypoxie normobare (ROBD : Reduce Oxygen Breathing Device). La performance est similaire tout en optimisant la sécurité [8]. Le dispositif peut également être utilisable sur simulateur. Afin de répondre à une demande de l'EPNER (Ecole du Personnel Navigant d'Essais et de Réception) et au vu de notre expérience dans le domaine de l'hypoxie et de l'hypobarie, nous avons établi une procédure de visite de sensibilisation des personnels navigants au risque hypoxique sur simulateur de vol avec ventilation d'un mélange hypoxique à une FiO2 de 12% en hypobarie avec une pression d'environ 715 hPa. Cette pression est proche de l'altitude de rétablissement des cabines des avions commerciaux [9]. Cent vingt personnels navigants seront évalués sur 4 ans. Il s'agit d'une simulation ayant pour objectif de reproduire l'impact sur la qualité de vol d'une fuite au niveau du masque inhalateur à une altitude cabine d'environ 7000 mètres (FL 230 – 410 hPa). Dans ces conditions, la ventilation d'air entraine une chute de la PpO2 à 86 hPa. Ceci permet de se rapprocher au maximum de la réalité tout en limitant les contraintes de l'hypobarie et en

réduisant le niveau d'hypoxie par rapport aux tests réalisés par l'armée française où la PpO2 peut atteindre 60 hPa, équivalent à la ventilation d'air à 9.500 m (FL 310) [10]. Une étude de faisabilité sur 10 sujets a été effectué en normobarie avec ventilation d'un mélange hypoxique (PpO2 = 86 hPa) sur une durée de 15 min. L'impact sur la qualité du vol a été considéré comme suffisant par les instructeurs. Aucun arrêt prématuré n'a été constaté. La SaO_2 minimale était en moyenne de 71%, la PaO_2 minimale de 39 mmHg et la FC maximale de 117 bat / min. Le protocole s'est déroulé sans incident.



Evolution de la SpO2 et de la Fc chez un des dix sujets testés, en fonction du temps (ventilation du mélange hypoxique de la 10ème à la 25ème minute)

Références

1. Stanag 3114 AMD (edition 8), Aeromedical training of flight personnel

2. Deussing EC, Artino AR Jr, Folga RV. In-flight hypoxia events in tactical jet aviation: characteristics compared to normobaric training. Aviat Space Environ Med. 2011 Aug;82(8):775-81

3. Spécial hypoxie. Vortex info. 2004 ;5 :1-4

4. Ohrui N, Takeuchi A, Tong A, Ohuchi M, Iwata M, Sonoda H, Yamasaki S, Akasaki S, Hakamata N, Ohashi K, Nakamura A. Physiological incidents during 39 years of hypobaric chamber training in Japan. Aviat Space Environ Med. 2002 Apr;73(4):395-8

5. Crowell LB. A five-year survey of hypobaric chamber physiological incidents in the Canadian Forces. Aviat Space Environ Med. 1983 Nov;54(11):1034-6

6. Rice GM, Moore JL Jr. Type II decompression sickness in naval hypobaric chambers: A case of mistaken identity? Aviat Space Environ Med. 2005 Sep;76(9):841-6

7. Sheffield PJ, Desautels DA. Hyperbaric and hypobaric chamber fires: a 73-year analysis. Undersea Hyperb Med. 1997 Sep;24(3):153-64

8. Westerman R, Bassovitch, Cable G. Effectiveness of the GO2Altitude Hypoxia Training System. JASAM. 2010,5(1) :7-12

9. Roubinian N, Elliot CG et al. Effects of commercial air travel on patients with pulmonary hypertension air travel and pulmonary hypertension. Chest, 2012 Oct; 142(4): 885-892.

10. Dillard T, Moores L et al. The preflight evaluation: a comparison of the hypoxia inhalation test with hypobaric exposure. Chest, 1995; 107(2): 352-357.

Etude par tubomanométrie des effets de l'hypobarie et de l'hypoxie sur le système isobarique de l'oreille moyenne

Dr M. Collin, M. Coulange, J. Mancini, M. Montava, Y. Jammes, A. Devèze, J-P. Lavieille.

1. Department of Otolaryngology, University Hospital Nord, Assistance Publique Hôpitaux de Marseille
2. Department of Sub aquatic and hyperbaric medicine , University Hospital Sainte Marguerite, Assistance Publique Hôpitaux de Marseille
3. Department of Public Health and Medical Information, University Hospital Timone, Assistance Publique Hôpitaux de Marseille
4. Faculty of Medicine, Laboratoire d'Enseignement et de Recherche sur le Traitement de l'Information Médicale (EA 3283), Marseille
5. Department of clinical repiratory physiology, University Hospital Nord, Assistance Publique Hôpitaux de Marseille
6. Faculty of Medicine, UMR MD2 P2COE, Marseille, France

Objectif : évaluation des effets de l'hypobarie et de l'hypoxie sur le fonctionnement du système isobarique de l'oreille moyenne (SIOM). La montée en altitude s'accompagnant d'une diminution de la pression atmosphérique et de la pression partielle d'oxygène, il est intéressant d'étudier le retentissement éventuel de l'hypobarie et de l'hypoxie sur l'ouverture du tube auditif.
Matériels et méthodes : étude expérimentale prospective où les sujets sont soumis à une hypobarie en caisson et/ou à une hypoxie par inhalation d'un mélange gazeux hypoxique. 25 oreilles ont été évaluées par tubomanométrie (TMM) dans 4 conditions expérimentales associant normobarie ou hypobarie (P = 0,5 atm) avec normoxie (Pp O_2 = 0,21 bar) ou hypoxie (Pp O_2 = 0,15 bar). L'indice de latence d'ouverture « R », reflétant la rapidité de l'ouverture du tube auditif, était mesuré pour chaque oreille dans chacune des conditions.
Résultats : l'exposition des sujets à l'hypobarie, sans hypoxie associée, augmente significativement l'indice de latence d'ouverture du tube auditif ($p \leq 0,002$). Le SIOM est également sensible à l'hypoxie qui altère son fonctionnement et retarde l'ouverture du tube auditif ($p \leq 0,002$). De plus l'hypobarie et l'hypoxie ont un impact plus important sur le SIOM lorsqu'elles sont associées.
Conclusion : l'hypobarie et l'hypoxie ont chacune un effet péjoratif sur le système isobarique de l'oreille moyenne et leur association potentialise cet impact. L'hypothèse d'un système physiologique complexe responsable de la régulation de la pression de l'oreille moyenne est confirmée. Le SIOM intègre des paramètres relatifs aux conditions pressionnelles et d'oxygénation de l'environnement. Cette étude ouvre la voie à une meilleure compréhension des mécanismes d'ouverture de la trompe d'Eustache et donc des barotraumatismes, notamment chez les personnes exposées aux variations rapides de la pression atmosphérique dans le domaine de l'aéronautique.

RECOMMANDATIONS AUX AUTEURS

MANUSCRIT:
Le manuscrit soumis pour publication sera adressé, à l'Editeur du Bulletin (Dr JC ROSTAIN - Physiopathologie et Action Thérapeutique des Gaz Sous Pression - UPRES - EA 3280 - Faculté de Médecine Nord - 13344 Marseille Cedex 15 –), soit en triple exemplaires, y compris les tableaux, figures, annexes et résumés (total de 9 pages maximum, sauf accord préalable) et enregistré sur une disquette au format Word (.doc) pour PC, soit de préférence adressé par courriel à jean-claude.rostain@univmed.fr.
Le texte sera écrit en français, en Times New Roman 12, simple interligne, texte justifié, début de paragraphe sans retrait, saut d'une ligne entre chaque paragraphe. Les pages seront numérotées de 1 à 9 dès la page de titre (pagination automatique Word). Les titres seront précédés et suivis d'un saut de ligne. Pas de ponctuation en fin de titre.
Eviter les caractères italiques et les soulignements. Seules les abréviations internationales connues peuvent être utilisées. En ce qui concerne les signes peu courants, il faudra signaler leur justification, entre parenthèses, la première fois qu'ils apparaîtront dans le texte.
Un bref résumé de l'article en français et en anglais avec un titre en anglais, sera joint au manuscrit (150 mots ou 1000 caractères espaces compris pour chacun des résumés).
Chaque manuscrit devra comporter :
- les noms exacts et les prénoms des auteurs, ainsi que leurs adresses complètes avec l'e-mail du premier auteur
- le nom et l'adresse de l'hôpital, du centre ou de l'institut où a été réalisé le travail.
- le titre et le résumé en anglais, l'introduction, les matériels et méthode, les résultats, la discussion, les références et le résumé en français.

REFERENCES:
Les citations dans le texte se feront entre parenthèses de la façon suivante :
- 1 auteur : (Bennett 1975)
- 2 auteurs : (Rostain et Naquet 1974)
- 3 auteurs et plus : (Brauer et coll. 1974)

Les références bibliographiques seront présentées par ordre alphabétique :
- pour un mémoire : 1/ le nom des auteurs et les initiales de leurs prénoms ; 2/ le titre intégral du mémoire dans la langue originale ; 3/ le nom du journal (abrégé selon les normes internationales) ; 4/ l'année de parution ; 5/ le tome ; 6/ la première et la dernière page
- pour un livre : 1/ le nom des auteurs et les initiales de leurs prénoms ; 2/ le titre de l'ouvrage ; 3/ le numéro d'édition à partir de la seconde édition ; 4/ le nom de la maison d'édition ; 5/ la ville ; 6/ l'année de parution ; 7 / le nombre de pages
- pour un article dans un livre : 1/ le nom des auteurs et les initiales de leurs prénoms ; 2/ le titre intégral de l'article ; 3/ le nom de l'éditeur ; 4/ le titre de l'ouvrage ; 5/ le numéro d'édition à partir de la seconde édition ; 6/ le nom de la maison d'édition ; 7/ la ville ; 8/ l'année de parution ; 9/ le nombre de pages

Exemples
REVUE :
Rostain JC, Gardette B, Naquet R. Effects of exponential compression curves with nitrogen injection in man. J Appl Physiol 1987, 63 : 421-425.
LIVRE :
Jannasch HW, Marquis RE, Zimmerman AM, (eds). Current perspectives in High Pressure Biology. Academic Press, London. 1987, 341 p.
ARTICLE DANS UN LIVRE :
Rostain JC, Lemaire C, Naquet R. Deep diving, neurological problems. *In* : P. Dejours, (ed). Comparative physiology of environmental adaptations. Karger, Basel. 1987, p 38-47.

ILLUSTRATIONS:
Ne fournir que des photographies sur papier, des figures et schémas aux dimensions prévues pour la publication ou des reproductions de bonne qualité sur ordinateur.
Tenir compte du degré de réduction avant de fixer la dimension des lettres figurant sur le dessin.
Les schémas et illustrations seront numérotés en chiffres arabes. Les tableaux seront notés en chiffres romains. En ce qui concerne la radiologie, ne fournir que d'excellents tirages sur papier.
Dactylographier sur une feuille à part les légendes des figures. Légendes et figures sont a envoyés séparées du texte.

Bulletin de médecine subaquatique et hyperbare.
2014, 24, numéro 2

SOMMAIRE

ARTICLES

ETUDE EPIDEMIOLOGIQUE RETROSPECTIVE DES ACCIDENTS DE PLONGEE SOUS-MARINE AUTONOME PRIS EN CHARGE AU CENTRE HYPERBARE DU CHU DE BREST DE 2000 A 2009.
L DAUBRESSE, A HENCKES, L SOUQUIERE, G COCHARD. 47 – 56.

LA DECOUVERTE DE LA MALADIE DES PETITES VOIES RESPIRATOIRES LORS DE LA VISITE REVISIONNELLE DE PLONGEE : QUELLE ATTITUDE?
G KAROUI, AM SAKHRI, H SOUISSI, H DJMAIEL, H ASKRI, T KHELIFI, N GUERMEZI. 57 - 60.

APTITUDE MEDICALE AUX INTERVENTIONS EN MILIEU HYPERBARE : QUEL BILAN PARACLINIQUE ? LE POINT DE VUE DE L'ORL.
R MELLER. 61 – 62.

LETTRE A L'EDITEUR
E GEMPP 63 - 64

REUNION D'AUTOMNE : TOULON

PROGRAMME 65 – 67.

RESUMES 69 – 93.

Pronto Offset, 22 Chem. St Jean du Desert, 13005 Marseille