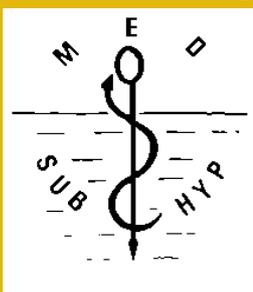


BULLETIN de MEDECINE SUBAQUATIQUE et HYPERBARE



**2020. Tome 30.
Numéro 2**

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



REVUE SEMESTRIELLE

Date de publication : Décembre 2020

**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 2020

Président:	COULANGE, M	Administrateurs :	ALBERTNI J-J.
Vice Présidents :	GEMPP, E.		BLATTEAU, J-E.
	LOUGE, P.		GUY, A.
Secrétaire général :	HENCKES, A		PIGNEL, R.
Secrétaire adjoint :	JOFFRE, T		POUSSARD, J.
Trésorier :	COURAUD, F.		REGNARD, J.
Trésorier adjoint :	PARMENTIER, E.		RIU POULENC, B.
			SOUDAY, V.

.CONSEIL SCIENTIFIQUE

Coordinateur :	MELIET, J.L.		
Conseillers :	BARBERON, B.		BLATTEAU J-E.
	DEMAISTRE S.		DUCASSE, J-L.
	GUERERO, F.		LETELLIER, P.
	LUIS, D.		ROSTAIN, J.C.
	WENDLING, J.		WILLEN, C.
Membres de droit	COULANGE, M.		REGNARD J.
	Président		Président sortant

Secrétariat: Dr. A. Henckes.
secretaire@medsubhyp.fr

BULLETIN de MEDECINE SUBAQUATIQUE et HYPERBARE
2020. Tome 30, Numéro 2.

Dépôt légal : 23 juillet 2020
3448 6781®

ISSN 1248 - 2846

Responsable de la rédaction
A. Henckes

Directeur de la publication
J.C. Rostain

Imprimeur

Pronto Offset/Sud Graphic, 22 Chem. St Jean du Désert, 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 2020

TROUBLES DE CONSCIENCE ET TETRAPARESIES AU DECOURS D'UNE PLONGEE SUBAQUATIQUE DE LOISIR, A PROPOS D'UN CAS.

P-L. DUFRESNE, J. MORIN, A. DRUELLE, R. ROFFI, H. LEHOT, J-E. BLATTEAU. Service de médecine hyperbare et d'expertise plongée (SMHEP), Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne, 83800 Armées, Toulon, (France).

ABSTRACT

Disorders of consciousness and tetraparesies at the decours of an underwater recreational dive, about a case. PLDufresne, J Morin, A Druelle, R Roffi, H Lehot, JE Blatteau. Bull. MEDSUBHYP 2020, 30 (2) : 37-46.

We report the case of a diving accident in a young 19 year old woman who presented cerebral and medullary neurological symptoms after a recreational dive without violation of the decompression procedure. Despite the hyperbaric therapeutic management, the patient has very serious sequelae with persistent tetraparesis. This accident is linked to the presence of a congenital pulmonary cyst, discovered during her hospitalization. This cyst is at the origin of a pulmonary barotrauma with cerebral air gas embolism with an associated spinal cord decompression sickness. Given the severity of the clinical forms of pulmonary barotrauma, we discuss the interest of a systematic screening of blebs or cysts by computed tomography of the chest before the practice of professional or recreational scuba diving.

Keywords: pulmonary barotrauma, decompression sickness, bubbles, aeroembolism, quadriplegia, pulmonary cyst, computed tomography chest

INTRODUCTION

Dans la majorité des cas, la prise en charge des accidents de plongée est d'évolution favorable avec des séquelles minimales voire inexistantes. Nous présentons le cas d'un accident gravissime occasionnant un niveau de handicap neurologique majeur, survenu au décours d'une activité de plongée de loisir des plus banales.

Ce cas clinique met en évidence les difficultés liées au diagnostic et à la prise en charge de ces formes cliniques inhabituelles. Une réflexion relative au dépistage systématique des contreindications médicales à la plongée est proposée afin de prévenir la survenue de ces cas dramatiques.

CAS CLINIQUE

Une jeune plongeuse âgée de 19 ans a été admise pour un accident de plongée au centre hyperbare de l'HIA Sainte-Anne en juillet 2019. Il s'agit d'une plongeuse de Niveau 2 FFESSM depuis

2016 qui totalise 22 plongées. L'unique antécédent notable est une amygdalectomie compliquée d'une hémorragie, sans séquelle. Elle n'a pas de traitement médicamenteux et n'a pas d'allergie connue.

Après plusieurs mois d'interruption, elle reprend la plongée la veille de son accident avec une plongée au large de Cavalaire réalisée à la profondeur de 23 m pour 45 min de durée totale avec un palier d'une minute à 3 mètres. Cette plongée de reprise s'effectue sans problème particulier, cependant elle présente dans la soirée une gêne à type d'hypoesthésie transitoire au niveau de la main droite accompagnée de céphalées. Le lendemain matin, elle est un peu fatiguée mais les symptômes ayant disparu, elle effectue une nouvelle plongée. Il s'agit également d'une plongée d'exploration à l'air comprimé, sans effort, à la profondeur de 39 mètres pour 17 min au fond avec un palier de 6 min réalisé entre 5 et 3 m (Figure 1). Les conditions environnementales sont bonnes. Deux minutes avant la fin du palier, elle signale au moniteur de plongée une gêne au niveau de son bras droit. Le moniteur l'assiste et poursuit la fin

du palier prévu. La vitesse de remontée est respectée ainsi que la procédure de décompression. Il n'y a pas de notion de remontée panique, ni de blocage respiratoire.

Elle est maintenue sous oxygène normobare pendant toute la durée de l'évacuation par hélicoptère vers le centre hyperbare de l'HIA Sainte-Anne. A l'admission au centre à 11h35, elle présente un trouble confusionnel et une

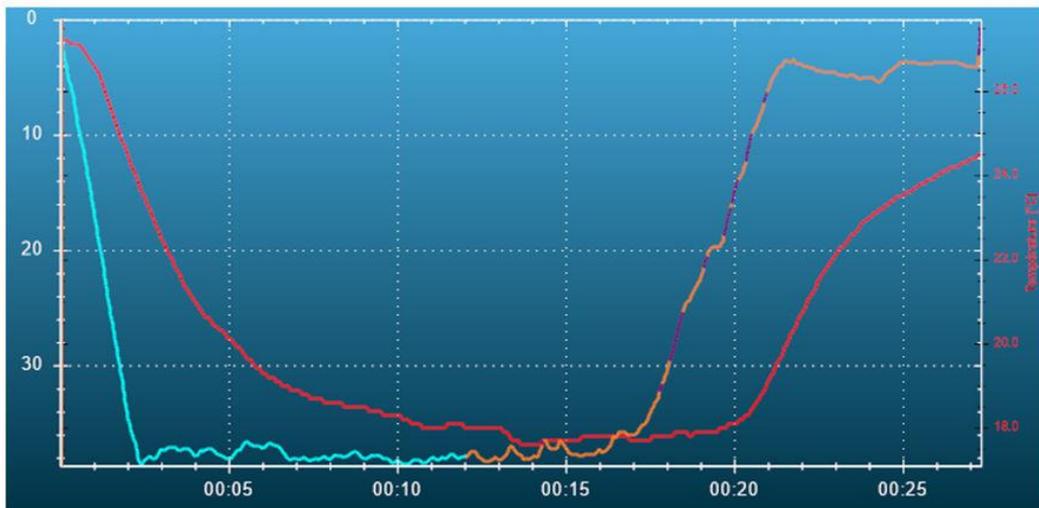


Figure 1 : Profil de la plongée accidentogène.

A la sortie de l'eau à 10h00, après avoir été hissée à bord du bateau, elle perd connaissance. Elle est tout de suite mise en position latérale de sécurité, et bénéficie d'une oxygénothérapie normobare au masque haute concentration à 15L/min. Le bilan réalisé par l'équipe du SAMU dépêchée par voie hélicoptérée constate que la patiente est consciente avec un Glasgow Coma Score à 15, l'examen initial ne met pas en évidence de déficit neurologique. La patiente est tachycarde à 140 bpm, avec une tension artérielle à 121/68 mmHg. Sur le plan respiratoire, il n'est pas noté de détresse, la saturation en oxygène est à 99% sous oxygène.

désorientation temporo spatiale importante avec un score de Glasgow à 12. Il n'y a pas d'atteinte des paires crâniennes, en revanche la patiente présente un déficit moteur des quatre membres avec une force motrice cotée à 1/5 pour les membres inférieurs et le membre supérieur gauche et à 3/5 pour le membre supérieur droit, un déficit sensitif avec un niveau métamérique sous-ombilical. Les réflexes ostéo-tendineux sont vifs, non polycinétiques avec un signe de Babinski bilatéral. Les constantes hémodynamiques sont bonnes, il n'y a pas d'atteinte cutanée ou ostéo-articulaire. Le score clinique d'évaluation de la sévérité initiale des accidents de désaturation (score de MEDSUBHYP) est élevé avec la valeur de 18, en

faveur d'un risque élevé de séquelles (Blatteau et al. 2011). Le bilan sanguin initial ne montre pas de modification significative, les valeurs de D-Dimères, d'hématocrite, d'albuminémie sont normales, l'ECG est également sans anomalie.

Devant ce tableau associant une perte de connaissance initiale et un déficit neurologique au décours d'une plongée, le diagnostic d'accident de décompression est évoqué en première intention. Pour éliminer le diagnostic différentiel d'un accident vasculaire cérébral du sujet jeune, une IRM cérébrale est réalisée en urgence. Celle-ci ne montre pas de lésion unique et focalisée. Le diagnostic d'accident de désaturation avec atteinte médullaire est privilégié, dans la mesure où l'absence de symptômes respiratoires et la réalisation d'une remontée contrôlée ne sont pas en faveur d'un barotraumatisme pulmonaire.

La patiente bénéficie d'une recompression thérapeutique à 12h41, selon les protocoles du service avec une table C18 d'une durée de 5 heures à 2,8 puis 1.9 ATA, associée à une perfusion de sérum salé isotonique, de lidocaïne au pousse seringue électrique, d'une corticothérapie intraveineuse, d'aspirine et de fluoxétine per os. Au cours de la recompression thérapeutique, l'apparition d'un globe vésical nécessite la pose d'une sonde urinaire à demeure.

A l'issue de cette première table thérapeutique, l'évaluation neurologique montre une bonne récupération des fonctions supérieures. En revanche on note l'apparition d'un déficit sensitif de niveau sus-ombilical et d'une aréflexie des quatre membres, avec un déficit moteur initial persistant. On note également une disparition du signe de Babinski bilatéral. Selon le protocole du service pour les accidents neurologiques déficitaires persistants, une table B18 héliox (O2/hélium 50/50 à 2,8ATA, 2h30) est réalisée 4h30 plus tard, sans modification de l'état clinique à l'issue.

Dans le cadre du bilan étiologique, une IRM médullaire est réalisée qui objective un important

œdème médullaire cervico-lombaire avec des hypersignaux T2 étagés de C6 à T2 et de T4 à T12 prédominant au niveau de la partie postérieure du cordon médullaire (Figure 2). L'IRM cérébrale montre également de multiples hypersignaux cérébraux notamment au niveau des corps calleux et des noyaux gris profonds (Figure 3). Compte-tenu de ce tableau neurologique gravissime, la poursuite d'une séance d'OHB15 (O2 ; 2,5ATA ; 1h30) quotidienne est proposée.

Par ailleurs, la visualisation d'un liseré aérique sur le bord gauche du cœur découvert lors de la radiographie pulmonaire fait suspecter la présence d'un pneumomédiastin (Figure 4). Le scanner thoracique confirme la présence d'un important pneumomédiastin diffusant au niveau cervical avec un emphysème sous-cutané ainsi qu'une petite lame de pneumothorax scissural associé. L'examen montre également la présence d'un pneumatocèle apical gauche congénital (Figure 5) avec en périphérie un amas de lésions d'emphysème évoquant un phénomène de diffusion d'air autour du pneumatocèle (Figure 6). Le diagnostic étiologique de barotraumatisme pulmonaire avec aéro-embolisme cérébro-médullaire est retenu sur ce terrain de kyste pulmonaire congénital. La recherche secondaire d'un shunt droite-gauche par échographie trans-thoracique avec épreuve de contraste est par ailleurs négative.

L'évolution est marquée par un transfert précoce en réanimation car la fonction respiratoire se dégrade du fait de l'apparition d'une pneumopathie précoce à haemophilus influenzae. Cette pneumopathie est secondaire à une baisse de la capacité de toux et la présence d'atélectasies à répétition du fait de l'atteinte médullaire haute. En raison de l'instabilité ventilatoire, la patiente est intubée et sera par la suite trachéotomisée, en prévision d'un sevrage respiratoire long. La patiente bénéficie du tube en T dans la journée et d'un ventilateur de domicile pour la nuit afin de limiter l'épuisement respiratoire.

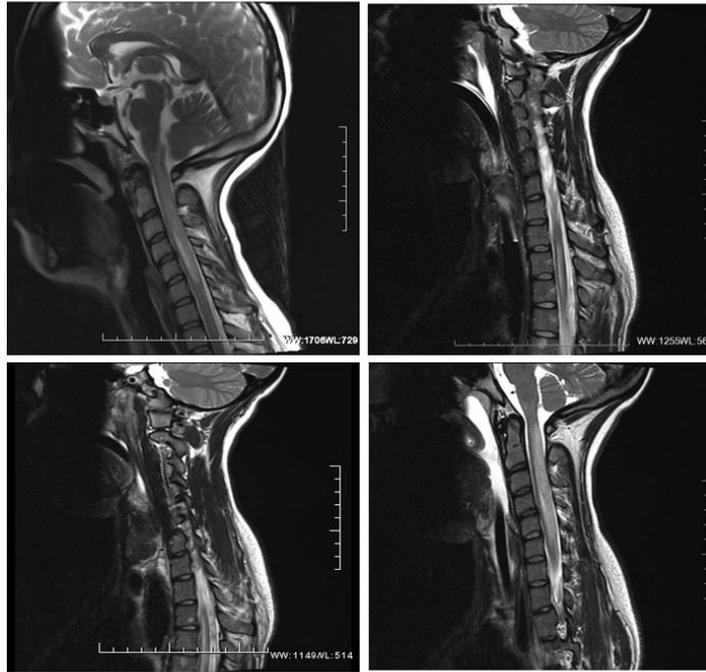


Figure 2 : IRM médullaire cervico-dorsale montrant la présence d'un important œdème au niveau cervical et dorsal haut.

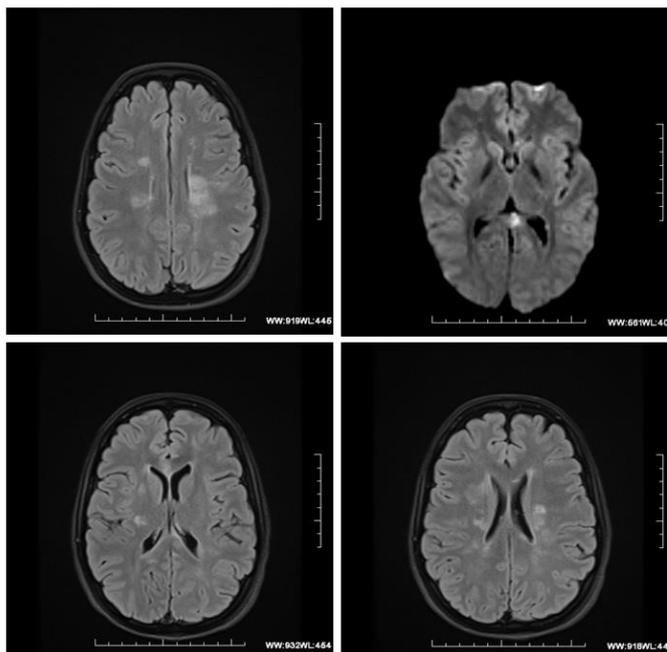


Figure 3 : IRM cérébrale montrant de multiples hypersignaux cérébraux au niveau des corps calleux et des noyaux gris profonds.

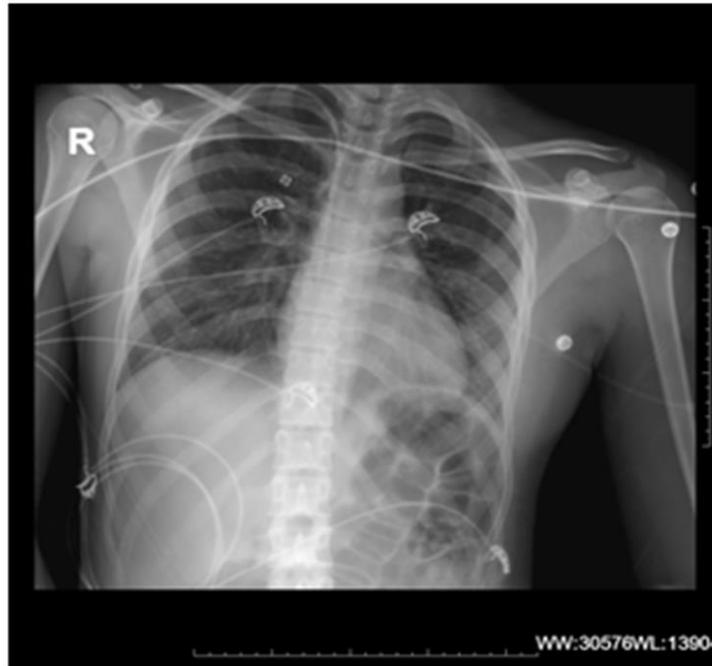


Figure 4 : Radiographie pulmonaire montrant un liseré aérique sur le bord gauche du cœur évocateur de pneumomédiastin.

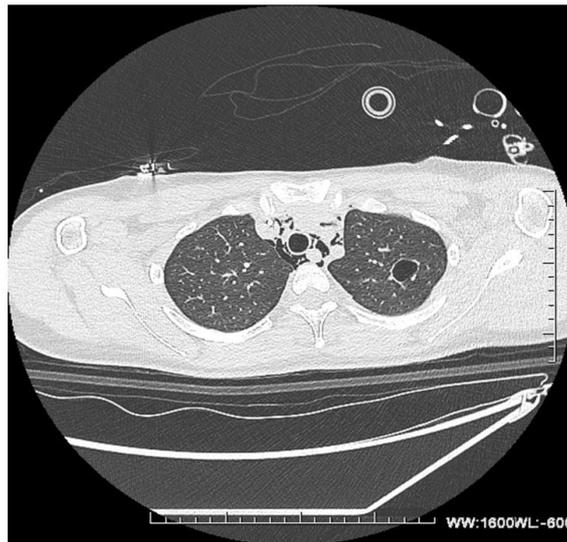


Figure 5 : Scanner thoracique visualisant un pneumatocèle apical gauche congénital.

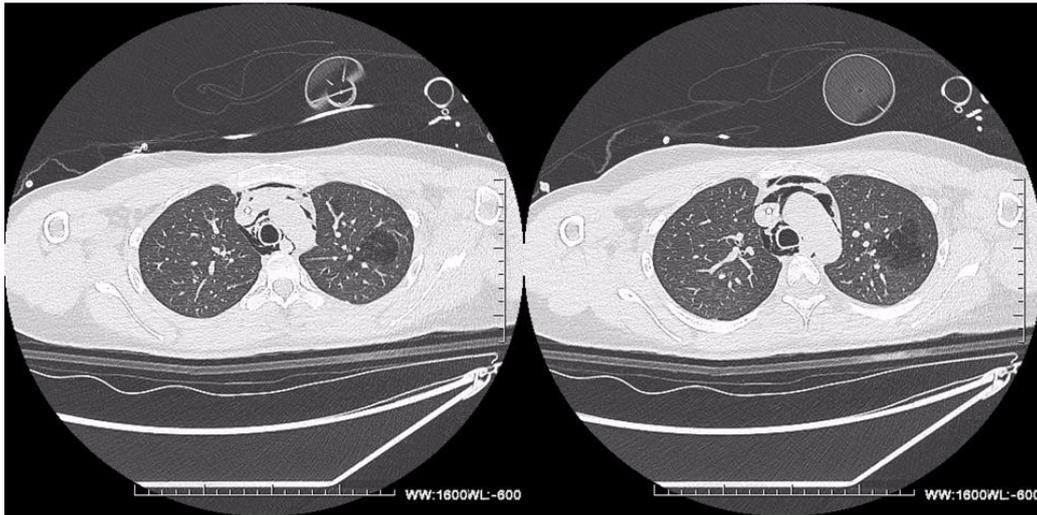


Figure 6 : Scanner thoracique mettant en évidence un processus de diffusion de l'air autour du kyste pulmonaire.

Compte-tenu des difficultés respiratoires, il est décidé d'interrompre le traitement hyperbare après un total de 6 séances d'OHB. Celui-ci a permis d'améliorer significativement les fonctions supérieures initialement dégradées, avec une amélioration cependant modeste sur l'état neurologique médullaire avec une légère récupération motrice sur les membres supérieurs.

A un mois, l'état de la patiente est stabilisé. L'évaluation neurologique retrouve une absence d'atteinte des fonctions supérieures ou des paires crâniennes, avec en revanche une anesthésie thermo-algique aux membres inférieurs de niveau L2 gauche et L3 droit, une hypoesthésie de niveau T7, une anesthésie épicroticienne bilatérale de niveau S2, avec une sensibilité normale au-dessus de T6 gauche et T8 droit. Il existe une paralysie complète des membres inférieurs et une paralysie partielle des membres supérieurs avec une force motrice à 2/5, excepté en C5 et C8 droit à 3/5 (Figure 7), avec par ailleurs une atteinte sphinctérienne globale.

L'amélioration progressive sur le plan respiratoire et la récupération du réflexe de toux ont permis de sevrer progressivement l'assistance ventilatoire. La

patiente a été secondairement transférée dans un centre de rééducation spécialisé pour les suites de sa prise en charge avec une bonne évolution à distance permettant de récupérer de la motricité au niveau des membres supérieurs.

DISCUSSION

Diagnostic étiologique

Après avoir éliminé le diagnostic d'AVC du sujet jeune par la réalisation d'une IRM en urgence (Bourron 2019), le diagnostic initialement retenu était celui d'un accident de désaturation mixte cérébral et médullaire grave, compte-tenu de l'épidémiologie des accidents de plongée et de l'anamnèse.

Les accidents de désaturation sont en effet particulièrement fréquents puisqu'ils représentent environ 55% des admissions pour le motif « accident de plongée » dans notre centre hyperbare. La forme neurologique médullaire est la plus fréquente, elle est identifiée dans environ 40 à 45% des cas d'accident de désaturation.

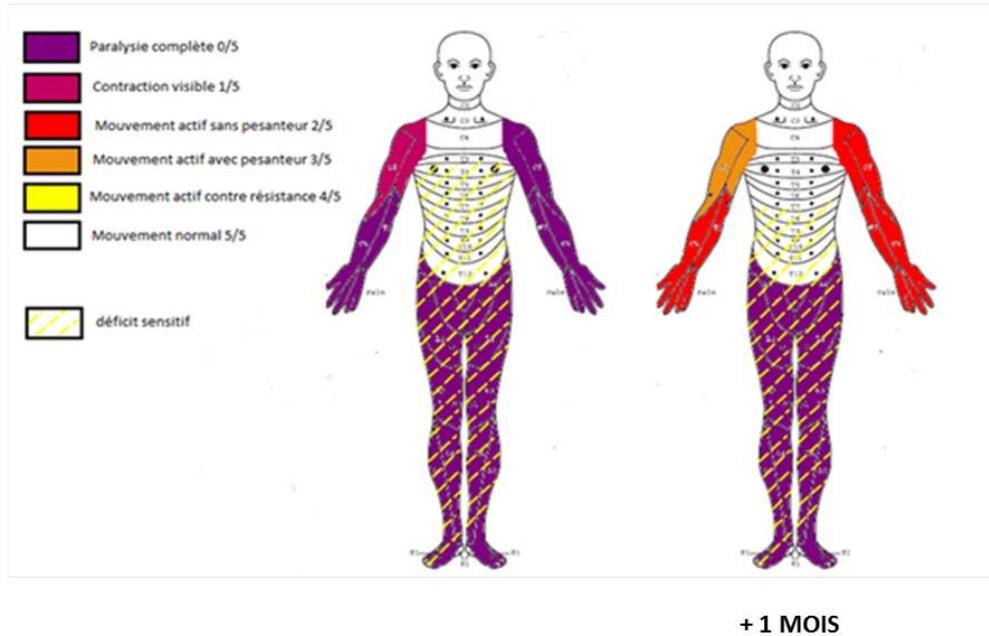


Figure 7 : Evolution de l'état clinique neurologique à 1 mois.

Le diagnostic d'accident de désaturation est évoqué en présence d'une plongée saturante, avec dans ce cas, une plongée effectuée à la profondeur de 39 m pour 17 min au fond, susceptible d'entraîner une formation de bulles significative dans l'organisme, y compris en respectant la procédure de décompression. Les formes neurologiques des accidents de désaturation s'expriment généralement dans les premières minutes qui suivent la sortie de l'eau, mais peuvent parfois, dans les formes graves, s'observer au cours du palier de décompression.

L'hypothèse d'un barotraumatisme pulmonaire avec aéroembolisme n'avait pas été retenue initialement du fait de l'absence de remontée rapide et de blocage expiratoire au cours de la plongée avec par ailleurs aucun signe respiratoire constaté initialement et lors de l'admission à l'hôpital. D'un point de vue épidémiologique les accidents barotraumatiques pulmonaires sont

beaucoup moins fréquents que les accidents de désaturation puisqu'ils ne représentent que 5% des admissions (Coulange et al. 2008). A noter que les formes graves avec aéroembolisme cérébral s'observent dans 18% des cas de barotraumatisme pulmonaire avec parfois mise en jeu du pronostic vital (Neuman 2003, Lippmann et al. 2011). La très grande majorité survient lors de plongées d'exercice et notamment dans un contexte de remontée sur expiration (Coulange et al. 2008, Lafere et al. 2009).

Le diagnostic de barotraumatisme pulmonaire a été suspecté à la suite de la réalisation d'une radiographie pulmonaire qui mettait en évidence un liseré aérique le long du bord gauche du cœur, signe évocateur de pneumomédiastin. Celui-ci a été confirmé par un scanner thoracique. Le diagnostic étiologique de barotraumatisme pulmonaire a été retenu en raison de la découverte d'un kyste pulmonaire congénital entouré d'un

amas de lésions d'emphysème évoquant un phénomène de diffusion d'air, avec par ailleurs, un pneumomédiastin, un emphysème sous-cutané (non décelable cliniquement) et une lame de pneumothorax. Dans ce contexte, les signes neurologiques cérébraux sont logiquement rattachables à un mécanisme d'aéroembolisme à partir du barotraumatisme pulmonaire. L'absence de shunt droite-gauche, qui est habituellement retrouvé dans 80% des accidents de désaturation cérébraux (Gempp et al. 2017), est cohérente avec cette hypothèse.

En revanche un mécanisme unique d'aéroembolisme artériel peut difficilement rendre compte de l'atteinte de la moelle épinière qui est touchée de manière diffuse du niveau cervical jusqu'au niveau dorsal en T12. Une atteinte mixte avec une composante aéroembolique associée à un accident de désaturation médullaire semble assez probable, si l'on s'en réfère aux travaux expérimentaux et aux descriptions dans la littérature (Hallenbeck et al. 1975, Neuman & Bove 1990, Neuman 2003). Dans ce cas, le mécanisme reste discuté, avec comme hypothèse un état immuno-inflammatoire initié par l'atteinte aéroembolique au niveau vasculaire qui favoriserait les processus biochimiques de la maladie de décompression secondaires à la formation de bulles au niveau médullaire (Neuman 2003).

Considérations sur l'aptitude médicale à la plongée

Ce cas de barotraumatisme pulmonaire sur kyste pulmonaire congénital, d'évolution particulièrement péjorative et survenant chez une jeune plongeuse de 19 ans, est de nature à nous questionner sur l'examen médical préalable à la pratique de la plongée sous-marine.

En France, l'attribution d'une licence pour la pratique de la plongée de loisir nécessite la présentation d'un certificat d'absence de contre-indication (CACI) établi par un médecin généraliste.

L'évaluation de la fonction pulmonaire repose avant tout sur le recueil des antécédents, des

habitudes toxiques et de l'examen clinique, avec parfois la réalisation d'une spirométrie, lorsque cet examen est disponible au cabinet médical. Le scanner thoracique est recommandé uniquement en cas de signes d'appel à l'interrogatoire, à l'examen clinique ou à l'exploration fonctionnelle.

Dans le cas présenté, la patiente avait bien bénéficié d'une visite médicale avec établissement d'un certificat, mais cette consultation n'avait pas décelé de pathologie respiratoire sous-jacente nécessitant la prescription d'un scanner thoracique. Le dépistage préalable d'un kyste pulmonaire aurait sans doute permis l'identification d'une contre-indication médicale à la pratique de la plongée sous-marine. En effet la présence de formations gazeuses à type de bulles d'emphysème ou de kystes pulmonaires est de nature à augmenter le risque de survenue d'un barotraumatisme pulmonaire (Tetzlaff et al. 1997, Reuter et al. 1997, Germonpré et al. 2008.). Ces pathologies, sont rarement décelables à l'examen clinique et n'ont pas forcément de répercussion sur le plan ventilatoire. De plus, il s'avère que la réalisation de la radiographie du thorax, qui a longtemps été l'examen radiologique de première intention, ne permet souvent pas de les visualiser.

Seule la réalisation d'un scanner thoracique permet de faire un dépistage fiable en amont de la pratique de la plongée (Reuter et al. 1997, Méliet 2016). Les recommandations pour la plongée professionnelle française précisent que le scanner doit être prescrit s'il existe des signes d'appel à l'interrogatoire, à l'examen clinique ou à l'exploration fonctionnelle (Méliet 2016). Cependant dans la majorité des cas, une formation aérienne pulmonaire est découverte de manière fortuite, sans aucun retentissement clinique ou à l'exploration fonctionnelle respiratoire.

Aujourd'hui le scanner thoracique « à faible dose » est proposé pour des indications à visée de dépistage dans certains pays, notamment pour les cancers pulmonaires dans le cadre du suivi des nodules pulmonaires (Yankelevitz et al., 2015). Il est à noter que le scanner « faible-dose » est un examen peu coûteux et moins irradiant qu'un scanner normal, et performant dans le cadre d'un

objectif de dépistage (Corneloup et al. 2015, Ferretti & Jankowski 2010).

Chez les plongeurs militaires français, le scanner thoracique est prescrit depuis 2018 de manière systématique lors de la visite médicale initiale afin de dépister des formations aériques pulmonaires à risque de survenue d'accident barotraumatique pulmonaire. Plusieurs sujets ont déjà fait l'objet de contre-indication définitive à la pratique de la plongée avec la découverte de bulles d'emphysème ou de kyste pulmonaire. Une étude prospective est en cours pour déterminer la prévalence de ces formations aériques dans cette population de candidats plongeur.

CONCLUSION

Compte-tenu de la sévérité des formes cliniques des accidents barotraumatiques pulmonaires qui peuvent engager le pronostic vital, il nous semble essentiel de pouvoir dépister toute anomalie anatomique susceptible d'en favoriser survenue.

La recherche systématique par scanner thoracique à faible dose d'une formation aérique pulmonaire, n'ayant habituellement aucun retentissement clinique, dans le cadre de la visite initiale d'absence de contre-indication à la pratique de la plongée sous-marine mérite d'être discutée. Cet examen pourrait être proposé aussi bien pour la pratique de la plongée professionnelle que de loisir.

RÉFÉRENCES

Blatteau JE, Gempp E, Simon O, Coulange M, Delafosse B, Souday V, Cochard G, Arvieux J, Henckes A, Lafere P, Germonpre P, Lapoussière 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: 120-127. PMID: 20734244 ; DOI: 10.1007/s12028-010-9370-1

Bourron A. Signes neurologiques en sortie de plongée: accident de décompression à expression cérébrale ou accident vasculaire cérébral. Thèse, soutenue le 18 janvier 2019. Faculté de médecine de Marseille. Sciences du Vivant (q-bio). 2019 (dumas-02117296).

Coulange M, Gourbeix JM, Grenaud JJ, D'Andrea C, Henckès A, Harms JD, Cochard G, Barthélémy A. La RSE en 2008 : bénéfiques vs risques ? Analyse rétrospective des barotraumatismes thoraciques. *Bulletin de médecine subaquatique et hyperbare* 2008, tome 18, 1 : 9-14.

Corneloup O, Delval O, Laurent F, Morin M, Vandermarcq P. Scanner thoracique basse dose en coupes millimétriques : mythe ou réalité. (Low-dose Chest CT with millimetric thin slices: myth or reality?) *Journal de radiologie* 2003 (84), 3: 305-310. DOI: JR-03-2003-84-3-0221-0363-101019-ART6

Ferretti G, Jankowski A. Doses d'exposition des examens radiologiques thoraciques (Radiation doses of radiological examinations of the thorax). *Revue des Maladies Respiratoires* 2010 (27), 6: 644-650 . DOI: 10.1016/j.rmr.2010.03.024

Gempp E, Lyard M, Louge P. Reliability of right to left shunt screening in the prevention of scuba diving related-decompression sickness. *Int J Cardiol* 2017, 248: 155-158. PMID: 28864135; DOI: 10.1016/j.ijcard.2017.08.059

Germonpré P, Balestra C, Pieters T. Influence of scuba diving on asymptomatic isolated pulmonary bullae. *Diving Hyperb Med* 2008, 38 (4): 206-211. PMID: 22692754

Hallenbeck JM, Bove AA, Elliott DH. Mechanisms underlying spinal cord damage in decompression sickness. *Neurology* 1975, 25(4): 308-316. PMID: 1168317; DOI:10.1212/wnl.25.4.308

Lafère P, Germonpré P, Balestra C. Pulmonary barotrauma in divers during emergency free ascent training: review of 124 cases. *Aviat Space Environ Med* 2009, 80: 1 – 5. PMID: 19378907; DOI:10.3357/asem.2402.2009

Lippmann J, Fock A, Arulanandam S. The diving doctor's diary. Cerebral arterial gas embolism with delayed treatment and a fatal outcome in a 14-year-old diver. *Diving Hyperb Med* 2011, 41 (1): 31-34. PMID: 21560983

Méliet JL, eds. Société de physiologie et de médecine subaquatiques et hyperbare de langue française. Prise en charge en santé au travail des travailleurs intervenant en conditions hyperbares. Recommandations de bonne pratique. 2016 (v4 July 7)

Neuman T, Bove A. Combined arterial gas embolism and decompression sickness following no-stop dives. *Undersea Biomed Research* 1990;17: 429-436. PMID: 2219551

Neuman T. Arterial gas embolism and pulmonary barotrauma. In: Bennett and Elliott's Physiology and

medicine of diving, 5th edition. Brubakk A, Neuman T, eds. Saunders 2003, chapter 10: 557-578.

Reuter M, Tetzlaff K, Warninghoff V, Steffens JC, Bettinghausen E, Heller M. Computed tomography of the chest in diving-related pulmonary barotrauma. *Br J Radiol* 1997, 70(833):4 40-445. PMID: 9227223; DOI:10.1259/bjr.70.833.9227223

Tetzlaff K, Reuter M, Leplow B, Heller M, Bettinghausen E. Risk factors for pulmonary barotrauma in divers. *Chest* 1997, 112: 654-659. PMID: 9315797; DOI: 10.1378/chest.112.3.654

Yankelevitz DF, Yip R, Smith JP, Liang M, Liu Y, Xu DM, Salvatore M, Wolf AS, Flores RM, Henschke CI. CT Screening for Lung Cancer: Nonsolid Nodules in Baseline and Annual Repeat Rounds. *Radiology*. 2015, 277(2):5 55-564. doi: 10.1148/radiol.2015142554. Epub 2015 Jun 23

RESUME

Troubles de conscience et tétraparésies au décours d'une plongée subaquatique de loisir, a propos d'un cas. PL Dufresne, J Morin, A Druelle, R Roffi, H Lehot, JE Blatteau. Bull. MEDSUBHYP 2020, 30 (2) : 37-46.

Nous rapportons le cas d'un accident de plongée survenu chez une jeune femme de 19 ans ayant présenté des symptômes neurologiques cérébraux et médullaires au décours d'une plongée de loisir, avec respect de la procédure de décompression. Malgré la prise en charge thérapeutique hyperbare, la patiente présente de très lourdes séquelles à type de tétraparésies. Il s'avère que cet accident est lié à la présence d'un kyste pulmonaire congénital, découvert au cours de son hospitalisation. Ce kyste est à l'origine d'un barotraumatisme pulmonaire compliqué d'un aéroembolisme cérébral avec un accident de décompression médullaire associé. Compte-tenu de la sévérité des formes cliniques liées aux accidents barotraumatiques pulmonaires, nous discutons de l'intérêt de la recherche systématique par scanner thoracique de toute formation aérique pulmonaire en préalable de la pratique de plongée sous-marine professionnelle ou de loisir.

Mots clés : barotraumatisme pulmonaire, accident de décompression, bulles, aéroembolisme, tétraplégie, kyste pulmonaire, scanner thoracique

PERTINENCE DE L'IMAGERIE THORACIQUE POUR LA RECHERCHE DE CONTRINDICATIONS A LA PRATIQUE DE LA PLONGEE EN 2020

F. GRILLET. Service de Radiologie – Unité d'imagerie cardio-thoracique. CHU Besançon. 3 boulevard Alexandre Flemming 25000 Besançon. (France).

ABSTRACT

Relevance of chest imaging for the search for contraindications to the practice of diving in 2020. F Grillet. Bull. MEDSUBHYP 2020, 30 (2): 47-52.

Due to the evolution of chest imaging techniques, including the recent rise of low-dose scannographic imaging and advances in ultra-low dose imaging, pulmonary parenchyma and its abnormalities are no longer explored in the same way in 2020.

We conducted a review of the literature on the latest advances in the field of thoracic imaging, in relation to pathologies that may contraindicate the practice of a sub-aquatic discipline.

INTRODUCTION

Du fait de l'évolution des techniques d'imagerie thoracique, notamment de l'essor récent de l'imagerie scannographique à basse dose (low dose) et des avancées dans l'imagerie à très basse dose (ultra low dose), le parenchyme pulmonaire et ses anomalies ne s'explorent plus de la même manière en 2020.

Certaines pathologies dont les explorations n'étaient jusqu'alors pas du cadre de la radiologie le deviennent, les explorations scannographiques permettant de trancher sur des formes frontalières de pathologies broncho-pulmonaires, notamment entre l'asthme et la Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO).

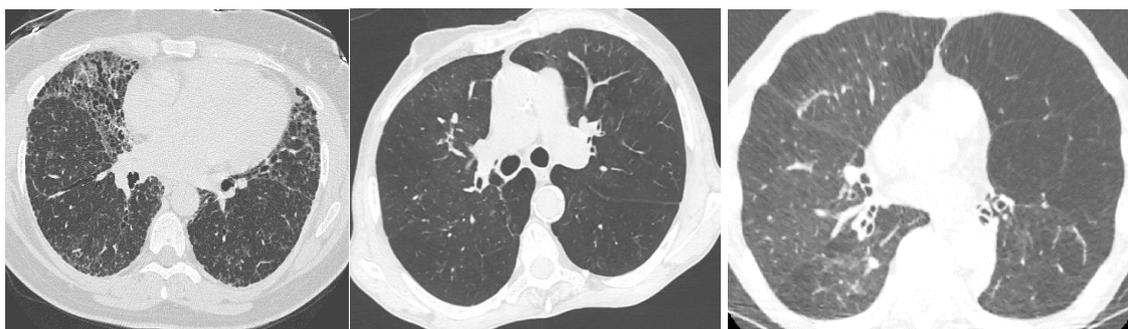
D'autre part, le développement de pathologies emphysémateuses de l'adulte jeune dans le cadre d'expositions à des toxiques inhalés, et les dangers de la pratique d'une discipline subaquatique dans ces conditions incite à rechercher l'existence de lésions bulleuses qui constitueraient une contre-indication aux activités de plongée.

Le recours à l'imagerie thoracique, notamment scannographique, est désormais pratique courante sans rester l'apanage du médecin spécialiste.

Nous avons effectué une revue de la littérature sur les dernières avancées dans le domaine de l'imagerie thoracique, pour les pathologies susceptibles de contre-indiquer la pratique d'une discipline subaquatique. Cette revue (via Pubmed) a consisté en une recherche croisée d'articles récents traitant de techniques d'imagerie et de pathologies thoraciques susceptibles de constituer une contre-indication médicale totale ou de conduire à des restrictions des conditions de pratique d'une discipline subaquatique.

TECHNIQUES D'IMAGERIE THORACIQUE ET RADIOPROTECTION

La radiographie thoracique, de face plus ou moins de profil, est l'examen historique d'exploration thoracique. Ses capacités d'analyse limitées des structures interstitielles, bronchiques et médiastinales tendent à marginaliser cet examen. Néanmoins, son faible coût, sa faible irradiation, son accessibilité font que la radiographie reste un examen de recours de 1^{ère} intention dans la pathologie thoracique.



Exemples de scanners thoraciques sans injection - fenêtres parenchymateuses :

a) Scanner thoracique haute résolution b) Scanner thoracique faible dose c) Scanner thoracique très basse dose

La tomодensitométrie thoracique s'est imposée comme l'examen d'imagerie de référence du parenchyme pulmonaire, de ses structures bronchiques et interstitielles. Le développement des techniques d'analyse en densité (emphysème, trappage), d'analyse volumique (structures bronchiolaires), en font une modalité d'imagerie en constante évolution. Les modalités d'adaptation et de réduction de dose permettent de rendre l'examen toujours moins risqué pour les patients.

Le développement de technologies de reconstruction numérique a permis, en amplifiant artificiellement le signal tout en réduisant drastiquement les artefacts (d'acquisition et liés au patient), de créer de l'imagerie à basse dose, et plus récemment à ultra basse dose d'irradiation. Ces améliorations vont de pair avec les améliorations technologiques qui permettent ce type d'acquisition scannographique sur tous les scanners des dernières générations.

Le défi des constructeurs est motivé par la volonté de supplanter la radiographie de thorax comme examen de 1^{ère} intention dans l'exploration de la pathologie thoracique (et du dépistage du cancer broncho-pulmonaire). La principale limite en est l'irradiation du scanner comparé à la radiographie.

Là où un scanner thoracique « standard » est à l'origine d'une exposition estimée à 10 mSv, une radiographie thoracique représente une exposition de 0.1 mSv soit 100 fois moins. Les acquisitions scannographiques basse dose ont permis de réduire la dose à 10% d'un scanner thoracique « standard », l'objectif des constructeurs pour les scanners ultra basse dose étant de réduire

l'exposition à 1% de celle d'un scanner standard, soit de l'ordre de la radiographie thoracique.

Ces objectifs sont proches d'être atteints, certaines équipes ayant montré des capacités scannographiques d'interprétation superposables entre un scanner thoracique standard et un scanner thoracique ultra basse dose (à 3% de la dose du scanner standard) dans la pathologie emphysémateuse (Zhao et coll. 2019).

PRINCIPAUX CADRES NOSOLOGIQUES

A. Asthme et Broncho-Pneumopathie Chronique Obstructive (BPCO)

Les recommandations GOLD (Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease) 2020 (GOLD 2020) et GINA (Global INitiative for Asthma) 2019 (Reddel et coll. 2019) ne préconisent pas d'imagerie thoracique dans le cadre du diagnostic positif de la BPCO ou de l'asthme.

Dans le cadre de la BPCO, plusieurs sociétés savantes (parmi lesquelles la Société de Pneumologie de Langue Française et la British Thoracic Society) recommandent néanmoins une imagerie dans le bilan initial afin d'évaluer la présence ou non d'autres anomalies parenchymateuses pulmonaires et de dépister la présence d'emphysème. Cette exploration doit se faire au minimum par une radiographie thoracique ; la tomодensitométrie (TDM) thoracique est devenue actuellement l'examen

d'imagerie de référence dans cette situation, d'autant plus que les informations apportées par cette dernière ne se limitent pas au diagnostic différentiel de la BPCO.

Plusieurs auteurs se sont intéressés récemment à l'analyse bronchiolaire en imagerie avec des résultats encourageants. Koo et coll (2018) ont ainsi montré que les patients avec une BPCO stade GOLD I et II présentaient une diminution significative de leurs structures bronchiales terminales et intermédiaires en scanner contre un groupe contrôle de fumeurs sans TVO.

Nagatani et coll. (2018) ont eux exploré la possibilité d'une évaluation scannographique (scanner dynamique avec analyse ventilatoire) des pathologies pulmonaires obstructives en monitorant la taille des structures bronchiales. Ces données expérimentales suggèrent qu'il est possible d'envisager un diagnostic scannographique de la BPCO.

D'autres travaux se sont penchés sur la détection des asthmes instables en TDM, thématique très pertinente dans le domaine de la médecine subaquatique. Ainsi Zhang et coll (2019) ont étiqueté des signes scannographiques associés à un asthme non contrôlé tels que le remodelage des voies aériennes supérieures et la quantité de trappage expiratoire.

Shim et coll (2018) se sont intéressés à l'étude du collapsus bronchique chez l'asthmatique instable, évalué à l'aide de la surface bronchiolaire entre inspiration et expiration.

Formes recouvrantes

La problématique des formes recouvrantes est très fréquente dans la pratique clinique quotidienne et l'évaluation de l'aptitude du patient à la pratique d'une discipline subaquatique. Des travaux récents suggèrent des signes scannographiques (morphologiques et en analyse quantitative) permettant de différencier ces deux pathologies. Choi et coll. (2017) ont comparé 3 populations de sujets sains, BPCO et asthmatiques et ont montré que bien qu'il existe des similarités morphologiques bronchiales entre les populations de BPCO et d'asthmatiques, les modifications des bronchioles distales et la distorsion architecturale

pulmonaire sont des éléments étroitement liés à la BPCO.

Chen et coll. (2017) ont eux démontré qu'une analyse multiparamétrique incluant densité pulmonaire moyenne, quantification d'emphysème et volume pulmonaire permettait de distinguer ces deux pathologies.

Niwa et coll (2018) ont mis en évidence des différences significatives notamment concernant les modifications pariétales bronchiques entre un groupe de patients asthmatiques et un groupe de patients avec une forme recouvrante asthme/BPCO.

B. Emphysème

Alors que la place de l'imagerie est discutée dans la cadre de la BPCO, elle est pleinement validée dans le cadre de l'emphysème, et la littérature est riche à ce sujet.

La radiographie thoracique a été supplantée dans ce domaine par la TDM, son analyse étant nettement plus sensible et spécifique. Newell, dès 2002, en présente les avantages en terme de détection, de quantification et de sélection des patients en vue de chirurgie de réduction (Newell 2002).

Crossley et coll. (2018) ont mené une méta-analyse sur 112 articles confirmant ces données. Les techniques les plus récentes de scanner ultra basse dose pourraient ainsi autoriser un dépistage de la pathologie emphysemateuse, avec des doses d'irradiation très faibles.

L'équipe de Zhao a montré une qualité diagnostique équivalente d'un scanner ultra basse dose dans la détection et la quantification d'emphysème en comparaison au scanner standard, avec des doses quasi équivalentes à celles d'une radiographie thoracique (3% de la dose efficace d'un scanner thoracique standard) (Zhao et coll. 2019).

La TDM permet notamment de distinguer l'emphysème centro-lobulaire du para-septal, ce dernier étant plus à risque de pneumothorax spontané, comme démontré par l'équipe de Lyra (Lyra 2016).

C. Toxiques

Certains toxiques (principalement marijuana et cocaïne, plus rarement héroïne inhalée) ont des impacts majeurs sur le système respiratoire pouvant avoir des conséquences graves dans le domaine subaquatique. Ces drogues sont à l'origine d'anomalies scannographiques bruyantes (anomalies parenchymateuses, emphysème précoce et sévère) souvent discordantes avec celles rencontrées dans le cadre d'un simple tabagisme.

Walker et coll. (2015). ont ainsi mis en évidence des atteintes sévères chez des patients héroïnomanes (âge moyen 41 ans et 14 ans d'intoxication moyenne), avec une atteinte emphysémateuse sévère (25-50%) chez 47% des patients associée à une altération de la DLCO à 48% de la moyenne au sein de cette population. Cygan et coll. (2000) ont rapporté des cas d'asthme aigu grave (nécessitant le recours à la ventilation mécanique) chez des patients héroïnomanes.

Almeida et al ont étudié l'impact de la cocaïne au niveau thoracique, avec des lésions bulleuses chez 15% de leur population et 13% des patients consultant pour « barotraumatisme » (i.e. pneumothorax ou pneumomédiastin) (Almeida et coll. 2015). L'équipe de Restrepo a étudié les complications liées à la consommation de cocaïne et notamment de sa forme inhalée (« crack »), avec des résultats similaires à ceux de Almeida (Restrepo et coll. 2007).

Martinasek et al ont mené une méta-analyse sur 48 articles s'intéressant aux complications respiratoires de la consommation de cannabis, plusieurs études pointant une association entre marijuana, emphysème et BPCO (Martinasek et coll. 2016). L'équipe de Tan a évalué la présence de symptômes respiratoires et d'altérations spirométriques sur une population de 800 consommateurs réguliers de cannabis et ont trouvé une relation entre BPCO et consommation de cannabis (Odds Ratio à 2.90) (Tan et coll. 2009). Stefani et al se sont intéressés à une cohorte de patients avec un pneumothorax spontané. Sur 112 patients, 39 étaient consommateurs de cannabis, 23 de tabac seul et 50 étaient non-fumeurs (Stefani et coll. 2020).

D. Pathologies pleurales

La problématique du pneumothorax et de son éventuelle récurrence a été étudiée dans la littérature spécialisée de la médecine subaquatique. L'équipe de Villela a ainsi réalisé une méta-analyse sur 40 études, avec un risque de récurrence de pneumothorax allant de 0 à 67% (moyenne de 22%), majoritairement chez des patients avec des lésions emphysémateuses (59-89%). Dans cette méta-analyse, les antécédents de pleurodèse chirurgicale réduisaient significativement le risque de récurrence ($4.0 \pm 4\%$ vs. $22 \pm 15.5\%$) (Villela et coll. 2018). La pertinence de l'imagerie quant au risque de récurrence se recoupe avec l'exploration de la pathologie emphysémateuse.

E. Pathologies trachéo-bronchiques

Le développement de l'exploration en endoscopie virtuelle via des dispositifs de reconstruction tridimensionnelle en TDM permet l'exploration et la caractérisation de pathologies des voies aériennes proximales (trachéobronchomalacie, sténoses trachéales) (Khalil 2013).

CONCLUSION

Grâce à de constantes améliorations dans les techniques scannographiques, la TDM s'est nettement généralisée ces dernières années, permettant une exploration poussée des structures thoraciques. Lorsque les antécédents d'un patient, ses habitudes de vie ou l'examen clinique laissent penser à une pathologie pulmonaire pouvant avoir un impact sur la pratique d'une discipline subaquatique, la TDM est donc l'examen d'imagerie de choix pour rechercher une contre-indication à la pratique de cette discipline.

Les acquisitions quantitatives permettent une analyse d'expertise dans des formes instables d'asthme ou des formes recouvrantes entre asthme et BPCO.

Les acquisitions (très) basses doses permettent une imagerie de dépistage, notamment de la pathologie emphysémateuse pouvant être à l'origine de complications graves au cours des activités de plongée.



Maladie de Wegener trachéale chez une femme de 57 ans.

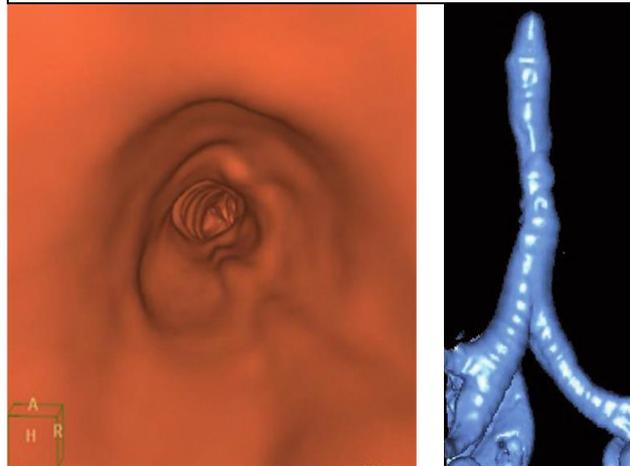
(a) Coupe axiale montrant le rétrécissement irrégulier de la lumière trachéale secondaire à l'épaississement circonférentiel de la paroi.

(b) Reconstruction coronale montrant l'extension en hauteur de la sténose.

(c) Vue endoscopique virtuelle de la lumière trachéale irrégulière.

(d) Reconstruction 3D montrant la sténose trachéale et l'intégrité des bronches souches.

Khalil et al, Imagerie thoracique de l'adulte et de l'enfant, 2013



Dans la population jeune où l'exposition aux rayonnements ionisants doit rester très limitée, le recours à des exploration basses doses voire même ultra-basse doses est recommandé et encouragé.

REFERENCES

- Almeida RR, Zanetti G, Souza Jr. AS, Souza LS de, Silva JLP, Escuissato DL, [Irion](#) KL, [Mançano](#) AD, [Nobre](#) LF, [Hochhegger](#) B, [Marchiori](#) E. Cocaine-induced pulmonary changes: HRCT findings. *J Bras Pneumol* 2015, 41: 323–330.
- Chen H, Zeng Q, Zhang M, Chen R, Xia T, Wang W, Xu X, Guan Y. Quantitative Low-Dose Computed Tomography of the Lung Parenchyma and Airways for the Differentiation between Chronic Obstructive Pulmonary Disease and Asthma Patients. *Respiration* 2017, 94: 366–374.
- Choi S, Haghghi B, Choi J, Hoffman EA, Comellas AP, Newell JD, Wenzel SE, Castro M, Fain SB, Jarjour NN, Schiebler ML, Barr RG, Han MK, Bleecker ER, Cooper CB, Couper D, Hansel N, Kanner RE, Kazeroni EA, Kleerup EAC, Martinez FJ, O'Neal WK, Woodruff PG, Linet CL. Differentiation of quantitative CT imaging phenotypes in asthma versus COPD. *BMJ Open Respir Res* 2017, 4: e000252.
- Crossley D, Renton M, Khan M, Low EV, Turner AM. CT densitometry in emphysema: a systematic review of its clinical utility. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2018, 13: 547–563.
- Cygan J, Trunsky M, Corbridge T. Inhaled Heroin-Induced Status Asthmaticus. *Chest* 2000, 117 : 272–275.
- Global initiative for chronic Obstructive Lung Disease GOLD - 2020 guidelines [Internet]. 2020. Accessible sur : <https://goldcopd.org/gold-reports/>
- Khalil A. Imagerie thoracique de l'adulte et de l'enfant, 2^{nde} édition. Issy-les-Moulineaux: Elsevier-Masson; 2013, 1056 p.

- Koo H-K, Vasilescu DM, Booth S, Hsieh A, Katsamenis OL, Fishbane N, [Elliott WM](#), [Kirby M](#), [Lackie P](#), [Sinclair I](#), [Warner JA](#), [Cooper JD](#), [Coxson HO](#), [Paré PD](#), [Hogg JC](#), [Hackett TL](#). Small airways disease in mild and moderate chronic obstructive pulmonary disease: a cross-sectional study. *Lancet Respir Med* 2018, 6: 591–602.
- Lyra R de M. Etiology of primary spontaneous pneumothorax. *J Bras Pneumol*. 2016, 42: 222–226.
- Martinasek MP, McGrogan JB, Maysonet A. A Systematic Review of the Respiratory Effects of Inhalational Marijuana. *Respir Care* 2016, 61: 1543–1551.
- Nagatani Y, Hashimoto M, Nitta N, Oshio Y, Yamashiro T, Sato S, Tsukagoshi S, Moriya H, Kimoto T, Igarashi T, Ushio N, Sonoda A, Otani H, Hanaoka J, Murata K. Continuous quantitative measurement of the main bronchial dimensions and lung density in the lateral position by four-dimensional dynamic-ventilation CT in smokers and COPD patients. *Int J Chron Obstruct Pulmon Dis* 2018, 13: 3845–3856.
- Newell Jr JD. High Resolution CT of the Lung- Chapter XII: Emphysema. In: W. R. Richard Webb. *High Resolution CT of the Lung* (2nd edition). Lippincott Williams and Wilkins, Philadelphia. 2002, p 31-42.
- Niwa M, Fujisawa T, Karayama M, Furuhashi K, Mori K, Hashimoto D, Yasui H, [Suzuki Y](#), [Hozumi H](#), [Enomoto N](#), [Nakamura Y](#), [Inui, N Suda T](#). Differences in airway structural changes assessed by 3-dimensional computed tomography in asthma and asthma-chronic obstructive pulmonary disease overlap. *Ann Allergy Asthma Immunol* 2018, 121: 704-710.e1.
- Reddel HK, FitzGerald JM, Bateman ED, Bacharier LB, Becker A, Brusselle G, [Buhl R](#), [Cruz AA](#), [Louise Fleming](#)², [Inoue H](#), [Wai-San Ko F](#), [Krishnan JA](#), [Levy ML](#), [Lin J](#), [Pedersen SE](#), [Sheikh A](#), [Yorgancioglu A](#), [Boulet LP](#). GINA 2019: a fundamental change in asthma management: Treatment of asthma with short-acting bronchodilators alone is no longer recommended for adults and adolescents. *Eur Respir J* 2019, 53: 1901046.
- Restrepo CS, Carrillo JA, Martínez S, Ojeda P, Rivera AL, Hatta A. Pulmonary Complications from Cocaine and Cocaine-based Substances: Imaging Manifestations. *RadioGraphics* 2007, 27: 941–956.
- Shim SS, Schiebler ML, Evans MD, Jarjour N, Sorkness RL, Denlinger LC, Rodriguez A, Wenzel S, Hoffman EA, Lin CL, Gierada DS, Castro M, Fain SB. Lumen area change (Delta Lumen) between inspiratory and expiratory multidetector computed tomography as a measure of severe outcomes in asthmatic patients. *J Allergy Clin Immunol* 2018, 142: 1773-1780.e9.
- Stefani A, Aramini B, Baraldi C, Pellesi L, Della Casa G, Morandi U, Guerzoniet S. Secondary spontaneous pneumothorax and bullous lung disease in cannabis and tobacco smokers: A case-control study. *Glantz SA*, editor. *PLOS ONE*. 2020 Mar 30;15(3): e0230419.
- Tan WC, Lo C, Jong A, Xing L, FitzGerald MJ, Vollmer WM, Buist SA, Sin DD. Marijuana and chronic obstructive lung disease: a population-based study. *Can Med Assoc J* 2009, 180: 814–820.
- Villela MA, Dunworth S, Harlan NP, Moon RE. Can my patient dive after a first episode of primary spontaneous pneumothorax? A systematic review of the literature. *Undersea Hyperb Med* 2018, 45: 199–208.
- Walker PP, Thwaite E, Amin S, Curtis JM, Calverley PMA. The Association Between Heroin Inhalation and Early Onset Emphysema. *Chest* 2015, 148: 1156–1163.
- Zhang X, Xia T, Lai Z, Zhang Q, Guan Y, Zhong N. Uncontrolled asthma phenotypes defined from parameters using quantitative CT analysis. *Eur Radiol* 2019, 29: 2848–2858.
- Zhao T, McNitt-Gray M, Ruan D. A convolutional neural network for ultra-low-dose CT denoising and emphysema screening. *Med Phys* 2019, 46: 3941–3950.

RESUME.

Pertinence de l'imagerie thoracique pour la recherche de contre-indications a la pratique de la plongée en 2020. F Grillet. Bull. MEDSUBHYP 2020, 30 (2) : 47-52.

Du fait de l'évolution des techniques d'imagerie thoracique, notamment de l'essor récent de l'imagerie scannographique à basse dose (low dose) et des avancées dans l'imagerie à très basse dose (ultra low dose), le parenchyme pulmonaire et ses anomalies ne s'explorent plus de la même manière en 2020.

Nous avons mené une revue de la littérature sur les dernières avancées dans le domaine de l'imagerie thoracique, en lien avec les pathologies susceptibles de contre-indiquer la pratique d'une discipline sub-aquatique.

fgrillet@chu-besancon.fr

INFLUENCE DE LA PRESENTATION CLINIQUE INITIALE ET DU DELAI DE RECOMPRESSION SUR LE PRONOSTIC DES ACCIDENTS DE DECOMPRESSION NEUROLOGIQUES MEDULLAIRES.

S. ANDRE¹, H. LEHOT², P. LOUGE², J. MORIN², S. DE MAISTRE², E. GEMPP², R. ROFFI², A. DRUELLE², M. VERGNE¹, J-E. BLATTEAU². ¹ SAMU 83 UF « SAMU de Coordination Médicale Maritime ». ²Service de médecine hyperbare et d'expertise plongée (SMHEP), Hôpital d'Instruction des Armées Sainte-Anne, 83800 Armées, Toulon, (France).

ABSTRACT

Influence of the initial clinical presentation and recompression time on the prognosis of neurological spinal cord decompression sickness. S Andre, H Lehot, P Louge, J Morin, S De Maistre, E Gempp, R Roffi, A Druelle, M Vergne, J-E Blatteau. Bull. MEDSUBHYP, 2020,30 (2) : 53-65.

Background:

This study aimed to improve knowledge of the risk factors associated with poor clinical recovery from spinal cord decompression sickness (DCS), related to the practice of scuba diving. The study analyzed specifically the influence of the initial clinical presentation as a severity score (MEDSUBHYP score) as well as the recompression time.

Methods:

195 divers (average 48 ± 12 years old, 42 women) with neurological DCS symptoms were included in a retrospective, monocentric study. Informations regarding diving, latency of onset of symptoms, recompression delay and pre-hospital management have been reviewed. The initial clinical severity was estimated by the MEDSUBHYP score and the level of sequelae was evaluated at discharge by the modified score of the Japanese Orthopaedic Association (MSJOA).

Results:

34.3% presented neurological sequelae at discharge. After multivariate analysis, only 2 independent variables were significantly associated with incomplete neurological recovery: the MEDSUBHYP score and the time to recompression. For a MEDSUBHYP score ≥ 6, the risk of incomplete recovery was higher [OR 9.5 (4.6-19.8), p<0.0001]. For a time to recompression greater than 194 minutes, the risk of incomplete recovery was greater [OR 2.1 (1.03-4.5); p = 0.04]. Furthermore, the study showed that when the time to recompression increased, the MSJOA score decreased, indicating a higher level of sequelae (p=0.014). Finally, the influence of the time to recompression appeared significant only for patients with a MEDSUBHYP score ≥ 6 from ROC analysis (AUC 0.71±0.06, p=0.00034).

Conclusion:

This study confirms the importance of determining the initial clinical severity through the MEDSUBHYP score in order to estimate the risk of incomplete recovery. In pre-hospital care, identification of the initial severity can be useful in identifying which patients need to be evacuated to a hyperbaric center as quickly as possible. In order to prioritize the patients to be evacuated and to determine the best evacuation vector, we propose a simplified questionnaire based on the MEDSUBHYP score as a decision support tool.

Key words

Diving, decompression sickness, bubbles, spinal cord, neurological sequelae, time to recompression, hyperbaric oxygen therapy, clinical score.

INTRODUCTION

Les symptômes neurologiques représentent les formes cliniques les plus fréquentes des accidents de désaturation (ADD). Ces symptômes neurologiques sont très majoritairement rattachés à une atteinte ischémique localisée du cordon médullaire dont l'origine est multifactorielle. Il s'avère qu'environ 30% de ces ADD médullaires entraînent des séquelles neurologiques à long terme de gravité variable (Gempp et coll. 2010, Blatteau et coll. 2011a). De nombreuses études ont

été conduites dans le passé dans le but d'identifier des facteurs influençant le pronostic de ces ADD neurologiques (Ross et coll. 2000, Robertson 1991, Desola et coll. 2000, Rivera 1964, Gempp et coll. 2010), en particulier la présentation clinique avant le traitement (Ross 2000, Dick et Massey 1985), la latence des symptômes après l'émersion (Francis et coll. 1988, Ross 2000, Méliet et Mayan 1990, Aharon-Peretz et coll. 1993) et le délai entre le début des signes et la recompression (Rivera 1964, Méliet et Mayan 1990, Van Hulst 1990, Kizer 1982, Ross et coll. 2007, Ball 1993, Stipp 2007,

Blanc et coll. 1994, Desola et coll. 1997).

En 2011, lors d'une étude multicentrique rassemblant 279 ADD médullaires, les variables indépendantes prédictives d'une mauvaise récupération ont été précisées lors d'une analyse multivariée (Blatteau et coll. 2011a). Il s'agit de critères cliniques comme la présence d'une rétention aigue d'urine, d'un déficit sensitif et/ou moteur, de la persistance ou de l'aggravation des signes avant la recompression et également de la présence d'une douleur vertébrale. Dans une moindre mesure, l'âge ≥ 42 ans et la profondeur ≥ 39 mètres sont également associés à une mauvaise récupération. Ces principaux critères cliniques ont été regroupés sous la forme d'un score de sévérité initiale (Tableau I) qui est associé à une moins bonne récupération lorsqu'il est supérieur à la valeur de 7.

Dans cette même étude, le délai de recompression semble avoir une influence sur le pronostic avec une moins bonne récupération pour des délais supérieurs à six heures. A noter que l'influence du délai de recompression n'était observée que lors de l'analyse univariée, mais n'était pas retrouvée lors de l'analyse multivariée.

Il nous a semblé important de vérifier dans la présente étude l'influence du délai de recompression sur le risque de séquelles et plus spécifiquement les relations entre le délai de recompression, le score de sévérité clinique initiale et le pronostic.

Le premier objectif de ce travail a été d'affiner au moyen d'une analyse multivariée la connaissance des facteurs de risque associés à une mauvaise récupération clinique, en particulier les critères de présentation clinique initiaux regroupés dans le score de sévérité clinique (score de MEDSUBHYP) ainsi que le délai de recompression. Cette étude vise à confirmer la pertinence de ce score de sévérité clinique et de déterminer l'influence du délai de recompression comme une variable prédictive indépendante.

Le deuxième enjeu de ce travail est de proposer une conduite à tenir pratique au niveau pré-hospitalier afin de prendre en compte la sévérité clinique initiale pour identifier les patients qui nécessitent d'être recomprimés rapidement.

MATERIELS ET METHODE

CRITERES D'INCLUSION

Les patients admis au centre hyperbare de l'HIA Sainte-Anne pour un diagnostic d'accident de décompression neurologique, en faveur d'une atteinte médullaire, avec un délai de recompression inférieur à 24 heures ont été inclus dans notre étude. Nous avons retenu les patients présentant des signes neurologiques uni et bilatéraux touchant les membres supérieurs et/ou inférieurs, ainsi que ceux qui présentaient une atteinte sphinctérienne et/ou une douleur rachidienne, évoquant une atteinte médullaire. Nous n'avons pas inclus les patients présentant uniquement des signes évocateurs d'atteinte cérébrale avec signes cognitifs ou atteinte des paires crâniennes pouvant correspondre à un diagnostic d'accident de décompression cérébral ou d'aéroembolisme cérébral secondaire à un barotraumatisme pulmonaire.

RECUEIL DES DONNEES

Un fichier de recueil des données anonymes des ADD est utilisé au centre hyperbare de l'HIA Sainte-Anne. Ce fichier comporte différents types de renseignements :

- relatifs à la plongée en cause : durée totale de la plongée, profondeur maximale, faute de procédure caractérisée (remontée rapide, omission de paliers), plongées successives définies comme les plongées réalisées dans les 6 heures précédant la plongée responsable de l'accident.
- relatifs aux données cliniques suivantes : âge, sexe, délai d'apparition des signes après la sortie de l'eau, la présence de paresthésies isolées, de signes déficitaires sensitifs ou moteurs, de douleurs rachidiennes et de troubles sphinctériens.

Pour l'évaluation clinique initiale, nous avons utilisé le score MEDSUBHYP qui regroupe plusieurs de ces données cliniques (Tableau I). Ce score permet d'estimer la gravité initiale des accidents neurologiques à l'admission au centre hyperbare. Il a été montré que les patients présentant un score > 7 avaient un risque de séquelles plus élevé (Blatteau et coll. 2011a).

Délai de décompression et accidents neurologiques médullaires

Score de sévérité clinique initiale		0	1	2	3	4	5	6
Age ≥ 42 ans	non	*						
	oui		*					
Douleur vertébrale	non	*						
	oui		*					
Evolution avant recompression	amélioré	*						
	stable				*			
	aggravé						*	
Signes neurologiques sensitifs objectifs	non	*						
	oui					*		
Signes neurologiques moteurs	non	*						
	parésies					*		
	paraplégies						*	
Atteinte sphinctérienne urinaire	non	*						
	oui							*

Tableau I. Le score MEDSUBHYP de sévérité clinique initiale et sa pondération numérique

Le délai de recompression a été calculé depuis l'apparition des signes jusqu'à la recompression thérapeutique au centre hyperbare de l'hôpital Sainte-Anne.

La thérapeutique pré-hospitalière a également été analysée, comprenant la mise sous oxygène normobare, l'évolution clinique sous oxygène normobare, l'hydratation *per os* ou par remplissage vasculaire, la prise d'aspirine, ainsi que le moyen

Atteinte motrice des membres supérieurs	
0	incapable de se nourrir seul
1	incapable d'utiliser un couteau ou une fourchette, mais capable d'utiliser une cuillère pour s'alimenter
2	arrive à utiliser un couteau ou une fourchette avec grande difficulté
3	arrive à utiliser un couteau ou une fourchette avec une gêne modérée
4	RAS
Atteinte motrice des membres inférieurs	
0	incapable de marcher
1	peut marcher sur un sol plat avec un système d'aide à la marche
2	peut monter des escaliers avec main courante, accès à un étage
3	marche possible sans aide mais avec instabilité
4	RAS
Atteinte sensitive aux membres supérieurs / thorax abdomen / membres inférieurs	
0	douleur ou perte de sensibilité majeure
1	déficit sensitif modéré
2	RAS
	<i>membres supérieurs : 0 1 2</i>
	<i>thorax-abdomen : 0 1 2</i>
	<i>membres inférieurs : 0 1 2</i>
Atteinte sphinctérienne	
0	miction impossible, sondage permanent et/ou constipation majeure, évacuation mécanique permanente
1	rétenion fréquente, sondage intermittent et/ou constipation sévère, évacuation mécanique intermittente
2	difficultés mictionnels, pas de sondage et/ou constipation modérée
3	RAS
Score normal = 17-16 / grade 1 : 15-12 / grade 2 : 11-8 / grade 3 : 7-0	

Tableau II. Score d'évaluation des séquelles médullaires *Modified Japanese Orthopedic Association* et sa pondération numérique (modification de Keller 1993)

d'évacuation par voie routière ou par hélicoptère.

Le niveau de récupération clinique a été déterminé à la sortie du centre hyperbare en identifiant les sujets qui avaient complètement récupéré et ceux qui présentaient des séquelles neurologiques, quantifiées en utilisant le score modifié de l'association orthopédique japonaise (MJOAS) (Vitzthum et Dalitz 2007) (Tableau II).

DONNEES NON RETENUES

Les délais de recompression supérieurs à 24 heures, assez inhabituels au niveau de notre centre, n'ont pas été pris en compte.

Nous n'avons pas intégré à l'analyse, les facteurs de susceptibilité individuelle à l'ADD, recherchés pendant ou au décours de l'hospitalisation, qui ne font pas parti des objectifs de l'étude.

Nous n'avons également pas analysé les effets du traitement hyperbare et des médicaments administrés lors de la prise en charge hospitalière. En effet, la prise en charge thérapeutique hospitalière fait l'objet d'un protocole standardisé qui est fonction de la sévérité clinique initiale, identifiée par le score MEDSUBHYP. Lorsque l'accidenté présente un score inférieur ou égal à 7, une table à 2,8 ATA (O₂ 100 %) d'une durée de 2 h 30 est réalisée (table B18, équivalent USN T5), tandis qu'une table à 2,8 ATA (O₂ 100 %) de 5 h (table C18, équivalent USN T6) ou une table à 4 ATA (table Comex 30, HélioX 50 %) sont effectués en cas d'ADD avec un score initial supérieur à 7. Des tables complémentaires de 80 minutes à 2,5 ATA (O₂ 100 %) sont réalisées les jours suivants en cas de symptômes résiduels. Le traitement médicamenteux comprend un remplissage initial par chlorure de sodium isotonique, une injection de méthylprednisolone à 1 mg/kg et d'acide acétylsalicylique à 250 mg (si non donné auparavant), et pour les formes graves (score > 7) une perfusion de lidocaïne à 1 à 2 mg/min pendant les 48 premières heures. Comme le choix du traitement est directement dépendant de la valeur du score MEDSUBHYP, les variables thérapeutiques hospitalières n'ont pas été intégrées dans cette étude, afin de ne pas entraîner de biais d'analyse.

ANALYSE STATISTIQUE

L'analyse statistique a été réalisée avec le logiciel Excel Stat (version 2016). Les données ont été exprimées en moyenne \pm écart-type et/ou en

médiane \pm écart-interquartile.

La récupération clinique (complète ou incomplète) à la sortie du centre a été prise comme variable dépendante, tandis que les caractéristiques liées à la plongée et les paramètres cliniques ont été analysés comme variables indépendantes.

Dans un premier temps, l'analyse univariée a recherché les variables prédictives d'une récupération incomplète en utilisant le test de Mann-Whitney pour les variables quantitatives ou le test Chi-carré avec correction de Yates pour les variables qualitatives. Les variables quantitatives qui ne répondaient pas à une distribution normale ont été transformées en variables qualitatives en déterminant les seuils discriminants par une analyse ROC avec calcul de l'aire sous la courbe. L'analyse univariée a été réalisée en deux temps avec une première étape concernant l'évaluation du score MEDSUBHYP avec les critères cliniques correspondant et détermination des seuils par analyse ROC, puis une deuxième étape intégrant l'ensemble des autres variables avec le score MEDSUBHYP.

Pour l'analyse multivariée par régression multiple logistique, seules les variables avec une valeur de *p* inférieure à 0,20 ont été retenues. L'analyse multivariée a permis d'identifier les variables significatives après ajustement présentant un *p* inférieur à 0,05. Les rapports de cotes ou *odds ratio* (OR) avec intervalles de confiance à 95 % (IC 95 %) ont par ailleurs été précisés. Une analyse complémentaire a été effectuée pour rechercher une corrélation entre le délai de recompression et le niveau de séquelles par un test de Spearman.

RESULTATS

DESCRIPTION GENERALE

L'étude retient 195 dossiers d'ADD neurologiques comprenant 153 hommes (78,5 %) et 42 femmes (21,5 %) avec un âge moyen de 48 \pm 12 ans.

La profondeur maximale moyenne est de 39,5 mètres (médiane 40 \pm 13 mètres) pour 35,4 minutes de durée totale de plongée (médiane 35 \pm 12 minutes).

43 des sujets (22 %) ont effectué des plongées successives, en revanche 16 patients (8,2 %) seulement ont présenté une erreur caractérisée dans la procédure de décompression. Compte tenu de ce très faible pourcentage, cette variable « erreur de

Délai de décompression et accidents neurologiques médullaires

ANALYSE (n = 195) Variables	Récupération	Séquelles	UNIVARIEE p-value	OR (IC95%)
Âge ≥ 54ans				
< 54 ans	92	33		
≥ 54 ans	36	34	0,003	2,6 (1,4-4,8)
Douleur rachidienne				
non	80	25		
oui	47	43	<0,001	2,9 (1,6-5,4)
Évolution signes sous O2 avant recompression ***				
Amélioration	78	28		
stable ou aggravé	18	18	<0,01	2,8 (1,3-6,1)
Déficit sensitif objectif *				
non	79	21		
oui	47	35	<0,01	2,8 (1,46-5,37)
Déficit moteur *				
non	61	17		
oui	65	39	<0,05	2,15 (1,1-4,19)
Troubles sphinctériens **				
non	123	38		
oui	3	29	<0,001	31,3 (9-108)

* sur 182 patients ; ** sur 193 patients ; *** sur 142 patients mis sous oxygène.

Tableau III. Résultats de l'analyse univariée concernant les critères cliniques qui composent le score Medsubhyp sur un total de 195 patients.

procédure » n'a pas été retenue pour l'analyse univariée.

Le délai moyen d'apparition des symptômes initiaux est de 32 minutes avec une médiane 10 ± 23 minutes.

Concernant le délai de recompression (après apparition des symptômes), la moyenne est de 4 h 17 ± 4,38 et la médiane de 2 h 44 ± 1,53.

Parmi les 195 plongeurs accidentés victimes d'ADD neurologique, 67 (34,3 %) présentent des séquelles neurologiques à la sortie du centre.

Parmi les 67 plongeurs séquellaires, le niveau de séquelles identifié par le score MJOAS est en moyenne à 13,4 ± 2,9 (médiane 14 ± 4).

ANALYSE UNIVARIEE

Évaluation du score MEDSUBHYP

L'ensemble des résultats concernant les critères cliniques intégrés dans le score MEDSUBHYP est présenté dans le Tableau III avec leurs *odds ratio* (OR) et intervalles de confiance (IC) à 95 %. Tous ces critères sont significatifs et prédicteurs de récupération incomplète avec des OR supérieurs à 2 : âge ≥ 54 ans [OR 2,6 (1,4 - 4,8) ; p = 0,03], présence d'une douleur rachidienne [OR 2,9 (1,6 - 5,4) ; p < 0,001], évolution des symptômes sous

oxygène [OR 2,8 (1,3 - 6,1) ; p < 0,01], présence d'un déficit sensitif objectif [OR 2,8 (1,46 - 5,37) ; p < 0,01] et présence d'un déficit moteur [OR 2,15 (1,1 - 4,19) ; p < 0,05] ; à noter que la présence de troubles sphinctériens est le critère le plus significatif [OR 31,3 (9 - 108) ; p < 0,001].

Identification de la valeur seuil du score MEDSUBHYP

Une valeur strictement supérieure à 7 du score MEDSUBHYP a initialement été identifiée comme étant prédicteur de récupération clinique incomplète (Blatteau et coll. 2011a). Dans cette étude, l'analyse ROC confirme que le score MEDSUBHYP est significativement associé à une récupération clinique incomplète avec une aire sous la courbe à 0,88 ± 0,02 et un intervalle de confiance à 95% 0,84-0,93 (p < 0,0001) avec cette valeur seuil.

Cependant, dans notre étude, l'analyse ROC montre que le seuil discriminant doit être révisé et abaissé. Il s'avère en effet qu'une valeur supérieure ou égale à 6 du score est la plus pertinente pour l'association avec une récupération incomplète (Figure 1). En reprenant l'analyse univariée avec cette nouvelle valeur seuil, un score MEDSUBHYP supérieure ou égale à 6 est

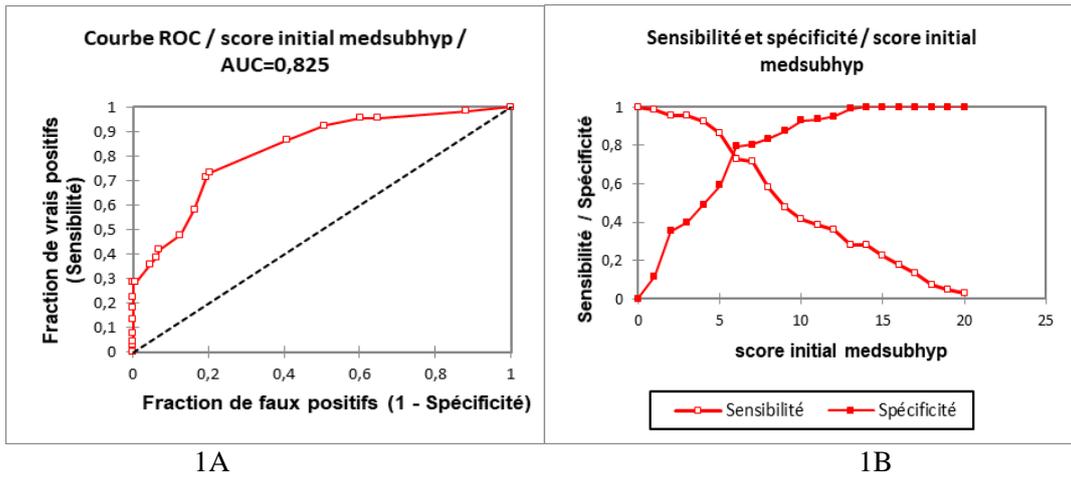


Figure 1. Courbe ROC du score MEDSUBHYP (1A), détermination du seuil (1B)

significativement associé à une récupération clinique incomplète [OR 10,7 (5,4 - 21,2) ; $p < 0,0001$].

Évaluation globale avec l'ensemble des variables

Les valeurs discriminantes ont été identifiées par analyse ROC pour les variables quantitatives suivantes : âge (54 ans), durée totale de plongée (38 min), profondeur (45 m), délai d'apparition des signes (12 min).

Pour le délai de recompression, une analyse ROC plus complète a été réalisée. Dans un premier temps le seuil a été recherché sur l'ensemble de la population accidentée. Cependant la courbe ROC ne fait pas apparaître une valeur particulièrement

discriminative, la valeur de 206 min apparaît comme étant celle qui représente le meilleur compromis de sensibilité (0,46) et de spécificité (0,78), avec une aire sous la courbe à $0,64 \pm 0,05$ ($p = 0,005$).

L'analyse ROC a ensuite été poursuivie en séparant les plongeurs accidentés présentant une faible sévérité initiale (score MEDSUBHYP < 6), de ceux présentant une sévérité initiale élevée (score ≥ 6).

Dans ce sous-groupe, il apparaît un seuil nettement discriminant à 194 min pour les sujets présentant une sévérité initiale élevée (score MEDSUBHYP ≥ 6) avec une aire sous la courbe à $0,71 \pm 0,06$ ($p = 0,00034$). (Figure 2). Pour cette valeur seuil, la sensibilité est de 0,59 et la spécificité de 0,81.

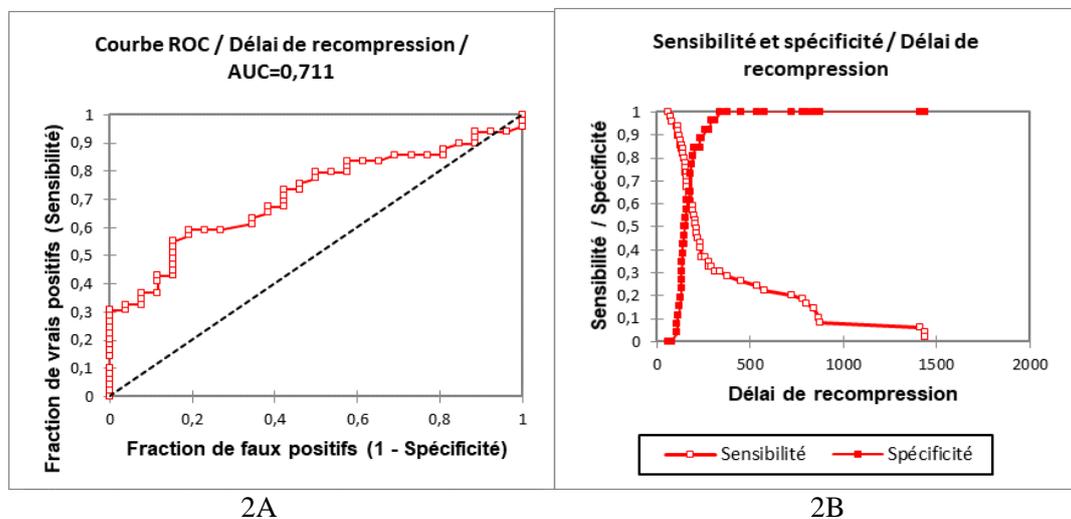


Figure 2. Courbe ROC du délai de recompression (2A), détermination du seuil (2B)

Délai de décompression et accidents neurologiques médullaires

ANALYSE (N =195)		UNIVARIEE		MULTIVARIEE		
Variables	Récupération	Séquelles	p-value	OR (IC95%)	p-value	OR (IC95%)
Sexe						
Féminin	35	7				
Masculin	93	60	0,011	3,2 (1,4-7,5)	0,12	
Durée de plongée						
< 38 min	59	46				
≥ 38 min	60	20	0,013	0,4 (0,2-0,8)	NS	
Profondeur						
< 45 m	90	38				
≥ 45 m	38	29	0,08		NS	
Plongée successive						
non	102	50				
oui	26	17	0,53			
Délai d'apparition des signes (min)						
< 12 min	72	51				
≥ 12 min	56	16	0,01	0,4 (0,2-0,7)	NS	
Délai de recompression (min)						
< 194 min	90	34				
≥ 194 min	37	34	0,004	2,5 (1,4-4,6)	0,04	2,1 (1,03-4,5)
Score MEDSUBHYP						
< 6	102	18				
≥ 6	26	59	<0,0001	10,7 (5,4-21,2)	<0,0001	9,5 (4,6-19,8)
Traitement par hydratation						
non	38	25				
oui	90	42	0,36			
Traitement par aspirine						
non	56	27				
oui	72	40	0,75			
Traitement par oxygène normobare						
non	13	10				
oui	115	57	0,45			
Moyen d'évacuation						
voie routière	85	47				
hélicoptère	43	20	0,71			

Tableau IV. Résultats des analyses univariées et multivariées sur une série de 195 ADD neurologiques

En revanche l'analyse ROC n'est pas discriminative pour les plongeurs accidentés présentant une faible sévérité initiale (score MEDSUBHYP <6) avec une aire sous la courbe à $0,55 \pm 0,09$, ($p=0,58$).

Pour l'analyse univariée, nous avons donc retenu la valeur seuil de délai de recompression de 194 minutes comme étant la plus discriminante.

L'analyse univariée montre que plusieurs variables sont significativement associées à une récupération clinique incomplète (Tableau 4) : le sexe masculin [OR 3,2 (1,4-7,5) ; $p = 0,011$], une durée de plongée inférieure à 38 minutes [OR 0,4 (0,2 - 0,8) ; $p = 0,013$], un délai d'apparition des signes inférieur à 12 minutes [0,4 (0,2 - 0,7) ; $p = 0,01$].

ANALYSE MULTIVARIEE

Les variables suivantes avec $p < 0,20$ ont été retenues pour l'analyse multivariée (Tableau IV) : le sexe, la durée de la plongée, la profondeur, le délai d'apparition des signes, le délai de recompression et le score MEDSUBHYP. A noter que les variables cliniques déjà présentes dans le score MEDSUBHYP n'ont pas été intégrées à cette analyse.

Après analyse multivariée, seules les variables indépendantes suivantes sont significativement associées à une mauvaise récupération neurologique : le délai de recompression < 194 minutes [OR 2,1 (1,03 - 4,5) ; $p = 0,04$], un score de MEDSUBHYP ≥ 6 [OR 9,5 (4,6 - 19,8) ; $p < 0,0001$]. Le sexe masculin qui était significatif lors de l'analyse univariée [$p = 0,011$; OR 3,2 (1,4 - 7,5)], n'atteint pas le seuil de significativité lors de l'analyse multivariée ($p = 0,12$).

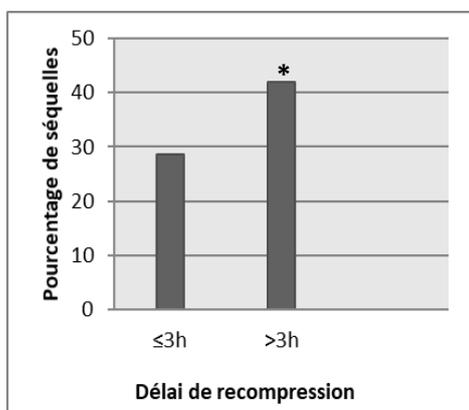


Figure 3. Pourcentage de séquelles en fonction du délai de recompression supérieur ou inférieur à 3 heures. * $p < 0,05$

ANALYSES COMPLEMENTAIRES

Présence d'une récupération incomplète en fonction du délai de recompression

En reprenant le seuil de délai de recompression discriminant de 194 min, arrondi à 3 heures, on constate dans notre étude que 28,6% des patients recomprimés dans les 3 heures sont séquellaires, contre 42% des patients recomprimés au-delà de 3 heures. (Figure 3)

Corrélation entre délai de recompression et score de séquelles

Il existe une corrélation significative ($p = 0,014$) montrant que lorsque le délai de recompression augmente, le score de MJOAS diminue, ce qui témoigne d'un niveau de séquelles plus élevé. Pour mémoire, un score maximal MJOAS à 17 correspond à l'absence de séquelles.

Évacuation par voie routière ou par hélicoptère

Une évacuation par hélicoptère a pu être réalisée pour 32 % des ADD neurologiques répertoriés dans cette étude. On constate que par voie routière l'évacuation est plus longue par rapport à l'hélicoptère avec des délais moyens de 293 ± 318 min vs 183 ± 141 min ($p = 0,004$), respectivement. Le nombre d'évacuations réalisées en fonction de l'état clinique initial identifié par le score MEDSUBHYP a également été analysé. L'évacuation par hélicoptère a bénéficié à 44 % de patients présentant une sévérité clinique initiale élevée (score MEDSUBHYP ≥ 6), tandis qu'en cas d'évacuation par voie routière, 35,6 % présentaient ce critère de sévérité.

DISCUSSION

Validation du score MEDSUBHYP

Le score MEDSUBHYP a initialement été proposé dans le cadre d'une étude rétrospective, multicentrique, sur une série de 279 patients (Blatteau et coll. 2011a). Notre étude, monocentrique, réalisée sur 195 accidents, distincts de l'étude de 2011, confirme la significativité statistique de ce score, avec un OR très élevé à 9,5, après ajustement, prédicteur d'une récupération incomplète. A noter que le score de MEDSUBHYP est également corrélé avec l'importance des séquelles identifiées par un score quantitatif de séquelles MJOAS.

Cette étude confirme que l'estimation du risque de séquelles à l'issue de la prise en charge hyperbare à partir des données cliniques initiales est une démarche tout à fait pertinente.

L'utilisation du score peut permettre d'orienter la prise en charge thérapeutique à l'admission au centre hyperbare. Le score pourrait également être utile pour identifier les patients qui doivent être évacués le plus rapidement vers un caisson.

Par rapport à l'étude de 2011, il apparaît que la valeur seuil discriminante du score MEDSUBHYP mérite d'être révisée. Il avait été trouvé initialement une valeur seuil de 7, alors que l'étude actuelle après analyse ROC montre que la valeur seuil de 6 est la plus discriminante.

Dans notre étude, tous les critères cliniques sont statistiquement associés à un risque de récupération incomplète avec des OR supérieurs à 2. Comme dans l'étude de 2011, la présence de troubles sphinctériens reste le critère le plus fortement associé au risque de séquelles. Néanmoins, il est à noter que la caractérisation des troubles sphinctériens n'est pas forcément évidente à la phase initiale, car la présence d'une oligo-anurie et d'une déshydratation sont fréquentes lors d'un accident de plongée. Le diagnostic de rétention urinaire avec mise en évidence d'un globe vésical ou d'un résidu post-mictionnel est le plus souvent établi lors de l'admission au centre hyperbare, avec ou sans l'aide de l'échographie.

Concernant le critère âge, la valeur discriminante de 54 ans a été identifiée par analyse ROC dans notre étude, alors que la valeur discriminante du score MEDSUBHYP est de 42 ans. Ceci est probablement lié au vieillissement de la population des plongeurs de loisir par rapport à l'étude de 2011 avec un risque accru de séquelles avec l'âge.

A noter que le sexe masculin s'avère plus à risque de séquelles lors de l'analyse univariée, mais ce résultat n'est pas confirmé lors de l'analyse multivariée ($p = 0,12$). L'intégration du sexe dans le score ne semble donc pas pertinente à ce stade. L'influence péjorative du critère sexe masculin sur le risque de séquelles mérite d'être confirmée dans de prochaines études.

Influence du délai de recompression

Dans notre étude, les ADD neurologiques qui sont recomprimés avec un délai supérieur à 194 minutes ont plus de séquelles neurologiques que ceux recomprimés dans un délai inférieur. Ce résultat est significatif aussi bien lors de l'analyse

univariée que pour l'analyse multivariée avec un OR à 2,1.

Il s'agit d'un résultat original, en effet la revue de littérature sur ce sujet est assez disparate, avec des auteurs qui ne trouvent aucune relation entre le délai de recompression (Cianci et coll. 2006) et les séquelles neurologiques, et d'autres qui admettent une moins bonne récupération lorsque le traitement hyperbare est appliqué au-delà de plusieurs heures. Le seuil de significativité jusqu'à présent était plutôt estimé autour de six heures dans les dernières études comme les études de Ross et coll. 2007 et Stipp 2007 en Ecosse qui retiennent un temps optimal de recompression inférieur à 6 heures. L'étude multicentrique de 2011 montrait également une valeur seuil de six heures qui était significative uniquement lors de l'analyse univariée (Blatteau et coll. 2011a). L'étude chinoise de Xu et coll. 2012 qui recense 5278 cas d'accidents de décompression, dont 50 % de formes neurologiques sur une période de 10 ans, montre un résultat similaire.

En revanche les études épidémiologiques réalisées sur des plongeurs militaires disposant de caissons sur le site de plongée, n'ont pas permis d'identifier des valeurs seuils significatives inférieures à six heures (Blatteau et coll. 2011b, Méliet et Mayan 1990).

Seule une étude réalisée en 1994 sur le centre hyperbare de Marseille retrouvait une valeur seuil du délai de recompression à trois heures, sur une série 62 cas (Blanc et coll. 1994), mais qui n'était pas confirmée par une étude ultérieure dans le même centre portant sur 96 cas (Boussuges et coll. 1996).

Notre étude confirme la notion que le délai de recompression a une influence significative sur le risque de séquelles mais que cette influence du délai se rapporte essentiellement aux ADD neurologiques présentant des critères de sévérité clinique initiale élevée.

En effet, si l'on sépare les plongeurs accidentés présentant une faible sévérité initiale (score MEDSUBHYP < 6), de ceux présentant une sévérité initiale élevée (score ≥ 6) on constate que le délai de recompression a une influence sur le risque de séquelles uniquement pour les sujets présentant une sévérité initiale élevée (aire sous la courbe à $0,71 \pm 0,06$, $p = 0,00034$), mais pas pour les accidentés avec faible sévérité initiale (aire sous la courbe à $0,55 \pm 0,09$, $p = 0,58$).

Cette notion d'influence du délai de recompression vis-à-vis de la sévérité initiale avait déjà été

suggérée par Ball et coll. 1993 sur une petite série de 24 sujets.

Le résultat que nous rapportons est très important vis-à-vis de la régulation médicale et de la sélection des patients à recomprimer le plus rapidement.

Sélection pré-hospitalière des patients devant être recomprimés rapidement

Notre étude montre que les patients avec score supérieur ou égal à 6 qui sont plus à risque de séquelles devraient être évacués si possible dans un délai inférieur à 194 minutes en utilisant les moyens les plus rapides. L'utilisation de l'hélicoptère permet souvent de respecter un délai d'évacuation inférieur à 200 minutes dans le département du Var. Or celui-ci n'est utilisé que dans un tiers des cas d'évacuations. A noter que l'altitude de vol doit rester inférieure à 300 mètres pour éviter toute aggravation. (Blanc et coll. 1994, Coulange et coll. 2015). Il convient donc de déclencher ce moyen d'évacuation à bon escient dès que la sévérité du patient a été identifiée, même si le patient ne nécessite pas systématiquement de médicalisation c'est-à-dire la présence d'un médecin accompagnant. Pour cela, nous proposons d'utiliser un questionnaire simplifié basé le score MEDSUBHYP pour l'évaluation de la sévérité initiale par le médecin régulateur. En effet la recherche des critères du score peut être effectuée de manière simple en posant des questions précises (Tableau V).

L'objectif du questionnaire est de permettre une évaluation simple par le médecin régulateur de l'état initial de sévérité clinique. Les critères présents dans le questionnaire sont ceux du score MEDSUBHYP, à l'exception des troubles sphinctériens avec rétention urinaire qui n'a pas été retenu car ce signe est souvent retardé et rarement retrouvé avant l'admission au centre hyperbare.

A noter que le critère d'âge de 54 ans dans le questionnaire correspond à la valeur seuil discriminante retrouvée dans notre étude, alors que le score de MEDSUBHYP identifiait la valeur seuil de 42 ans à partir de données multicentriques. Comme ce questionnaire est destiné à la régulation médicale pour les accidents de plongée pris en charge dans le Var, il est préférable de prendre la valeur d'âge la plus discriminante à savoir 54 ans pour cette population. A noter que tous les autres critères ont été confirmés dans notre étude avec des OR supérieurs à 2.

Par ailleurs, d'autres critères d'accident de plongée n'ont pas été pris en compte dans cette étude et conviennent aussi d'être intégrés dans la décision d'évacuation. Il s'agit notamment de la présence de troubles de conscience, de signes cardio-respiratoires, ou encore de vertiges qui nécessitent également une évacuation rapide. Ce score de régulation devra faire l'objet d'une validation ultérieure pour confirmer sa pertinence.

Du point de vue de la régulation médicale des accidents de plongée, deux critères sont à prendre en compte, tout d'abord le niveau de sévérité clinique de l'accidenté en s'aidant du questionnaire

Critères habituels d'évacuation rapide avec médicalisation :

- Troubles de conscience
- Douleur/oppression thoracique
- Signes de décompensation respiratoire

Critères de sévérité des accidents de décompression neurologiques :

- Avez-vous plus de 54 ans ?
- Avez-vous ressenti ou ressentez-vous une douleur au niveau de la colonne vertébrale ?
- Avez-vous présenté ou présentez-vous une diminution de sensibilité quand on vous touche ?
- Avez-vous présenté ou présentez-vous des difficultés ou une gêne pour bouger les membres ?
- Est-ce que les signes présentés persistent sous oxygène (après au moins 15 minutes d'O₂) ?

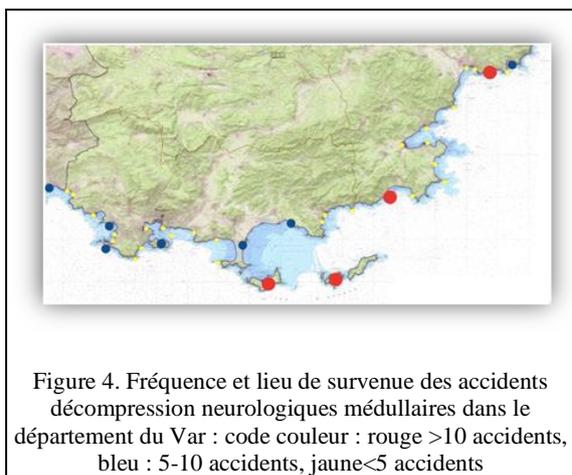
La présence d'au moins 2 réponses positives, atteste d'un niveau de sévérité clinique suffisant pour une déclencher une évacuation avec le moyen le plus rapide vers un centre hyperbare.

La médicalisation est indiquée en cas de présence de signes déficitaires sensitif ou moteur.

Tableau V. Questionnaire d'évaluation de la sévérité clinique initiale des accidents de plongée

proposé, et d'autre part, l'éloignement géographique lié au site de la plongée. La figure 4 précise la répartition géographique des accidents de désaturation neurologiques. On constate plusieurs « points chauds » en rouge qui représentent un nombre plus élevé d'accidents. On constate que ces points chauds sont pour la plupart éloignés du centre hyperbare de Sainte-Anne soit à la limite est du département (sites de Cavalaire, Fréjus...) ou à distance des côtes pour les îles d'Hyères. Pour ces spots éloignés, l'évacuation par voie hélicoptérée est souvent privilégiée.

Le besoin d'évacuation par voie hélicoptérée dans le département du Var n'a pas forcément à être augmenté de manière importante. En effet, si la régulation médicale utilise systématiquement le questionnaire d'évaluation de la sévérité initiale pour le déclenchement de l'évacuation hélicoptérée, en privilégiant les plongeurs ayant une sévérité clinique élevée, il s'avère que le besoin d'évacuation hélicoptérée estimé à 35% est suffisant pour réaliser les évacuations le plus rapidement des ADD neurologiques potentiellement les plus graves.



Limitations

Certains facteurs limitants sont identifiés, comme par exemple le caractère rétrospectif de l'étude. Néanmoins, il faut souligner que la base de données utilisée et notamment le score MEDSUBHYP ont été incrémentés de manière prospective depuis 2011.

Nous ne disposons pas dans cette d'étude d'une évaluation à distance (plusieurs mois après l'hospitalisation) pour déterminer l'état séquellaire

neurologique. L'évaluation des séquelles neurologiques n'a pu être déterminée qu'à la sortie du centre hyperbare. A noter que nous n'avons pas utilisé le score modifié de Rankin, sur 6 points, qui est un des scores le plus souvent utilisé pour l'évaluation des séquelles neurologiques, notamment pour les AVC. Dans notre étude, nous avons préféré employer le score MJOAS qui permet une évaluation plus fine du niveau de séquelles médullaires avec une quantification sur un total de 17 points (Vitzthum et Dalitz 2007).

Les effets de la thérapeutique hyperbare et médicamenteuse, bien que protocolisés et homogènes, pourraient avoir une influence sur le pronostic, même si l'étude de 2011 ne montrait pas d'effet significatif après ajustement du traitement hyperbare et médicamenteux hospitalier sur le pronostic. Comme le choix du traitement dans notre centre est directement dépendant de la valeur du score MEDSUBHYP, nous avons décidé de ne pas intégrer les variables thérapeutiques hospitalières dans cette étude, afin de ne pas entraîner de biais d'analyse. Une étude spécifique dédiée aux aspects du traitement hospitalier et hyperbare fera l'objet d'une publication séparée.

CONCLUSION

Cette étude réalisée sur une cohorte conséquente de 195 accidents de décompression neurologiques confirme l'importance du recueil des données cliniques initiales par l'intermédiaire du score MEDSUBHYP afin d'estimer le risque de récupération incomplète à l'issue de la prise en charge hyperbare. Lorsque le score MEDSUBHYP est supérieur ou égal à 6, le risque de récupération incomplète est plus important avec un OR évalué à 9,5 après analyse multivariée. Le score MEDSUBHYP est également corrélé avec le niveau de récupération clinique à l'issue de la prise en charge au centre hyperbare déterminé par le score quantitatif de séquelles MJOAS.

Par ailleurs, à l'admission au centre hyperbare, le score MEDSUBHYP permet d'orienter la prise en charge thérapeutique, comme cela est le cas au centre hyperbare de l'HIA Sainte-Anne qui applique des tables thérapeutiques hyperbares différentes en fonction de la sévérité clinique.

En pré-hospitalier, l'identification de la sévérité clinique initiale pourrait également être utile pour identifier les patients qui doivent être évacués le

plus rapidement possible vers un caisson. En effet, pour les patients présentant une sévérité clinique initiale élevée (score ≥ 6), le risque de récupération incomplète est plus important lorsque le délai de recompression est supérieur à 194 minutes.

RÉFÉRENCES

Aharon-Peretz J, Adir Y, Gordon CR, [Kol S](#), [Gal N](#), [Melamed Y](#). Spinal cord decompression sickness in sport diving. *Arch Neurol* 1993, 50: 753-756.

Ball R. Effect of severity, time to recompression with oxygen, and re-treatment on outcome of forty-nine cases of spinal cord decompression sickness. *Undersea Hyperbaric Med* 1993, 20: 133-145.

Blanc P, Boussuges A, Bergmann E, Sainty JM. 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, 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*. 2011a;15(1) : 120-127

Blatteau J-E, Gempp E, Constantin P, Louge P. Risk factors and clinical outcome in military divers with neurological decompression sickness: influence of time to recompression. *Diving Hyperb Med*. 2011b, 41(3): 129-134.

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

Cianci P, Slade JB. Delayed treatment of decompression sickness with short, no-air break tables: review of 140 cases. *Aviat Space Environ Med* 2006, 77: 1003-1008.

Coulange M, Blatteau JE, Le Pennetier O, Joulia F. et coll. Accidents en plongée subaquatique et en milieu hyperbare. *EMC-médecine d'urgence* 2015, 10(4):1-17 (Article 25-030-G-20).

Desola J, Sala J, Bohe J, Garcia A, Abos R, Canela J. Prognostic factors of dysbaric disorders. Evidence-based conclusions after a multivariate analysis of 554 cases. In: Cali-Corleo R (ed). *Proceedings of the 26th Annual Meeting of the European Underwater and Baromedical Society*. Valetta, Malta, 2000, pp 17-23.

Desola J, Sala J, Bohe J, Garcia A, Abos R, Canela J. Outcome of dysbaric disorders is not related to delay in treatment. Preliminary results of a multivariate analysis of 466 cases following a prospective study. In: Mekjavic IB, Tipton MJ (ed). *Proceedings of the 23rd Annual Scientific Meeting of the European Underwater and Baromedical Society*, Bled, Slovenia, 1997, pp 133-138.

Dick APK, Massey EW. Neurologic presentation of decompression sickness and air embolism in sport divers. *Neurology* 1985, 35: 667-671.

Francis TJR, Dutka AJ, Flynn ET. Experimental determination of latency, severity and outcome in CNS decompression sickness. *Undersea Biomed Res* 1988, 15: 419-427.

Gempp E, Blatteau JE. Risk factors and treatment outcome in scuba divers with spinal cord decompression sickness. *J Crit Care*. 2010, 25(2): 236-242. doi:10.1016/j.jc.2009.05.011. Epub 2009 Aug 13.

Kizer KW. Delayed treatment of dysbarism. A retrospective review of 50 cases. *JAMA* 1982, 247: 2555-2558.

Méliet JL, Mayan PY. Le pronostic des accidents de décompression dans la Marine nationale : influence du délai d'apparition et du délai de recompression. *Bull Medsubhyp* 1990, 9 (3) : 63-65.

Rivera JC. Decompression sickness among divers: an analysis of 935 cases. *Mil Med* 1964, 129: 134-334.

Robertson AG. An analytic survey of 111 cases of decompression sickness. *Undersea Biomed Res* 1991, 18 (Suppl): 47.

Ross JAS. Clinical audit and outcome measures in the treatment of decompression illness in Scotland. A report to the National Health Service in Scotland Common Services Agency, National Services Division on the conduct and outcome of treatment for decompression illness in Scotland from 1991-1999. Aberdeen, UK: Department of Environmental and Occupational Medicine, University of Aberdeen Medical School; 2000.

Ross JAS, Sayer MDJ, Trevett AJ. The relationship between time to recompression treatment and clinical outcome for decompression illness treated in Scotland. *Undersea Hyperb Med* 2007, 34(Suppl): 269.

Stipp W. Time to treatment for decompression illness. Research report RR 550, Norwich, UK, Health and Safety Executive Books, 2007, pp 1-29. Disponible sur <http://www.hse.gov.uk/research/rrpdf/rr550.pdf>

Vitzthum HE, Dalitz K. Analysis of five specific scores

Délai de décompression et accidents neurologiques médullaires

for cervical spondylogenic myelopathy. Eur Spine J. 2007 Dec, 16(12): 2096–2103.

Van Hulst RA. Analysis of ten year diving casualties 1979-1989, diving medical centre, The Netherlands. Undersea Biomed Res 1990, 17(Suppl): 144.

Xu W, Liu W, Huang G, Zou Z, Cai Z, Xu W. Decompression illness: clinical aspects of 5278 consecutive cases treated in a single hyperbaric unit. PloS ONE. 2012,7(11) e50079. doi: 10.1371/journal.pone.0050079.

RESUME

Influence de la présentation clinique initiale et du délai de recompression sur le pronostic des accidents de décompression neurologiques médullaires. S Andre, H Lehot, P Louge, J Morin, S De Maistre, E Gemppe, R Roffi, A Druelle, M Vergne, J-E Blatteau. Bull. MEDSUBHYP, 2020,30 (2) : 53-65.

Objectifs

L'objectif de cette étude est d'affiner la connaissance des facteurs de risque associés à une mauvaise récupération clinique des accidents de décompression (ADD) médullaires liés à la pratique de la plongée sous-marine, en particulier l'influence des critères de présentation clinique initiaux regroupés dans le score de sévérité clinique (score MEDSUBHYP) ainsi que le délai de recompression.

Matériels et méthode

195 plongeurs (moyenne 48 ± 12 ans, 42 femmes) présentant des symptômes d'ADD médullaire ont été inclus dans une étude rétrospective et monocentrique. Les renseignements concernant la plongée, la latence d'apparition des symptômes, le délai de recompression et la prise en charge pré-hospitalière ont été étudiés. La sévérité clinique initiale a été estimée par le score MEDSUBHYP et le niveau des séquelles a été évalué à la sortie du centre hyperbare par le score modifié de l'association orthopédique japonaise (MJOAS).

Résultats

34,3 % présentent des séquelles neurologiques à la sortie du centre hyperbare. Après analyse multivariée, seules 2 variables indépendantes sont significativement associées à une récupération neurologique incomplète : le score de MEDSUBHYP et le délai de recompression. Pour un score MEDSUBHYP ≥ 6 , le risque de récupération incomplète est plus important [OR 9,5 (4,6 - 19,8) ; $p < 0,0001$]. Pour un délai de recompression supérieur à 194 minutes, le risque de récupération incomplète est plus important [OR 2,1 (1,03 - 4,5) ; $p = 0,04$]. Par ailleurs, l'étude montre que lorsque le délai de recompression augmente, le score de MJOAS diminue, ce qui témoigne d'un niveau de séquelles plus élevé ($p = 0,014$). Enfin l'influence du délai de recompression n'apparaît significative que pour les patients présentant un score MEDSUBHYP ≥ 6 avec une aire sous la courbe à $0,71 \pm 0,06$ ($p = 0,00034$).

Conclusion

Cette étude confirme l'importance de déterminer la sévérité clinique initiale par l'intermédiaire du score MEDSUBHYP afin d'estimer le risque de récupération incomplète. En pré-hospitalier, l'identification de la sévérité initiale peut être utile pour identifier les patients qui doivent être évacués le plus rapidement vers un caisson. Afin de prioriser les patients à évacuer et de déterminer le meilleur vecteur d'évacuation, nous proposons un questionnaire simplifié basé sur le score MEDSUBHYP destiné au médecin régulateur comme un outil d'aide à la décision.

Mots clés

Plongée, accident de décompression, bulles, moelle épinière, séquelles neurologiques, délai de recompression, oxygénothérapie hyperbare, score clinique.

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 -), avec les tableaux, figures, annexes et résumés (total de 10 pages maximum, sauf accord préalable) de préférence par courriel à jean-claude.rostain@univ-amu.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 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, les soulignements et les notes de bas de page. 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. Envoyer les figures au format JPEG.

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 à envoyés séparées du texte.

SOMMAIRE

- Troubles de conscience et tétraparésies au décours d'une plongée subaquatique de loisir, a propos d'un cas.
PL Dufresne, J Morin, A Druelle, R Roffi, H Lehot, JE Blatteau. 37 - 46.
- Pertinence de l'imagerie thoracique pour la recherche de contrindications a la pratique de la plongée en 2020.
F Grillet. 47 - 52.
- Influence de la présentation clinique initiale et du délai de recompression sur l e pronostic des accidents de décompression neurologiques médullaires.
S Andre, H Lehot, P Louge, J Morin, S De Maistre, E Gempp, R Roffi, A Druelle, M Vergne, J-E Blatteau. 53 - 65.