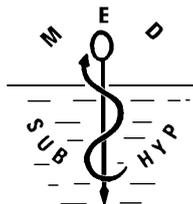


**BULLETIN de
MEDECINE
SUBAQUATIQUE
et HYPERBARE**

2018. Tome 28. Numéro 2

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



REVUE SEMESTRIELLE

Date de publication : décembre 2018

**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 2018

Président:	REGNARD, J.	Administrateurs :	BLATTEAU, J-E.
Vice Présidents :	COULANGE, M.		GRANDJEAN, B.
	LOUGE, P.		HUGON, M.
Secrétaire général :	DELAFOSSE, B.		JOFFRE, T.
Secrétaire adjoint :	HENCKES, A.		MATHIEU, D.
Trésorier :	COURAUD, F..		PIGNEL, R.
Trésorier adjoint :	PARMENTIER, H.		PONTIER J.M.
			SOUDAY, V.

.CONSEIL SCIENTIFIQUE

Coordinateur :	MELIET, J.L.	
Conseillers :	D'ANDREA, C.	BARBERON, B.
	CONSTANTIN, P.	DUCASSE, J-L.
	GUERERO, F.	LETELLIER, P.
	ROSTAIN, J.C.	WENDLING, J.

Secrétariat: Dr. B. Delafosse.

bertrand.delafosse@wanadoo.fr ou secretaire@medsubhyp.com.

BULLETIN de MEDECINE SUBAQUATIQUE et HYPERBARE
2018. Tome 28, Numéro 2.

Dépôt légal : 28 mars 2018
3448 6781®

ISSN 1248 - 2846

Responsable de la rédaction
B. Delafosse

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 2018

ACCIDENTS OSTEO-ARTHRO-MUSCULAIRES DE DESATURATION : BILAN DE 30 ANNEES D'EXPLORATION PAR IRM

O. BAYLE¹, M. COULANGE^{2,3}. ¹Service d'Imagerie, Hôpital Saint Joseph, 26 Bd de Louvain, 13008 Marseille. ²Service de Médecine hyperbare, Subaquatique et Maritime, Hôpital Sainte Marguerite, 270 Bd de Sainte Marguerite, 13008 Marseille. ³Inserm 1263, Inra 1260, C2VN, Aix Marseille Université

ABSTRACT

Musculoskeletal decompression sickness: 30 years of MRI exploration. O Bayle, M Coulange. Bull. Medsubhyp 2018, 28 (2): 29 – 36.

MRI exploration of musculoskeletal decompression sickness has contributed to a better knowledge of bone injury, especially their natural history, and has become indispensable after a bends to specify the evolving risks and to guide the evaluation of the conditions for resuming intervention in a hyperbaric environment or recreational diving.

INTRODUCTION

L'émergence et le développement de l'imagerie en coupes dans la 2^{ème} partie des années 80, a permis progressivement d'étendre ses indications à l'exploration des accidents liés aux interventions en milieu hyperbare ou à la plongée subaquatique. Si le scanner a une place de choix dans l'exploration thoracique (surpression pulmonaire, noyade, œdème pulmonaire d'immersion ...), l'IRM s'est imposée dans l'exploration des accidents neurologiques en particuliers cérébraux mais également dans l'exploration de l'ostéonécrose dysbarique et des accidents ostéo-arthro-musculaires de désaturation (Puech 1989, Bayle 1990, Stephant 2008, Gempp 2009).

Après une trentaine d'années de pratique, un bilan de l'apport de l'IRM ostéo-articulaire s'impose, pour apprécier en particulier la contribution de cette technique à une meilleure compréhension des accidents de désaturation mais également de la genèse de l'ostéonécrose dysbarique, pathologie rare mais potentiellement invalidante et principale complication à long terme de l'exposition à des variations de pression.

MATERIELS ET METHODES

Dans un premier temps, il s'agit d'une étude descriptive rétrospective basée sur l'analyse des IRM réalisées chez 69 plongeurs pris en charge en urgence dans le service de Médecine Hyperbare de l'AP-HM ou dans le cadre du suivi de plongées

expérimentales pour suspicion d'accident ostéo-arthro-musculaire de désaturation.

Dans un second temps, une analyse d'IRM et une recherche d'antécédents d'accident ostéo-arthro-musculaire de désaturation ont été effectuées sur un panel de 37 plongeurs adressés pour suspicion d'ostéonécrose dysbarique.

Les protocoles IRM réalisés étaient constitués de séquences d'acquisition habituelles en imagerie ostéo-articulaires avec des pondérations T1 et T2 SF dans des plans adaptés à la région anatomique étudiée. Au total 182 IRM ont été pratiquées pour le bilan initial des régions concernées et pour le suivi avec une moyenne de 2.5 IRM par plongeur (jusqu'à un maximum de 18 IRM pratiquées pour un seul plongeur ayant présenté 3 accidents). En cas d'IRM mettant en évidence une phase aigue d'ostéonécrose, le suivi a été réalisé sur quelques mois en fonction de la disponibilité du plongeur jusqu'à régression débutante des anomalies. Plusieurs plongeurs ont été revus à distance en particulier en cas de localisation juxta-articulaire (jusqu'à 25 ans après l'accident).

RESULTATS

Topographie et détail des lésions d'accident ostéo-arthro-musculaire de désaturation

Soixante-neuf plongeurs ont présenté une symptomatologie ostéo-arthro-musculaire au décours d'une plongée faisant suspecter 72 accidents de désaturation (3 plongeurs ayant présenté 2 accidents espacés dans le temps).

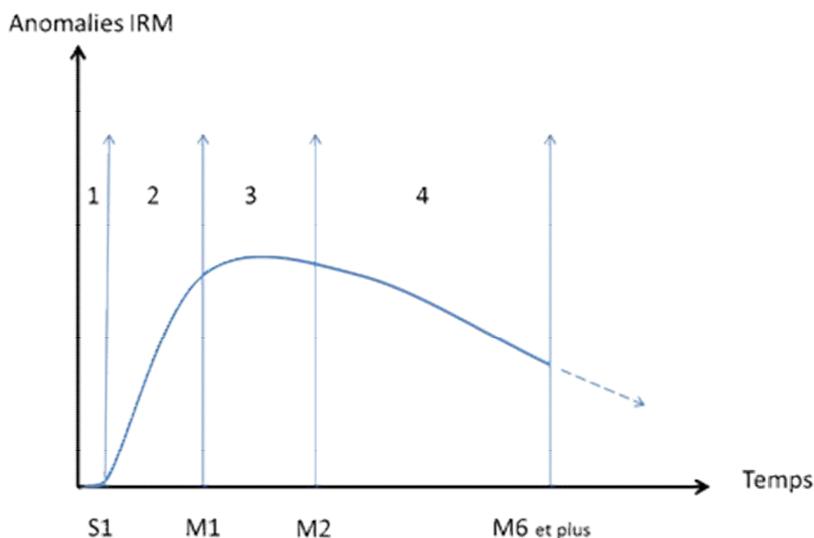


Figure 1: Evolution précoce des anomalies IRM en phase aiguë d'ostéonécrose dysbarique

Les localisations douloureuses étaient multi-sites pour 6 plongeurs et au total 82 régions anatomiques ont été étudiées en IRM : 35 épaules droites, 29 épaules gauches, 10 genoux, 5 hanches, 2 coudes et 1 poignet.

Au total, une phase précoce d'ostéonécrose a été mise en évidence dans 41 cas sur les 82 régions étudiées (50 %) avec pour les épaules 31 lésions sur 64 suspicions d'accident (24 localisations extra-articulaires, 16 localisations intra-articulaires et 1 localisation juxta-articulaires isolée), pour les genoux 6 lésions extra-articulaires et une juxta et extra-articulaire fémorale pour 10 suspicion d'accident, 2 lésions sur 5 cas pour les hanches, une lésion sur 2 cas pour les coudes.

Le suivi médian pour les plongeurs qui ont eu plus d'une IRM, est de 27 mois avec un suivi maximal de 25 ans. La persistance d'anomalies en IRM lors du dernier contrôle est de 61 %. Trois plongeurs ont présenté une nécrose au niveau d'une région ayant déjà été concernée par un accident dont un plongeur précédemment exploré par IRM avec une normalisation de la moelle dans l'intervalle des accidents.

Dans un cas, nous avons observé sur la 1^{ère} IRM pratiquée 2 mois après l'accident une atteinte des genoux (tibias, fémurs), des hanches, des genoux et des épaules avec d'emblée à ce dernier niveau des lésions juxta-articulaires compliquées de fractures corticales alors que ce plongeur professionnel avait rapidement repris son travail après l'épisode douloureux initial.

Sémiologie IRM et chronologie des lésions

L'accident de désaturation permettant de définir le T0 du processus de nécrose, est un modèle parfait pour préciser la sémiologie et la chronologie des lésions. Nous pouvons décrire une évolution en 4 phases de l'accident ostéo-arthro-musculaire de désaturation (fig 1) :

- une phase initiale de sidération de la moelle osseuse avec apparition progressive en quelques jours de discrètes modifications œdémateuses du signal au sein de la zone concernée. Les lésions les plus graves, à haut risque d'évolution vers une nécrose étendue, peuvent être visibles dès les premiers jours après l'accident. Cette phase s'étend sur environ une semaine (fig 2).
- une phase de focalisation des lésions. Les anomalies initiales simplement œdémateuses et le plus souvent limitées, évoluent vers des anomalies étendues avec un aspect très hétérogène, « grumeleux » de la moelle. La limite entre la moelle saine et la moelle nécrosée devient progressivement plus nette. L'extension des lésions est maximale pendant le 2^{ème} mois après l'accident (fig 3).
- une phase de régression des lésions qui peut s'étendre sur plusieurs mois avec apparition d'un liseré en périphérie de la lésion. Les phénomènes inflammatoires régressent très progressivement en périphérie et surtout au sein de la zone de nécrose (fig 4)

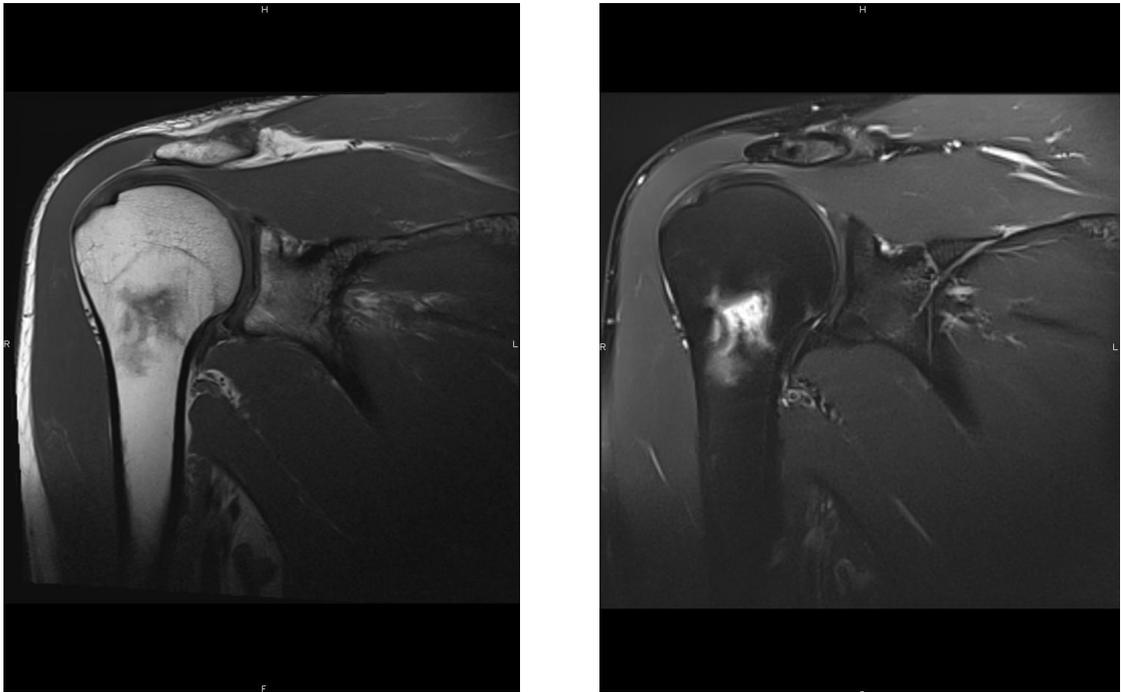


Figure 2 : œdème diaphyso-métaphysaire huméral en IRM (phase 1)

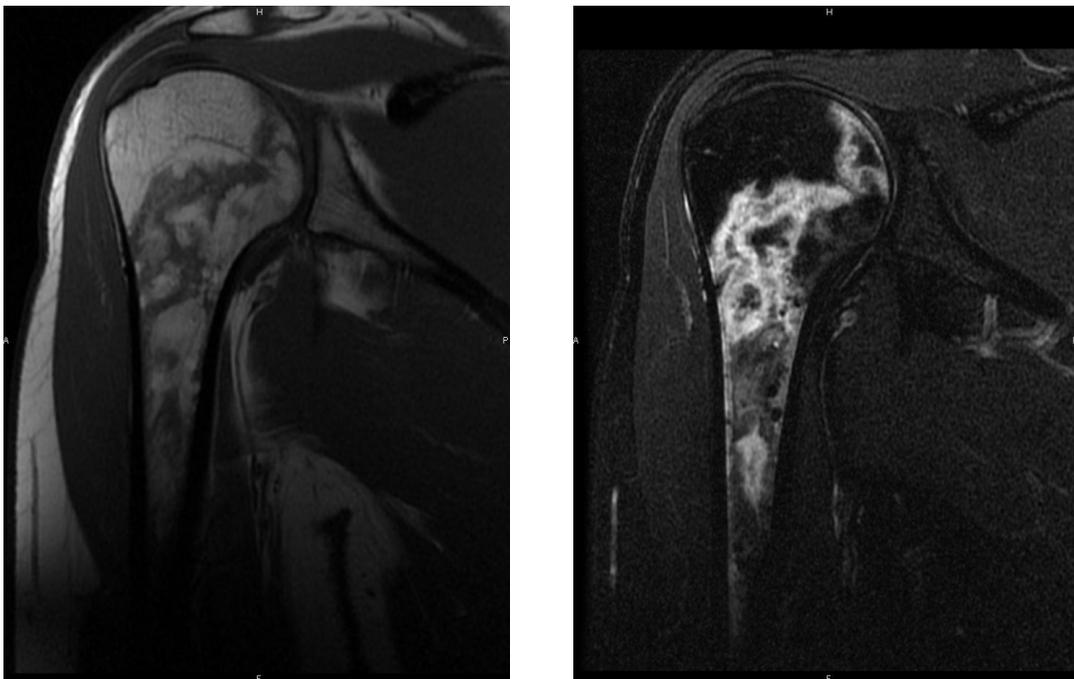


Figure 3 : Lésion extra et juxta-articulaire humérale à 1 mois et demi en IRM (phase 2)

- une phase finale avec soit une disparition complète de la zone de nécrose soit la persistance d'une lésion cicatricielle séquellaire
Il n'est pas vu de différence notable en IRM entre les nécroses extra et juxta-articulaires en ce qui concerne l'évolution du signal de la zone concernées.

Ostéonécrose dysbarique et antécédents d'accident ostéo-arthro-musculaire de désaturation

L'analyse rétrospective des 37 plongeurs adressés pour suspicion d'ostéonécrose dysbarique retrouve une lésion nécrotique sur l'IRM dans 24 cas. Parmi ces derniers, 75% ont un antécédent d'accident ostéo-arthro-musculaire de désaturation

DISCUSSION

La chronologie des lésions constatée en IRM correspond à celle décrite en histologie avec une phase initiale essentiellement œdémateuse et de nécrose lipidique, une nécrose osseuse puis la mise en place d'un tissu de réparation des lésions avec un tissu de granulation richement vascularisé à progression centripète. En dernier lieu, il apparaît un tissu cicatriciel avec fibrose pouvant se calcifier (Catto 1976, Ficat 1977). Les lésions juxta articulaire sont susceptibles de se compliquer en

fracture ostéochondrale et à terme en une possible ostéo-arthropathie.

Si le terme d'ostéonécrose dysbarique est retenu depuis le congrès de Galvestone en 1972 et est basé sur une analyse radiographique, nous proposons d'utiliser le terme de phase aiguë d'ostéonécrose dysbarique pour ces lésions précoces et évolutives en IRM. Il s'agit du stade 1 de la classification de Ficat et Arlet sans lésion radiologique (Ficat 1985).

Notre analyse des modifications en IRM des 41 accidents osseux confortent la description de l'évolution des lésions que nous avons déjà réalisée (Coulange 2006). La connaissance de la chronologie des anomalies en IRM est importante car elle conditionne le moment le plus opportun pour réaliser une IRM pour suspicion d'accident et cet examen doit être pratiqué pendant le 2^{ème} mois suivant l'accident au moment où l'IRM a la sensibilité maximale et permet d'apprécier parfaitement l'extension des anomalies et leurs localisations juxta- articulaires éventuelles qui peuvent conditionner à terme le pronostic fonctionnel (fig 1). La pratique d'une IRM avant cette période risquerait de faire méconnaître, de sous-estimer les lésions ou même de poser à tort un diagnostic positif sur des plages de moelle hématopoïétique au sein de la moelle osseuse prêtant à confusion avec un œdème précoce de nécrose. La pratique d'une IRM après la période

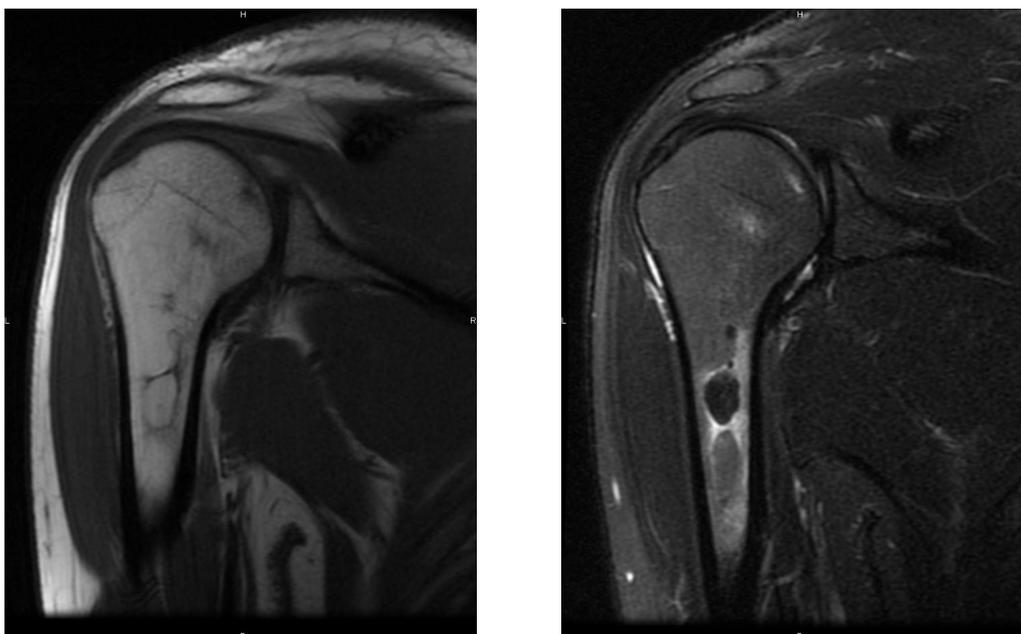


Figure 4 : régression partielle des lésions chez le même plongeur à 1,5 an en IRM (phase 3)

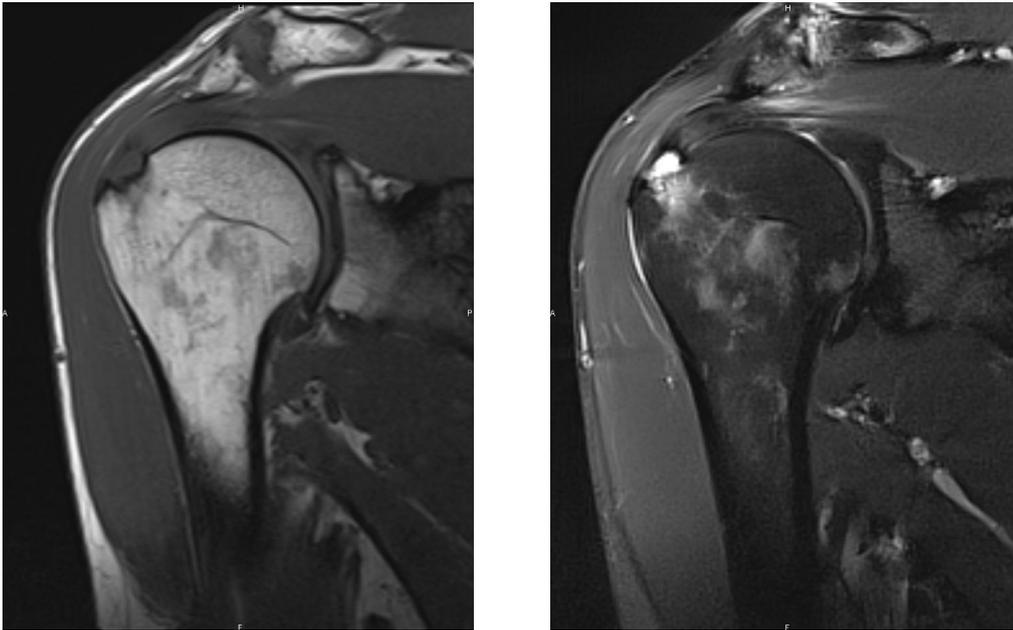


Figure 5 : Oedeme diaphyso-métaphysaire huméral (phase 1) mais également lésion tendineuse du supra-épineux et arthrose acromio-claviculaire en IRM

optimale risquerait de faire discuter le lien entre l'accident et la nécrose éventuellement constaté alors.

IRM normales ou pathologiques

Notre étude montre 44 % d'anomalies IRM après une suspicion d'accident ostéo-arthro-musculaire de désaturation. A quoi peuvent correspondre les examens qui apparaissent normaux ? Plusieurs explications nous paraissent s'imposer concernant nos résultats ou ceux d'autres études.

- Des faux négatifs peuvent être liés à des contraintes techniques ou chronologiques :
- Sur le plan technique, les champs d'exploration ou « Field Of View : FOV » ne sont pas adaptés à la pathologie recherchée. En effet les examens IRM habituels en particulier ceux concernant les épaules ou de genoux sont centrés sur l'articulation en cause avec un FOV limité pour optimiser la qualité de l'examen et avec des antennes dédiées à la région anatomique alors que l'IRM dans l'exploration des accidents ostéo-arthro-musculaires de désaturation doit explorer l'articulation mais également largement les diaphyses ce qui justifie une adaptation des protocoles voir la réalisation de 2 examens, articulaire et diaphysaire. Dans notre étude en particulier au début de notre expérience, ces

conditions n'ont pas toujours été réunies et encore actuellement, le radiologue doit être vigilant afin que les manipulateurs utilisent des antennes et des protocoles adaptés à la pathologie recherché et différents des examens habituellement pratiqués pour explorer l'articulation en cause. Il est important que les prescriptions d'IRM soient réalisées en ce sens si ces explorations sont pratiquées dans des centres non familiarisés avec ce type de pathologie.

La chronologie des lésions à l'IRM conditionne la « fenêtre » idéale de réalisation de l'imagerie et certaines IRM sont réalisées trop tôt (ce qui a été également plusieurs fois le cas au début de notre étude) ou trop tard, minimisant les possibilités de diagnostic.

Par ailleurs, toutes les suspicions de bends ne sont pas des accidents ostéo-arthro-musculaires de désaturation. Les plongeurs sportifs consultent parfois dès la moindre gêne articulaire au décours d'une plongée. Les IRM ne mettant pas en évidence de nécrose doivent inciter à rechercher les diagnostics différentiels, le plus souvent liés à une pathologie dégénérative (tendino/enthésopathie, arthrose débutante,...) (fig 5). Une douleur articulaire chez un plongeur fait évoquer par défaut un accident de désaturation mais une relecture de la sémologie clinique des

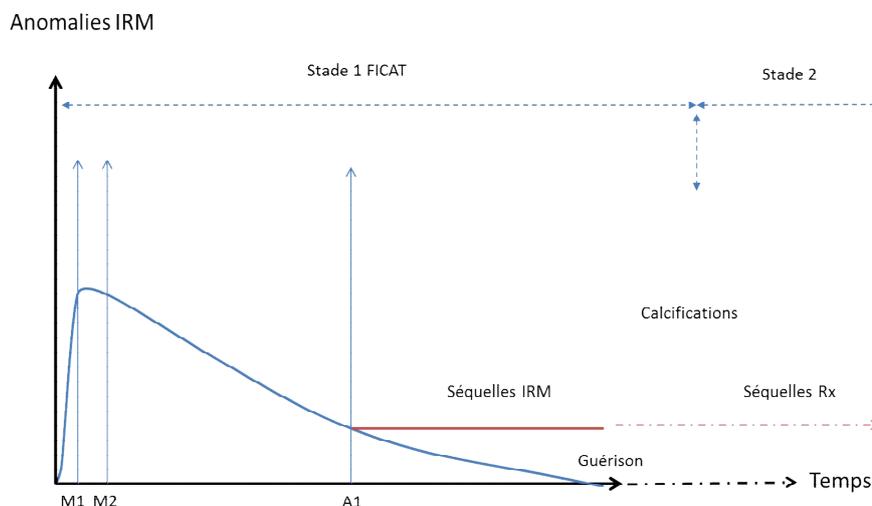


Figure 6 : Evolution long terme des lésions d'ostéonécrose en IRM

accidents paraît s'imposer. Les douleurs suivies d'une phase précoce d'ostéonécrose à l'IRM se manifestent le plus souvent avec une symptomatologie bruyante bien différente d'une simple gêne articulaire le plus souvent liée à une pathologie abarticulaire.

Suivi des accidents ostéo-arthro-musculaire de désaturation

Le suivi est conditionné par 2 points : la question de l'aptitude médicale aux interventions en milieu hyperbare ou l'absence de contre-indication à la plongée loisir après accident et le devenir des lésions juxta-articulaires

Les lésions extra-articulaires n'ont pas besoin d'IRM de contrôle sauf discussion sur une éventuelle reprise des interventions en milieu hyperbare ou de plongées loisirs.

En cas de lésion juxta-articulaire, la période optimale pour un suivi par IRM est d'environ 6 mois pour distinguer les lésions ayant totalement régressées de celles qui persistent et qui pourront bénéficier d'un suivi à long terme.

Dans notre expérience ou dans d'autres séries, on ne peut affirmer qu'un antécédent d'accident ostéo-arthro-musculaire de désaturation soit un facteur de récurrence ou d'aggravation des lésions. Par défaut, l'attitude pratique souvent rencontrée est d'attendre la régression des phénomènes inflammatoires et de contrôler les facteurs de risques habituels (non-respect des procédures de décompression, corticothérapie, œnolisme...) pour autoriser la reprise.

Dans ces conditions, l'évaluation des conditions de

reprise, en particulier chez les professionnels peut, au cas par cas, faire modifier la date du ou des contrôle(s).

Notre suivi des plongeurs présentant une phase précoce d'ostéonécrose à l'IRM n'a pas permis une analyse à très long terme des lésions juxta-articulaires en particulier des raisons d'éloignement de ces plongeurs dont certains n'habitent pas la région PACA ou sont perdus de vue mais il serait utile de connaître le pourcentage de phases aiguës juxta-articulaires qui évoluent vers un stade de complications (stade 3 et 4 de la classification de Ficat et Arlet). Le lien entre ostéonécrose radiologique et antécédents d'accident ostéo-arthro-musculaire de désaturation est connu et semble renforcé par notre analyse rétrospective de 24 plongeurs adressés pour suspicion d'ostéonécrose dysbarique dont l'IRM confirme le diagnostic avec un antécédents d'accident ostéo-arthro-musculaire de l'articulation concernée dans 75% des. Certains accidents peuvent avoir été oubliés ou omis par les plongeurs, telles que la banalisation des douleurs aux genoux à la compression ou surtout la décompression des plongées à saturation (arthralgies). Il existe toutefois d'authentiques ostéonécroses radiologiques sans antécédents d'accident vraisemblablement liés à la répétition de phénomènes de nécrose infra-clinique comme peut le faire évoquer les études scintigraphie réalisées au début des années 80 (Elizagaray 1983).

D'autre part, l'ensemble des données statistiques en particulier de prévalence doivent être revues

avec l'apport de l'IRM comme précédemment évoqué (Bayle 1990). La notion classique d'ostéonécrose dysbarique était auparavant associée à un diagnostic radiologique (Ugen 2014). Elle doit être actuellement complétée en cas d'anomalie juxta-articulaires d'une stadification de type Ficat ou équivalent avec un stade 1 infra-radiologique (anomalies IRM évolutives 1a ou fixées 1b), un stade 2 avec apparition des anomalies radiographiques et des stades 3 et 4 avec survenue des complications (Sultan 2018). Par ailleurs, la compréhension des différentes phases en IRM et radiologiques de l'ostéonécrose dysbarique apporte un nouvel éclairage sur son évolution et peut conduire à mettre en place d'autres travaux en particulier sur le suivi long terme des professionnels exposés ou des sportifs profonds (recycleur, trimix) (fig 6).

La prévalence d'ostéonécrose séquellaire à long terme en IRM et/ou radiologique n'est pas évaluable de manière fiable dans notre étude du fait de l'absence de contrôle systématique à intervalle précis et de la durée variable de la surveillance le plus souvent insuffisamment prolongée.

Topographie des ostéonécroses

La topographie des bends et des ostéonécroses est très variable suivant les études publiées (Meliet 1983). Dans notre série les localisations fémorales et tibiales sont l'apanage des plongées à saturation alors que les autres professionnels ou les sportifs présentent des ostéonécroses au niveau des épaules. Alors qu'il est classiquement décrit que les épiphyses tibiales et fémorales autour du genou sont respectées dans l'ostéonécrose dysbarique, nous avons constaté dans le cadre de ce suivi d'accidents, une atteinte diaphyso-métaphyso-épiphysaire fémorale inférieure qui associé à un cas d'ostéonécrose du plateau tibial que nous avons précédemment décrit, témoigne à l'inverse que ces épiphyses peuvent être atteinte même si ces localisations restent rares (Bayle 1990).

Imputabilité de l'exposition dysbarique devant une lésion d'ostéonécrose

Les anomalies en IRM n'apparaissent pas spécifiques à l'ostéonécrose dysbarique ce qui est le cas pour les lésions extra ou juxta articulaires et quel que soit l'étiologie, les conséquences histologiques et donc IRM en sont les mêmes. Seul le suivi des accidents ostéo-arthro-musculaire de désaturation permet d'imputer avec certitude l'exposition à

l'hyperbarie comme étant à l'origine de la nécrose avec les conséquences médico-légales et/ou assurantielles que cela supposent.

CONCLUSION

L'IRM s'est imposé comme la technique la plus adaptée et non invasive, pour explorer les accidents ostéo-arthro-musculaires de désaturation et assurer leur suivi. Elle conduit par ailleurs à revoir l'histoire naturelle de l'ostéonécrose dysbarique avec la description d'une phase aiguë d'ostéonécrose. L'amélioration des protocoles d'acquisition et la recherche systématique de diagnostics différentiels en cas d'absence de nécrose doivent pouvoir permettre de diminuer le nombre de faux négatifs et le plus souvent réduire la notion d'accidents ostéo-arthro-musculaires à la notion d'accidents osseux de désaturation.

Cependant, chez les professionnels, la suppression du bilan radiologique quadriennal des grosses articulations peut conduire à méconnaître des lésions d'ostéonécrose dysbarique juxta-articulaire dont nous avons vu qu'elles pouvaient survenir sans antécédents d'accident.

Si le dépistage systématique par IRM n'a pu s'envisager pour des raisons de coût et de faible prévalence de la maladie, il paraît licite de proposer un dépistage ciblé pour les plongeurs ayant des antécédents d'accident ostéo-arthro-musculaires et pour ceux qui ont été exposés de manière prolongée et répétée à un environnement hyperbare.

REFERENCES

- Bayle O, Comet M, Bartoli JM, Moulin G, Di Stephano-Louisseau D, Kasbarian M. Dépistage de l'ostéonécrose dysbarique par IRM. Bull. Medsubhyp, 1990, 9(4): 93-104.
- Catto M. Pathology of aseptic bone necrosis. In: Davidson JK, ed. Aseptic necrosis of bone. 1st ed. Amsterdam, Netherlands: Excerpta Medica; 1976, p.3-100.
- Coulanges M, Bayle O, Barthélémy A. Ostéonécrose dysbarique. In : Broussolle B, Méliet JL, Coulanges M, (eds). Physiologie et Médecine de la Plongée. 2nd ed. Paris: Ellipses; 2006. p. 499-515.

- Elizagarat A, Puech B, Morcellet JL. Explorations isotopiques dans l'ostéonécrose dysbarique. Bull. Medsubhyp, 1983, 2(3): 59-64.
- Ficat P, Arlet J. Ischémie et nécrose osseuses. Paris : Masson; 1977. p.233.
- Ficat RP. Idiopathic bone necrosis of the femoral head. Early diagnosis and treatment. J Bone Joint Surg Br. 1985, 67(1): 3-9.
- Gempp E, Blatteau JE, Simon O, Stephant E. Musculoskeletal decompression sickness and risk of dysbaric osteonecrosis in recreational divers. Diving Hyperb Med. 2009, 39(4): 200-204.
- Méliet JL. A propos de 47 cas d'accidents ostéo-arthro-musculaires de décompression. Bull Med Sub Hyp 1983, 2: 17-24.
- Puech B, Elizagarat A, Morcellet JL. Surveillance scintigraphique osseuse des plongeurs profonds de 1977 à 1982. Bull. Medsubhyp, 1983, 2(3): 34-38.
- Puech B, Hugon M, Dufour M, Château J, Elizagarat A, Trividic A. Exploration par scintigraphie et IRM des accidents de plongée ostéoarthromusculaires des épaules. Bull. Medsubhyp, 1989, 8: 103-114.
- Stephant E, Gempp E, Blatteau JE. Role of MRI in the detection of marrow bubbles after musculoskeletal decompression sickness predictive of subsequent dysbaric osteonecrosis. Clin Radiol. 2008, 63(12): 1380-1383.
- Sultan AA, Mohamed N, Samuel LT, Chughtai M, Sodhi N, Krebs VE, Stearns KL, Molloy RM, Mont MA. Classification systems of hip osteonecrosis: an updated review. Int Orthop. 2018 (in press)
- Ugen M, Pougnet R, Ugen A, Loddé B, Dewitte JD. Dysbaric osteonecrosis among professional divers: a literature review. UHM 2014, 41(6): 579-587.

RESUME

Accidents ostéo-arthro-musculaires de désaturation : bilan de 30 années d'exploration par IRM. O Bayle, M Coulange. Bull. Medsubhyp 2018, 28 (2) : 29 – 36.

L'exploration par IRM des accidents ostéo-arthro-musculaires de désaturation a contribué à une meilleure connaissance des accidents osseux en particulier de leur histoire naturelle et est devenue indispensable après un « bends » pour préciser les éventuels risques évolutifs et guider l'évaluation des conditions de reprise des interventions en milieu hyperbare ou de la plongée de loisir.

Adresse de contact : obayle@hopital-saint-joseph.fr

ÉTUDE COMPARATIVE RÉTROSPECTIVE DES ACCIDENTS DE DÉSATURATION SUR DEUX CHANTIERS DE TUNNELIERS

B. AUBLIN¹, B. DELAFOSSE², J-P. BAUD³, J.L. MELIET⁴. ¹Médecin du travail, BTP Santé Travail, Lyon. ²Médecin hyperbare, hôpital Edouard Herriot, Lyon. ³Médecin du travail, Eurovia, Lyon. ⁴Médecin du travail, Conseil scientifique MEDSUBHYP. (France).

ABSTRACT

Comparative and retrospective study of decompression sickness on two tunneling boring sites. B Aublin, B Delafosse, JP Baud, JL Meliet. Bull Medsubhyp. 2018, 28 (2): 37 - 42

Hyperbaric methods are often used in tunnel boring techniques. Tunnel workers are exposed to risks of decompression sickness (DCS) when returning to atmospheric pressure. Most of these are bends. Their incidence remains significative despite the correct use of decompression tables. The last ones in France were computed in 1992 and take in account the work load, recognized as a favoring factor in the occurrence of DCS.

This retrospective study focuses on two boring sites in Lyon, France, having used tunnel boring machines with bentonite and human interventions under pressure. The main difference lies in decompression schedules used: air decompression on the first site versus oxygen decompression on the second. The incidence rate of decompression sickness shows a decrease with using O₂ tables: 33 DCS for 576 exposures (air tables, 5.72 %) versus 2 DCS for 295 exposures (O₂ tables: 0.67 %, p < 0.001), and the complete absence of polyarticular issues.

The technical improvements of the tunnel boring machines and working conditions acts certainly on the accidentology, but the generalization of use of O₂ tables must be favored to improve DCS prevention on tunnels workers.

INTRODUCTION

Les tubistes intervenants dans les tunneliers sont des salariés du BTP titulaires d'une mention D obtenue à l'issue d'une formation spécifique telle que définie par l'arrêté du 12 décembre 2016. Ainsi, sur les chantiers de tunnelier, ces salariés ont les aptitudes professionnelles pour réaliser les interventions au sein de la chambre d'abattage où ils sont exposés au risque hyperbare.

Dans ce contexte professionnel, en plus de l'accidentologie propre liée au secteur du BTP, ces salariés sont exposés aux risques spécifiques d'accidents liés aux conditions de travail en hyperbarie à sec et qui peuvent être regroupés en trois grandes entités : les accidents biochimiques, les accidents barotraumatiques et les accidents de décompression (ADD).

Grâce à l'analyse de deux chantiers comparables réalisés sur la ville de Lyon, nous nous sommes penchés sur l'analyse de l'accidentologie spécifique de cette population professionnelle. La différence principale entre les deux chantiers réside sur le mode de décompression entrepris, à l'air sur le premier, à l'oxygène sur le second. L'objectif est de vérifier que l'utilisation des décompressions à l'oxygène présente un intérêt en termes de diminution de l'incidence des ADD chez

les tubistes mais également d'améliorer les conditions de travail pour limiter la survenue de cette accidentologie propre à ce type d'activité.

RAPPEL DES CONDITIONS DE TRAVAIL

Comme il a été décrit dans un précédent article (Aublin 2017) les salariés intervenants sont mis à la pression équivalente au sein de la chambre d'abattage par l'intermédiaire d'un sas. Cette pression est définie par l'avancée du tunnelier dans le terrain et est appliquée pour éviter l'effondrement du terrain et les infiltrations d'eau en attendant la pose des voussoirs en béton qui constitueront les armatures du futur tunnel.

Les activités professionnelles au sein de cette chambre d'abattage sont :

- des visites d'inspection pour le contrôle et le suivi des molettes et couteaux de la roue de coupe qui attaquent le terrain. Ces visites consistent à mesurer l'usure des dents ou simplement un contrôle visuel ;
- le changement des outils de la roue de coupe ;

- des opérations de décolmatage avec utilisation de marteau piqueur ;
- d'autres activités nécessitant par exemple l'utilisation de nettoyeur haute pression.

L'ensemble de ces activités est réalisé dans des conditions de travail particulières avec une chaleur importante 22 à 28° C (Le Péchon 2006) et un taux d'humidité relative élevé à 80% (Campbell Golding 1960). De plus le sol est généralement glissant en raison de la présence de bentonite.

PATIENTS ET METHODE

Nous avons réalisé l'étude comparative et rétrospective de l'accidentologie spécifique de deux chantiers de tunneliers à pression de boue sur la ville de Lyon.

Le premier concerne le tunnel de Caluire (Lyon) en 1995 pour la mise en place d'un tunnel autoroutier, qui a fait l'objet d'un travail d'une thèse répertoriant 33 accidents de décompression. Le second concerne le chantier du prolongement du métro B en 2010 où seulement deux ADD ont été répertoriés.

La population étudiée est celle qui a subi un accident du travail spécifique en milieu hyperbare. Tous les salariés avaient été reconnus médicalement aptes à la réalisation des interventions hyperbares en mention D. La base de données des accidents est fournie par le centre de médecine hyperbare (CMH) de l'hôpital Édouard Herriot (Hospices Civils de Lyon).

Comme rapporté par ailleurs dans la littérature (Campbell Golding 1960, Rose 1962, McCallum 1968), tous les accidents décrits sur les deux chantiers sont des accidents de décompression. Ont été considéré comme ADD l'ensemble de symptômes évocateurs pouvant être en relation avec la nosologie de l'ADD dans le contexte professionnel et pour lequel un traitement par recompression thérapeutique s'est avéré efficace.

Les taux d'incidence des ADD ont été comparés par le Chi 2 de Pearson.

RESULTATS

La population accidentée est exclusivement

masculine mais ceci est lié au domaine d'activité spécifique du BTP.

ADD survenus sur le chantier de Caluire (Sulmon 2004) :

33 ADD ont été observés sur 25 intervenants, tous masculins dont l'âge moyen est de 34 ans :

18 tubistes avaient eu 1 accident,

6 tubistes ont présenté 2 accidents

1 tubiste a présenté 3 accidents.

La pression moyenne d'intervention ayant causé les accidents est de $1,96 \pm 0,31$ bar relatif.

Certains salariés ont subi plusieurs ADD (cf. figure 1 : répartition des ADD sur la population des tubistes). Ainsi le tubiste ayant subi le malaise a cumulé à lui seul 3 ADD et plusieurs facteurs de risques : âge, absence d'exercice physique, travaux lourds. Il a par la suite été déclaré inapte aux activités hyperbares.

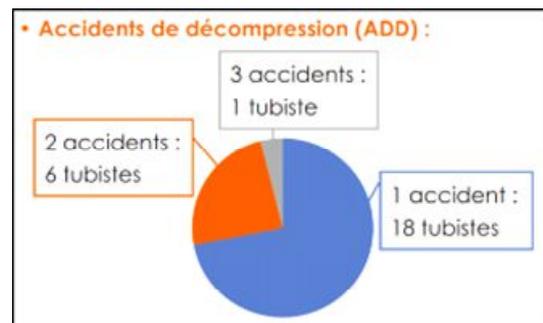


Fig. 1 : Répartition des ADD du chantier de Caluire

La grande majorité des ADD sont de type 1 avec 29 bords, 1 malaise et 3 accidents cutanés (cf. figure 3 3 : répartition des ADD du chantier de Caluire). Les articulations les plus fréquemment touchées sont les épaules (10/29) et les genoux (16/29) (cf. figure 2 : nombre et localisation des atteintes). La très grande majorité des accidents (19 / 29) présente une atteinte polyarticulaire.

ADD survenus sur le chantier du métro B :

Deux ADD ont été répertoriés sur deux salariés âgés respectivement de 41 et 46 ans. Il s'agit d'ADD de type 1 (bords de localisation monoarticulaire au genou). La pression moyenne d'intervention est de $2,8 \pm 1,77$ bar relatif

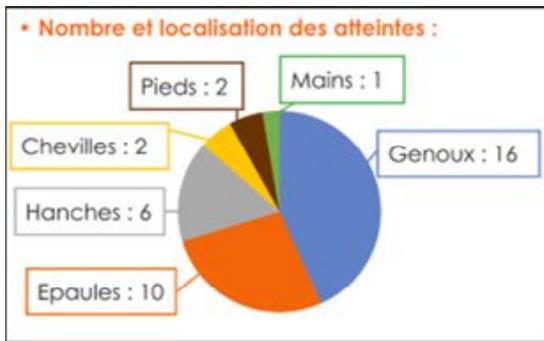


Fig. 2 : Localisation des bends (Caluire)

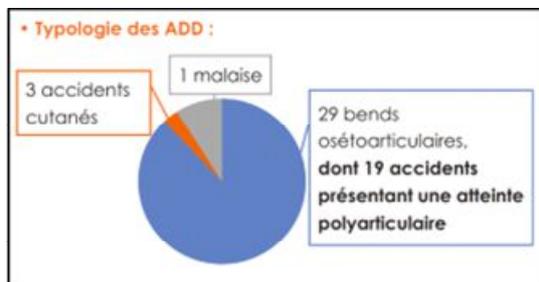


Fig. 3 : Types d'accidents (Caluire)

Le tableau I compare les éléments d'accidentologie sur les deux chantiers.

Afin d'essayer d'avoir des résultats comparables avec d'autres études, nous avons calculé le taux d'incidence comme Andersen (2002) :

$$\text{Taux d'accident de décompression} = \frac{\text{nombre d'ADD}}{\text{nombre d'interventions hyperbare-homme sur la totalité du chantier}}$$

Il faut garder à l'esprit que l'on est sur des petites cohortes et que l'enquête manque de puissance. Néanmoins, pour un nombre d'interventions hyperbares presque deux fois moins important, on est loin du même rapport de survenue des ADD. De plus, en comparant les deux chantiers, les atteintes ne sont plus que monoarticulaires sur le chantier avec décompression à l'oxygène.

Analyse critique des résultats

Pour une grande majorité (22/25 sur le chantier de Caluire et les 2 accidentés du chantier du métro B) de la population accidentée, il s'agissait de leur

première expérience en tant que tubiste.

Les facteurs favorisant la survenue des ADD sur le chantier de Caluire retenus par l'auteur (Sulmon, 2004) sont les suivants :

- la pression de travail : la majorité des ADD est survenue pour une pression d'intervention comprise entre 1,8 et 2,3 bar alors qu'aucun ADD n'est survenue pour des pressions inférieures à 1,5 bar (Lam 1989) ;
- la répétition des séjours hyperbares : la majorité des ADD (21/33) est survenue alors que les tubistes avaient eu une intervention dans les six jours précédant l'accident ;
- les conditions de travail :
 - pénibilité,
 - sollicitation articulaire importante,
 - non-respect des consignes en rapport avec l'effort physique, le repos et l'hydratation.

Il est généralement admis dans la littérature qu'une surcharge pondérale peut favoriser la survenue d'accidents bullaires. Dans notre cas, il n'existe pas de différence significative (test de Student) entre les facteurs individuels des 25 intervenants ayant subi un ADD et ceux des 42 salariés tubistes témoins indemnes d'ADD. Par ailleurs, aucun des intervenants des entreprises extérieures n'a été victime d'un ADD malgré les pressions et les durées d'interventions comparables.

Devant la fréquence élevée des ADD des mesures de prévention avaient été mise en place :

- l'allongement des durées de décompression n'a pas entraîné d'amélioration sur l'incidence des ADD ;
- la limitation du temps de travail a permis de diviser par 2 l'incidence des ADD pour les pressions supérieures à 1,8 bar ;
- un local à oxygène normobare en surface à partir d'avril 1996 permettait aux tubistes une oxygénothérapie de 45 minutes à la pression atmosphérique après la décompression ;
- la prise en charge thérapeutique des ADD au CMH de Lyon a permis un amendement total de la symptomatologie, tous chantiers confondus.

Enfin, des mesures d'amélioration technique ont permis de limiter l'intervention humaine.

	Chantier Caluire 1995	Chantier métro B 2010
Pression d'intervention	0,8 à 2,36 bar relatifs	0,9 à 3,4 bar relatifs
Nombre d'interventions hyperbare-hommes	576	295
Table de décompression utilisée (MT 92)	Table AIR/ mention D/ standard	Table AIR/ mention D/ OXY
Nombre d'accidents de travail hyperbares	33	2
Nombre de jours d'arrêt maladie consécutif aux AT	18 jours d'ITT 1 salarié inapte temporaire	0 jours d'ITT
Taux d'incidence des accidents de décompression	5,72 %	0,67 % (p < 0,001)

Tableau I : Eléments d'accidentologie comparée des deux chantiers. Le taux d'incidence est égal au nombre d'ADD / nombre d'interventions hyperbare-homme sur la totalité du chantier

DISCUSSION

Les bends sont la pathologie la plus fréquente retrouvée dans ce type de chantier. Ils surviennent au moment de la décompression par formation d'une bulle liée au déplacement du gaz dissout des tissus vers le sang. Comme souligné par Vann et coll (2011), d'autres facteurs de risques existent en dehors de la durée d'exposition et de la pression appliquée, notamment l'exercice et la température (Tikusis et Gerth 2003). Sur nos chantiers, les conditions d'interventions se font à une température de 22 à 28° C avec un taux d'humidité important. À cela s'ajoute le port d'équipement de protection qui augmente la chaleur corporelle, cet ensemble contribuant à une augmentation du travail cardiaque et de la perfusion des tissus périphériques.

De plus, lors des variations de pressions au sein du sas, les salariés subissent des variations de température avec une augmentation de la chaleur au moment de la mise en pression et une diminution de température à la décompression.

La chaleur favorise la perfusion tissulaire périphérique par vasodilatation, ce qui augmente la quantité d'azote dissout au sein des tissus. Le constat est le même pour les activités immergées (Toner et Ball 2004).

De plus, l'activité physique est intense (Chamoux et coll. 1985) et contribue également à l'augmentation de la chaleur et de la perfusion tissulaire. Au total, la sollicitation articulaire et

l'ambiance de travail à températures élevées sont autant de facteurs qui contribuent à la dissolution de gaz en grande quantité dans les tissus à longue période de désaturation.

En phase de décompression, le gaz dissout est déplacé des tissus vers le sang afin d'être éliminé par l'air alvéolaire. L'immobilité des sujets dans une chambre de décompression étroite s'ajoute à la chute importante de température secondaire à l'expansion des gaz, qui entraîne une vasoconstriction périphérique et donc est un frein à l'élimination du gaz dissout. Balldin et coll. (1972) ont démontré que 30 % d'azote de moins était éliminé dans un contexte de décompression à sec par rapport à un contexte de décompression en immersion.

Les bends apparaissent comme une pathologie favorisée par les conditions de travail puisque les variations de températures et les activités entraînent une saturation importante des tissus à longue période d'échange et que la décompression agit à l'inverse des principes de préventions dans ce contexte professionnel.

Les améliorations des conditions de travail ont eu un effet positif sur l'incidence de l'accidentologie, à savoir :

- la mécanisation optimale pour diminuer la sollicitation articulaire, les ascenseurs et le transport mécanisé pour diminuer l'effort physique,
- des sas spécifiques pour le matériel pour diminuer la manutention de charge et permettre de

libérer de l'espace au sein du sas de décompression,

- de multiples palans au sein de la chambre d'attaque pour l'aide à la manutention des engins vibrants dont le poids accentue la sollicitation articulaire.

Cet ensemble d'adaptations a permis de contribuer à la diminution de la saturation en gaz inerte des articulations, mais la mesure phare instituée sur le second chantier est l'utilisation des tables de décompression AIR/OXY mention D du ministère du travail.

L'intérêt de l'utilisation de l'oxygène pur est d'augmenter le gradient de tension entre l'azote dissout dans les tissus et le sang, facilitant ainsi le transfert entre ces deux compartiments (Bennett et Elliott 1982).

Comme nous l'avons vu, les conditions d'intervention favorisent la saturation de tissus à longue période de désaturation, ainsi l'utilisation des tables à l'oxygène est un moyen de prévention qui permet de diminuer l'incidence des accidents.

D'autres arguments plaident en faveur de son utilisation :

- diminution des temps de décompression et donc diminution du temps d'exposition pression/durée,
- diminution à la durée de refroidissement pendant la période de décompression,
- gain pour les entreprises : diminution de l'incidence des accidents, et *turn over* accru des équipes favorisant l'avancement des chantiers.

Kindwall (1997) insistait sur le fait que les décompressions à l'oxygène semblaient être la seule méthode valable de prévention pour ce type d'activité en se basant sur le retour d'expérience de leur utilisation en Allemagne, en France et au Brésil.

Notre retour d'expérience va dans ce sens : l'utilisation des tables AIR/OXY est un moyen de prévention au même titre que les aménagements des conditions de travail puisqu'en plus d'une incidence moindre nous n'avons eu que des atteintes monoarticulaires sur le second chantier.

D'autres pistes d'amélioration sur l'environnement de travail sont à l'ébauche. Kulkarni (2017) sur un tunnelier en Inde, a mis en place des adaptations telles que la réduction du temps de travail, la pose d'un bloc de glace au sein de la chambre avant la phase de travail pour diminuer la température d'intervention, ou refroidir l'air en se basant sur l'utilisation des indices Humidex (OHCOW 2014).

L'Humidex est à l'origine utilisé pour le grand public canadien afin de déterminer, en fonction des conditions de température et d'humidité, l'inconfort ressenti en fonction de ces valeurs. Il a été repris sur les conditions de travail afin d'être utilisé comme signal pour mettre en place des temps de pause et leur durée, ainsi que des conseils sur la fréquence et le type d'hydratation des salariés. Bien qu'établi pour des expositions à la pression atmosphérique, il pourrait être une référence intéressante en hyperbarie dans la mesure où, les échanges convectifs étant augmentés, il donne des limites qu'il ne faut certainement pas dépasser.

CONCLUSION

L'ADD le plus fréquent chez les tubistes intervenant en tunnelier est le bend dont la genèse est due à une conjonction de facteurs qui sont : le couple pression - durée d'exposition, la sollicitation articulaire, le maintien d'une posture de travail prolongée avec compression articulaire liée à l'absence de mobilisation pendant l'intervention ou au sein du sas en décompression. De plus, les phénomènes de variations de températures au cours de la compression et la décompression, favorisent ce type d'atteinte. L'utilisation généralisée des tables à l'oxygène, comme pour certains pays de l'UE, devrait être une mesure de prévention systématique au même titre que les adaptations mécaniques. Le retour d'expérience dans ce type d'intervention reste important, même pour de petites cohortes afin d'augmenter les certitudes et conseils face aux employeurs. Les réticences à l'utilisation de l'oxygène, qui sont les mêmes depuis 50 ans, à savoir le risque d'incendie, les complications liées à sa toxicité et son coût devraient ainsi être vaincues en présentant les avantages des tables AIR/OXY sur la diminution de l'accidentologie, le temps de décompression réduit, un *turn over* des équipes permettant un gain de temps sur les interventions et donc sur l'avancée du chantier.

REFERENCES

- Andersen HL. Decompression sickness during construction of the Great Belt Tunnel, Denmark. Undersea Hyperb Med, 2002, 29 (3): 172-188.

- Aublin B, Delafosse B, Baud JP. Activités professionnelles en hyperbarie sèche : exemple du chantier de tunnelier du métro de la ville de Lyon. *Bull Med Sub Hyp* 2017, 27 (1): 13-20.
- Ballidin UI, Lundgren CE. Effects of immersion with head above water on tissue nitrogen elimination in man. *Aerospace Med* 1972, 43 (10): 1101-1108.
- Bennett PB, Elliot DH. The physiology and medicine of diving 3rd ed., Baillière Tindall and Cassel, London. 1982, p372-375.
- Campbell Golding F, Griffiths P, Hempelman HV, Paton WD, Walder DN. Decompression sickness during construction of the Dartford tunnel. *Br J Ind Med* 1960, 17: 167-180.
- Chamoux A, Borel AM, Catilina P. Pour la standardisation d'une fréquence cardiaque de repos. *Arch Mal Prof* 1985, 46: 241-250.
- Kindwall EP. Compressed air tunneling and work decompression procedures: development, problems and solutions. *Undersea Hyper Med* 1997, 24(4): 337-345.
- Kulkarni A. Compressed Air working in Chennai During Metro Tunnel construction: Occupational Health Problems. *Indian J Occup Environ Med* 2017, 21 (3): 105-108.
- Lam TH, Yau KP. Analysis of some individual risk factors for decompression sickness in Hong Kong. *Undersa Biomed Res* 1989, 16(4): 283-292.
- Le Péchon JC. From 1878 to 2006, working in hyperbaric conditions during tunneling. *J Soc Biol* 2006, 200 (3): 265-272.
- McCallum RI. Decompression sickness: A review. *Brit J Industr Med* 1968, 25: 4-21.
- OCHOW. Occupational Health Clinics for Ontario Workers. Humidex Based Heat Response Plan. 2014. Disponible sur : https://www.ohcow.on.ca/edit/files/general_handouts/Humidex%20Based%20Heat%20Response%20Plan%20-%20June%2010%202014.pdf [28 sept 2018].
- Rose R.J Survey of work in compressed air during the construction of Auckland harbour bridge. Special report n°6. Medical statistics branch, Dept. of Health, Wellington, New Zealand, 1962.
- Sulmon C. Tunneliers et accidents de décompression à propose de 33 observations chez les tubistes du chantier du tunnel de Caluire (Rhône). *Th. Med. Lyon* 2004, 210: 82 p.
- Toner C, Ball R. The effect of temperature on decompression and decompression sickness risk: a critical review. Naval Medical Research Institute, Bethesda, Maryland. Technical report 2004-003. 29 p. Disponible sur : <http://archive.rubicon-foundation.org/xmlui/handle/123456789/4978> [28 sept 2018].
- Tikusis P, Gerth WA. Decompression theory. In: Brubakk AO, Neuman TS (eds). *Bennett and Elliott's Physiology and Medicine of Diving*. WB Saunders, London. 2003, pp 419-454.
- Vann DR, Butler FK, Mitchell SJ, Moon RE. Decompression illness. *Lancet* 2011, 377: 153-164.

RÉSUMÉ

Étude comparative rétrospective des accidents de désaturation sur deux chantiers de tunneliers. B Aublin, B Delafosse, JP Baud, JL Meliet. *Bull Medsubhyp*. 2018, 28 (2): 37 – 42.

Le retour d'expérience des activités professionnelles de creusement des sols avec utilisation de méthodes hyperbares fait état de la survenue d'accidents de décompression (ADD) chez les salariés tubistes lors du retour à la pression atmosphérique. La majorité de ces accidents sont des bends.

L'incidence des ADD reste non négligeable malgré le respect de l'utilisation des tables de décompression, établies en 1992, qui prennent en compte la charge de travail, facteur favorisant reconnu dans la genèse de ce type d'accident.

La présente étude porte sur l'analyse rétrospective de l'accidentologie spécifique chez les tubistes sur deux chantiers lyonnais ayant utilisés les techniques des tunneliers à pression de boue. La différence principale réside dans l'utilisation des tables de décompression à l'oxygène sur le second chantier au lieu de tables de décompression à l'air sur le premier. Les taux d'incidence des ADD montrent une nette diminution avec l'utilisation des tables à l'oxygène. Ainsi on n'observe que 2 ADD sur 295 expositions (0,67 %) avec décompression à l'oxygène contre 33 ADD sur 576 expositions (5,72 %, $p < 0,001$) avec décompression à l'air et l'absence complète d'atteintes polyarticulaires. Certes, les améliorations techniques des conditions de travail dans les tunneliers permettent l'amélioration de l'accidentologie, mais la généralisation de l'utilisation des tables AIR / OXY sur ce type de chantier est à privilégier afin d'optimiser la prévention des ADD chez les tubistes.

b.aublin@btpst.fr

bertrand.delafosse@wanadoo.fr

jean-pierre.baud@eurovia.com

jean-louis.meliet@orange.fr

ÉVALUATION DES PRATIQUES DES MEDECINS GENERALISTES POUR LE CERTIFICAT D'ABSENCE DE CONTRE-INDICATION À LA PLONGEE DE LOISIR

C. ATTIA¹, J-L. MELIET², P. PILLET³, J. MORIN⁴, S. DE MAISTRE⁵, A. HENCKES⁶, M. COULANGE⁷, N. DE GARAMBÉ⁸, J-É. BLATTEAU⁴.
¹Interne des Hôpitaux des Armées, HIA Bégin, 69 Avenue de Paris, 94160 Saint-Mandé.
²Coordinateur du conseil scientifique de la société de physiologie et de médecine subaquatique et hyperbare de langue française, service de Médecine Hyperbare, Subaquatique et Maritime CHU Ste Marguerite, 270 bd de Sainte Marguerite 13274 Marseille Cedex 09.
³Hépatogastro-entérologue, 101 Rue Saint Denis, 77400 Lagny Sur Marne et Hôpital Saint Louis AHPH 1 Avenue Claude Vellefaux, 75010 Paris.
⁴Praticien confirmé, médecin adjoint du service de médecine hyperbare et d'expertise plongée (SMHEP) de l'Hôpital d'Instruction des Armées Ste Anne BCRM Toulon 2 boulevard Sainte Anne, BP 600 – 83800 Toulon cedex 9.
⁵Praticien certifié, médecin chef de la 152^{ème} antenne médicale du 9^{ème} centre médical des armées BP 20 – 83800 Toulon cedex 9.
⁶Chef de l'unité de médecine hyperbare CHRU de Brest, Boulevard Tanguy Prigent, 29200 Brest.
⁷Chef du service de médecine hyperbare, Hôpital de Ste Marguerite, 270 Boulevard de Sainte-Marguerite, 13009 Marseille.
⁸Unité de Recherche Clinique, 1 Rue du Lieutenant Raoul Batany, 92190 Clamart.
⁴Chef du service de médecine hyperbare et d'expertise plongée (SMHEP) de l'Hôpital d'Instruction des Armées Ste Anne BCRM Toulon, 2 boulevard Sainte Anne, BP 600 – 83800 Toulon cedex 9. (France).

ABSTRACT

Evaluation of the practices of general practitioners for the certificate of absence of contraindications to recreational diving. C Attia, J-L Meliet, P Pillet, J Morin, S De Maistre, A Henckes, M Coulange, N De Garambé, J-É Blatteau. Bull. Medsubhyp. 2018, 28 (2): 43 – 53.

The purpose of this work is to study the way in which general practitioners run their consultations in order to deliver the medical certificate stating the absence of contraindications and to evaluate the influence of their level of qualification in the domain of diving medicine.

The creation of a questionnaire targeting the way of running their consultation, the knowledge of the contraindications and diving accidents.

Collection the questionnaire sent to national territories during the period of August 2017 to April 2018 to general practitioners holding or not a diving medicine qualification e.g. federal doctors, or additional university degree.

The statistical analysis contains a quantitative study based on relevant scores as well as a qualitative study. A p-value < 0,05 was considered to indicate statistical significance.

486 were questionnaires received and 454 were exploited. Among them, 197 doctors were “qualified” and 257 were “not qualified”. “qualified” doctors have more relevant answers than “not qualified” doctors for both the medical exam as well as the knowledge of medical contraindications.

This study suggests that general practitioners delivering a medical certificate in recreational diving should hold an additional university degree and holding continuous trainings in diving medicine. The use of auto-questionnaire during consultations validated by referential societies for the delivery of the medical certificate seems relevant.

KEY WORDS: diving accidents, medical fitness, diving contraindications, medical certificate, educational training, auto-questionnaire.

INTRODUCTION

La prévention des accidents de plongée impose de dépister les vulnérabilités médicales individuelles qui exposeront à un risque inacceptable et, de

conseiller une personne sur les conditions de pratique de la plongée sous-marine (Coulange et coll 2012). C'est pourquoi l'obtention d'une licence est subordonnée à la présentation d'un certificat médical d'absence de contre-indication (CACI)

spécifique conformément aux dispositions du Code du Sport (article L 231)¹, qui peut être actuellement délivré par tout médecin.

Objectif

L'objet de ce travail a été d'évaluer à partir d'un questionnaire anonyme la pratique des médecins généralistes (MG) pour la visite médicale de non contre-indication à la plongée de loisir en scaphandre autonome. Il a été recherché en particulier la manière dont les médecins généralistes conduisent leur consultation en vue de délivrer le CACI et l'influence de leur niveau de qualification en médecine de la plongée. En effet, il existe une grande hétérogénéité dans l'offre de formation académique ou non académique en médecine de la plongée. L'absence d'obligation de formation pourrait être à l'origine d'une disparité des compétences et induire une prise en charge inadéquate des plongeurs par le MG. Cette étude a donc pour objectif de mettre en évidence l'importance de la formation initiale ou complémentaire en médecine de la plongée.

MÉTHODE

Population d'étude

La population cible correspond aux MG de différentes régions, comprenant des médecins qualifiés en médecine de la plongée (médecins fédéraux, médecins du sport, titulaires d'un DU en médecine de plongée) et des médecins ne disposant pas de qualification particulière.

Les réponses de médecins spécialistes hospitaliers, médecins généralistes militaires ou les médecins ne prenant pas en charge les plongeurs de loisirs n'ont pas été retenus dans l'étude.

Déroulement de l'enquête

Le recueil des informations s'est fait à partir d'un questionnaire anonyme, adressé aux MG par courriel par l'intermédiaire de la FFESSM (Île de France et PACA), des conseils départementaux de l'Ordre (Var, Morbihan), ainsi qu'avec la faculté de médecine de Saint Etienne. Il a été médiatisé par la revue de médecine générale « Preuve et Pratique » Les réponses ont été obtenues sur la période d'août 2017 à avril 2018.

Élaboration du questionnaire

Un questionnaire de 40 items a été rédigé sur la base des recommandations de bonnes pratiques

pour le suivi médical des plongeurs professionnels rédigées par MEDSUBHYP². Il a été révisé et validé par un groupe d'expert du conseil scientifique de cette société savante. Les réponses ont été enregistrées sur le site Googleform³ puis exportées et exploitées avec le logiciel Microsoft Office Excel. Lors de la transmission des questionnaires par email, les MG ont été informés des précautions prises pour garantir l'anonymat et la confidentialité des données.

Le questionnaire est divisé en 3 parties :

- données démographiques (âge, sexe, lieu de résidence et de travail, type de formation et périodicité) ;

- la consultation médicale (durée, nombre de plongeurs par an, utilisation d'un auto-questionnaire, examens clinique et paraclinique) ;

- les contre-indications médicales à la pratique de la plongée (conduite à tenir à la suite d'un accident, connaissance des contre-indications).

Afin de réaliser une analyse quantitative, nous avons regroupé les réponses relatives à la consultation et aux contre-indications médicales sous la forme de deux scores :

- le score « conduite de la consultation » permet de cibler la manière de réaliser l'examen médical, de prescrire des examens paracliniques et d'orienter vers un spécialiste si besoin ;

- le score « connaissance des contre-indications » évalue le niveau de connaissances vis à vis des contre-indications médicales et la prise en charge des accidents de plongée.

Pour l'établissement de ces scores, nous avons affecté la valeur 1 à chaque réponse attendue et la valeur 0 aux autres réponses en se basant sur l'avis du groupe d'expert de MEDSUBHYP. La somme des points était calculée pour chaque médecin afin d'aboutir à un score « consultation » sur 56 et un score « connaissance des contre-indications » sur 15.

Analyse statistique

L'analyse statistique a fait appel aux logiciels R version 3.4.2 et GraphPad.6. Les variables qualitatives sont exprimées à l'aide de leurs fréquences ou de leurs pourcentages. Les variables quantitatives sont exprimées à l'aide de leurs moyennes et de leurs écarts-types : *déviat*ion *standard* (*sd*) ou *erreur standard sur la moyenne* (*sem*). Pour analyser les différences entre les variables quantitatives nous avons utilisé des tests non paramétriques tels que le test de Mann-Whitney pour les comparaisons non appariées et le

test de Wilcoxon pour les comparaisons appariées. Pour analyser les différences entre les variables qualitatives, nous avons utilisé le test de Chi2 ou le test de Fisher lorsque le nombre de réponses était inférieur à 5. Le seuil de significativité retenu était inférieur à 5. Le seuil de significativité retenu était pour une valeur de $p < 0,05$. Pour éviter des tests statistiques faussement positifs du fait de la multiplicité des tests, les résultats ont été contrôlés en utilisant le FDR (False Discovery Rate - Benjamin & Hochberg) en considérant comme significatif des valeurs de $p < 0,05$ et $q < 0,014$.

RESULTATS

454 réponses ont été retenues sur 486 reçues.

Les exclues étaient :

- 7 questionnaires de médecins spécialistes,
- 16 questionnaires incomplets de médecins ne réalisant pas de certificat,
- 9 questionnaires de médecins militaires.

Données générales

Les âges des médecins interrogés vont de 27 à 73 ans avec une moyenne de 50 +/- 12 ans. La classe d'âge des 55-65 ans est très représentée. 186 femmes (41 %) ont répondu au questionnaire pour 268 hommes (59 %). La provenance des MG ayant répondu à l'enquête correspond aux régions les plus sollicitées (Finistère, PACA, Île de France, Rhône-Alpes). Pour la majorité d'entre eux, le lieu d'activité est le cabinet médical (88 %).

197 médecins sur 454 avaient suivi une formation complémentaire initiale (médecin fédéral, capacité de médecine du sport ou DIU de médecine de la plongée).

361 médecins (79,5 %) ont déclaré suivre une formation continue au moins une fois par an, tandis que 7,7 % se forment au moins tous les 2 ans. La nature des formations est variée : 46% se forment par eux-mêmes, par l'intermédiaire d'internet (21 %) ou de revues médicales (25 %). 27 % participent à des réunions scientifiques ou des congrès (sociétés savantes, FFESSM...) et 26 % à des actions de DPC. La figure suivante précise la nature et la répartition des formations réalisées (Figure 1).

Conduite de la consultation

Nombre de plongeurs

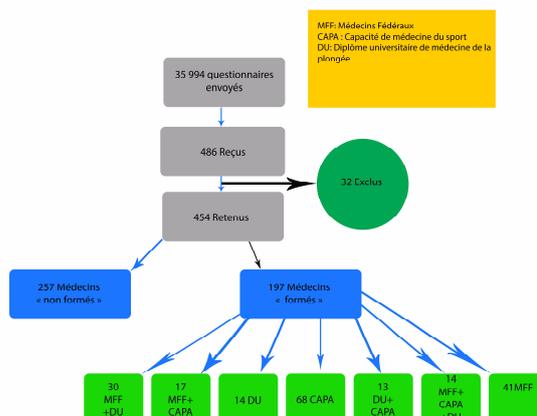


Figure 1 : Flow chart

La majorité des médecins (69 %) reçoivent moins de 15 patients par an pour un CACI relatif à la pratique de la plongée ; 12,3 % en voient entre 15 et 30 et 17,8 % en voient plus de 30.

Durée de la consultation

74,2 % des médecins ont une durée de consultation allant de 15 à 30 minutes, seuls 14 % établissent le CACI avec une consultation inférieure à 15 minutes.

Utilisation d'un auto-questionnaire

75 % des médecins utilisent rarement ou jamais d'auto-questionnaire, tandis que 25 % déclarent l'utiliser souvent ou toujours. Le plus utilisé est celui de la FFESSM (59 %).

L'examen clinique et la recherche d'antécédents

98 % des médecins portent une attention particulière à l'examen clinique des plongeurs en particulier pour l'évaluation de la sphère ORL et de l'appareil cardio-pulmonaire. 99 % des médecins recherchent des antécédents en rapport avec un accident de plongée, une affection cardiopulmonaire, neuropsychiatrique, ORL et ophtalmologique. Seulement 39 % des médecins recherchent des antécédents endocriniens de manière systématique. Ci-dessous une figure détaillant l'examen clinique ainsi que les antécédents recherchés en vue de la délivrance du CACI (Figure 2).

Avis spécialisés

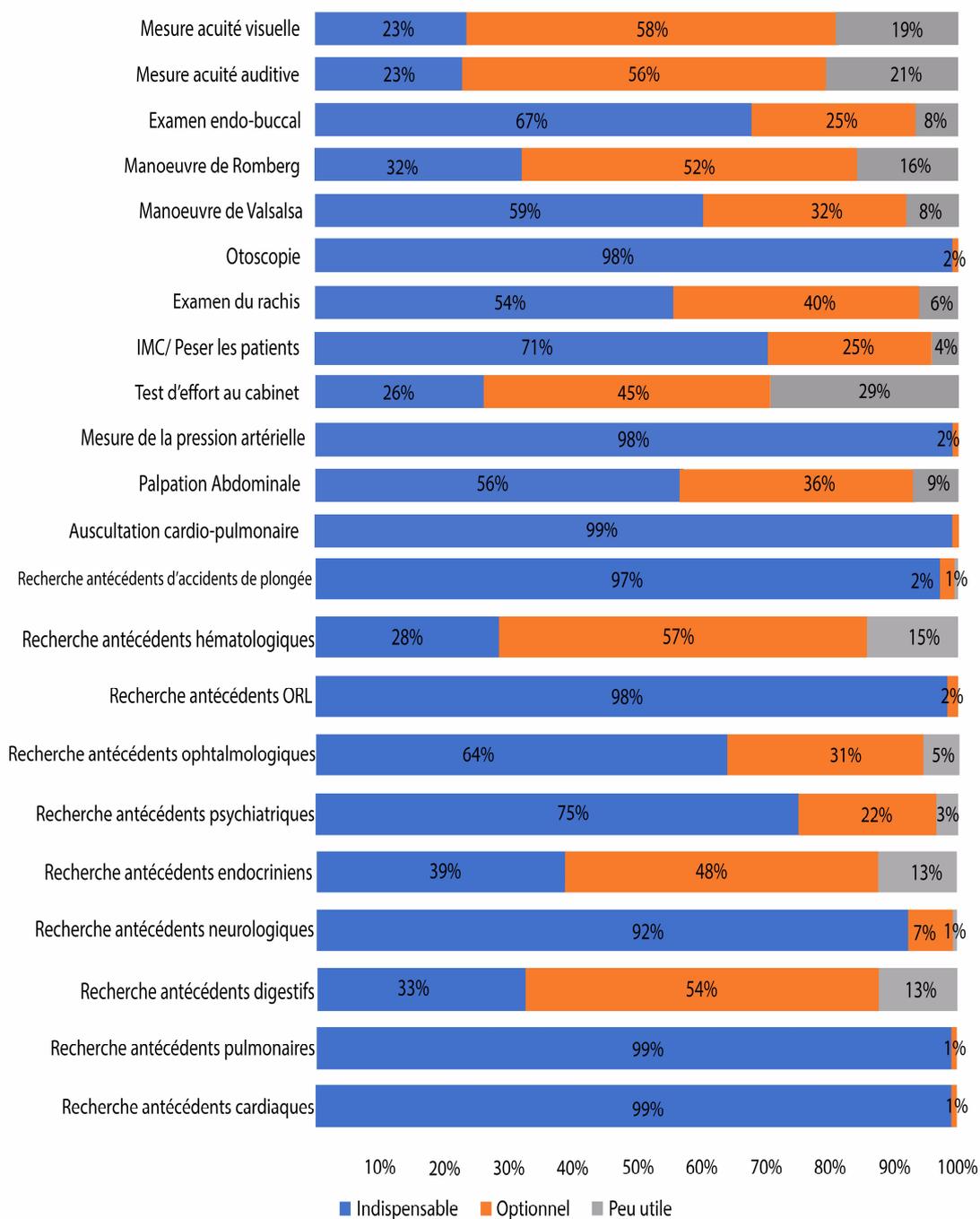


Figure 2 : Détail de l'examen clinique et recherche des antécédents

75 % des MG font rarement appel à un spécialiste. Les médecins les plus sollicités sont les cardiologues (36 %), les ORL (31 %) et les pneumologues (20 %). Les MG demandent le plus souvent un avis spécialisé pour des patients présentant des antécédents cardiaques et pulmonaires, tandis que peu de médecins (33 %) les sollicitent pour les patients diabétiques. Ci-dessous une figure détaillant les avis demandés en fonction des antécédents. (Figure 3).

Refus de signer le CACI

87 % des médecins ont déjà refusé de signer un CACI. Le refus de signature correspond à la présence d'une contre-indication (67% des médecins), parce qu'il manquait un avis spécialisé (60%), 38% parce qu'il y avait un terrain à risque et enfin, 17% parce qu'il manquait un examen complémentaire.

Connaissance des contre-indications⁴

Pour les contre-indications cardiaques, l'avis

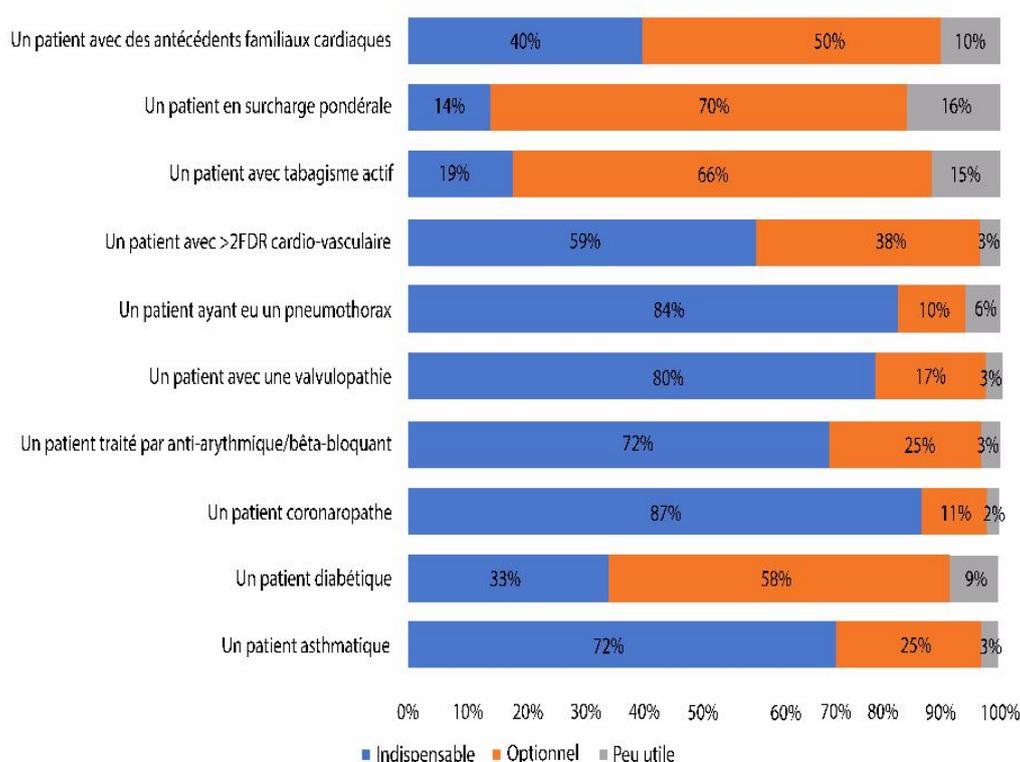


Figure 3 : Avis demandés auprès des spécialistes en fonction des antécédents médicaux.

Examens paracliniques

47 % des médecins demandent des examens paracliniques. L'examen le plus souvent pratiqué est l'ECG (80 % des cas). 37 % réalisent des EFR, 36 % prescrivent des bilans biologiques sanguins et 22 % des audiométries, 19 % des épreuves d'effort et 18 % des tympanométries. La plupart des examens sont réalisés de manière optionnelle en fonction des problèmes rencontrés lors de la consultation.

spécialisé n'est pas demandé en cas d'HTA non contrôlée (37 % des réponses), de patients sous anti-arythmiques (29 %) ou de patients coronariens (27 %). Pour les pathologies pulmonaires, l'avis spécialisé n'est pas demandé dans les cas de patients asthmatiques par 37 % des MG. En revanche, on note une attitude de contre-indication excessive pour les patients ayant eu un pneumothorax traumatique sans séquelle (29 %). Pour les pathologies psychiatriques, l'avis spécialisé n'est pas demandé malgré des

symptômes ou des traitements psychotropes dans 27 % des réponses.

Les résultats de questions relatives à la prise en charge des accidents de plongée (accidents de décompression et barotraumatismes) montrent des pourcentages de réponses inadaptées de l'ordre de 80 %. Dans ce cadre, on note la prise en compte insuffisante des pathologies rachidiennes : par exemple les patients ayant un canal rachidien rétréci, facteur de risque des accidents de désaturation sont autorisés à plonger sans avis spécialisé dans 73 % des réponses.

Influence de la formation en médecine de la plongée

Deux groupes ont été comparés : les MG « formés » en médecine de la plongée (MGF, n = 197) et les MG « non formés » (MGNF, n = 257). Les scores de conduite de la consultation et de connaissances des contre-indications montrent une différence significative en faveur des MGF (figure 4) : on constate une meilleure pertinence aux réponses dans les deux scores pour les MG formés ($p < 0,0001$). Les valeurs moyennes du score « consultation » sont de $37 \pm 7,4$ pour les MG formés contre $32 \pm 7,9$ pour les MG non formés, et

les valeurs moyennes du score « connaissance des contre-indications » sont de $7,2 \pm 2,1$ pour les MG formés contre $5,7 \pm 1,8$ pour le MG non formés.

Comparaison des différentes formations parmi les MG formés

Cette étude ne permet pas de mettre en évidence de différences statistiques entre les formations universitaires : médecins titulaires d'un diplôme universitaire de médecine de la plongée ou de la capacité de médecine du sport. Les médecins fédéraux avec formation universitaire obtiennent un score « connaissance des contre-indications » ($7,6 \pm 2$) statistiquement supérieur aux médecins non fédéraux avec formation académique ($6,7 \pm 2,1$; $p = 0,0016$).

Analyse détaillée des réponses aux questionnaires des MG formés vs MG non formés

Temps de consultation

Les deux groupes ont tendance à passer pour la majorité 15 à 30 minutes en consultation : 67% des MGF et 80% des MGNF. Cependant 24% des MGF (vs 2% des MGNF) y passent même plus de 30 minutes, tandis que 18% des MGNF y passent

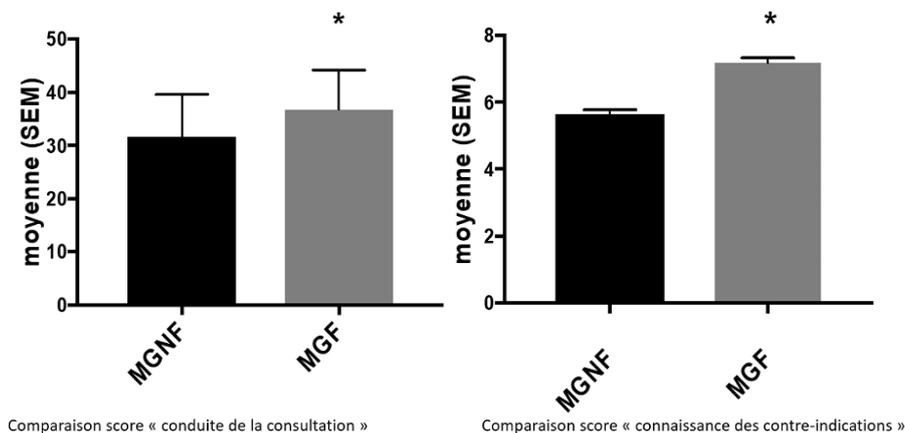


Figure 4 : Comparaison des scores «consultation » et « contre-indications » des médecins généralistes non formés (MGNF) et des médecins généralistes formés (MGF), * = $p < 0,005$

moins de 15 minutes (vs 8% des MGF).

Nombre de plongeurs par an

Les MGNF voient pour la majorité (94%) moins de 15 plongeurs par an contre 36% des MGF. Pour ces derniers, on peut noter que 23% en voient entre 15 et 30 (vs 5% des MGNF), que 21% en voient entre 30 et 50 et que 20% d'entre eux voient plus de 50 plongeurs par an.

Utilisation d'un auto-questionnaire

42% des MGF utilisent souvent, voire toujours, un auto-questionnaire contre seulement 12% des MGNF. L'analyse en sous-groupe met en évidence une différence significative ($p = 0,015$) dans l'utilisation d'un auto-questionnaire en fonction de la formation : les médecins fédéraux disposant d'une formation universitaire ont recours à l'auto-questionnaire plus fréquemment que les médecins disposant d'une formation académique, mais non fédéraux.

Examen clinique

Manœuvre de Valsalva

Les médecins formés réalisent plus souvent cette recherche : 78% des MGF vs 46% pour les MGNF.

L'examen endo-buccal

Il est pratiqué par 81% des MGF contre 56% des MGNF.

Antécédents médicaux

Les antécédents endocriniens⁵

Les MGF recherchent les antécédents endocriniens dans 48% des cas, contre 31% des MGNF. La différence entre les deux groupes est significative.

Les antécédents psychiatriques

La plupart des MGF (87%) recherchent les antécédents psychiatriques, contre 67% des MGNF.

Accidents liés à la plongée.

Les antécédents d'accidents de plongée sont recherchés dans tous les cas, les MGF recherchent de manière plus systématique que les MGNF (100% vs 94%, respectivement)

Examens complémentaires

Nous constatons que les MGF ont tendance à prescrire plus d'examens complémentaires que les MGNF (64% vs 35%, respectivement).

Pour l'appareil cardio-vasculaire

La prescription systématique de l'ECG constitue une bonne réponse, tandis que la prescription de MAPA, d'échographie cardiaque et d'épreuve d'effort était optionnelle (Carré et coll 2009). Pour l'ECG, les réponses étaient les suivantes : 64% MGF vs 33% pour les MGNF. Pour les autres examens, les réponses des MGF vs MGNF étaient de : 50% vs 27% pour l'épreuve d'effort, de 49% vs 23% pour la MAPA et de 55% vs 26% pour l'échocardiographie cardiaque .

Pour l'appareil respiratoire

La prescription optionnelle d'EFR et de scanner thoracique constitue une bonne réponse et la prescription d'une radiographie pulmonaire est jugée peu utile. Pour l'EFR, les réponses attendues étaient 41% MGF contre 24% pour les MGNF. Pour les autres examens, les réponses attendues des MGF vs MGNF étaient respectivement de 36% vs 9% pour le scanner thoracique, 24% vs 9% pour la radiographie pulmonaire.

Pour la sphère ORL

La prescription optionnelle d'audiométrie, de tympanométrie et de scanner des sinus constitue une bonne réponse et la prescription d'un vidéonystagmogramme (VNG) et de la radiographie des sinus est jugée peu utile. Pour les examens optionnels, les réponses attendues des MGF vs MGNF étaient respectivement de 39% vs 23% pour l'audiométrie, 46% vs 22% pour le tympanométrie, de 45% vs 24% pour le scanner des sinus. Pour les examens jugés peu utiles, les réponses attendues des MGF vs MGNF étaient de 24% vs 12% pour le VNG, 30% vs 13% pour la radiographie des sinus.

Refus de signer le CACI

96% des MGF ont déjà refusé de signer un CACI contre 81% des MGNF. Les MGF refusaient plus fréquemment de signer le CACI lorsqu'il existait une contre-indication (84% MGF vs 54% MGNF) ainsi que lorsqu'il manquait un examen complémentaire (22% MGF vs 9% MGNF).

Connaissance des contre-indications et de la prise en charge des accidents de plongée.

Nous avons trouvé une différence significative entre les MGF et les MGNF pour toutes les questions concernant les contre-indications et la prise en charge des accidents de plongée. Le tableau suivant montre le pourcentage respectif des réponses non attendues dans le cas de pathologies

Délivrance du CACI sans avis spécialisé demandé	% de MGF	% de MGNF
Patients avec HTA mal contrôlée	28%	43%
Patients susceptibles de faire des attaques de panique	3%	22%
Patients sous anxiolytiques ou antidépresseurs	18%	34%
Patients asthmatiques traités a priori « stables »	25%	47%
Patients coronariens « stables »	21%	30%
Patients avec un canal rachidien rétréci	62%	81%
Prise en charge d'un accident de plongée	% de MGF	% de MGNF
Bonne PEC d'une otite barotraumatique	38%	21%
Bonne PEC d'une perforation tympanique	30%	4%
Bonne PEC d'un accident de décompression (ADD) médullaire	73%	49%
Examen complémentaire d'un ADD neurologique	27%	5%
Examen complémentaire œdème pulmonaire d'immersion	18%	5%

Tableau I : Réponses des médecins généralistes non formés (MGNF) et des médecins généralistes formés (MGF) concernant l'absence de demande d'un avis spécialisé pour la délivrance du CACI et la prise en charge des accidents de plongée.

nécessitant le recours à un avis spécialisé (Boussuges, Chaumet 2014, Brouant et coll 2007, Querido 2017). En revanche 37% des MGNF considèrent de manière excessive que le pneumothorax traumatique sans séquelles est une contre-indication définitive à la plongée contre 19% des MGF⁶. Concernant l'attitude face à un accident de plongée, le tableau suivant précise les pourcentages respectifs des réponses attendues dans le cas de la prise en charge (PEC) des accidents de plongée

DISCUSSION

Analyse de la méthodologie

Les résultats de l'enquête confirment une participation active des médecins généralistes dans la délivrance du CACI. Le but de cette étude était d'évaluer la qualité de la consultation faite par les médecins généralistes en vue de la délivrance du certificat d'absence de contre-indication à la pratique de la plongée. Nous nous sommes basés sur les recommandations de MEDSUBHYP pour la prise en charge en santé au travail des travailleurs intervenant en conditions hyperbares, de la FFESSM et sur le code du sport. Nous avons utilisé un questionnaire à questions

fermées, ce qui permet de répondre plus rapidement et d'augmenter le nombre de réponses. De plus cela permet de limiter l'interprétation des réponses lors du recueil des données. Malgré tout, le questionnaire reste long et les médecins ont pu être gênés par les propositions imposées, ne permettant pas de nuancer leurs réponses. Par ailleurs la réalisation d'un questionnaire même anonyme incite peut-être à valoriser sa pratique médicale par rapport à la réalité. Malgré un taux de réponses assez faible (1,6 %), cette enquête témoigne d'un intérêt certain de la part des médecins généralistes dans les régions interrogées, indépendamment de leur formation en médecine de la plongée.

Analyse des résultats

Cette enquête montre que les médecins « formés » ont des réponses plus pertinentes que les médecins « non formés » à la fois pour la conduite de l'examen médical ainsi que pour la connaissance des contre-indications médicales. Ces résultats sont établis à partir d'une analyse quantitative de deux scores et confirmés par une analyse qualitative détaillée.

La démarche médicale des médecins « non formés » correspond davantage au modèle d'examen médical standard de pratique du sport qu'à celui spécifique de la plongée sous-marine.

Cela s'illustre par l'exploration ciblée de l'appareil cardio-pulmonaire, avec le risque d'entraîner au final une consultation incomplète potentiellement préjudiciable (Barès et coll. 2006, Coulange 2015). Ainsi des explorations essentielles notamment ORL (manœuvre de Valsalva effectuée seulement dans 46 % des cas, examen endo-buccal dans 56 % des cas) ou neurologique (réalisé dans seulement 24 % des cas) sont peu ciblées. Les antécédents susceptibles d'être impliqués dans la plongée sont peu recherchés : diabète (31 %), pathologies ophtalmologiques (59 %), troubles psychiatriques (67 %). Les réponses des médecins généralistes « formés » au sujet des contre-indications cardiaques, pulmonaires, neurologiques et ophtalmologiques sont significativement plus pertinentes que celles des médecins généralistes « non formés ». La prescription adéquate d'examens paracliniques complémentaires est moins fréquente pour le groupe des médecins « non formés ».

Concernant la conduite à tenir face à un accident de plongée, on observe un taux de réponses pertinentes significativement supérieur pour les médecins « formés » bien que relativement faible. En effet, ce type de prise en charge n'est pas forcément du ressort du médecin généraliste. Nos résultats sont comparables à d'autres travaux (Griffo 2012, Molinié 2017, Chiarenza 2016). Les meilleurs scores sur la connaissance des contre-indications médicales sont le fait des 31 % des médecins fédéraux, titulaires d'une formation universitaire. Ce résultat peut s'expliquer par le fait que les médecins fédéraux suivent régulièrement des formations complémentaires organisées par les commissions médicales régionales de la FFESSM, qui a mis en ligne un « Manuel du médecin fédéral » dont la dernière version date de novembre 2013 (FFESSM⁷) et qui détaille les pathologies à rechercher lors de la visite médicale. Cette étude montre également que les médecins fédéraux utilisent plus volontiers un auto-questionnaire comme outil permettant d'optimiser la consultation médicale. L'auto-questionnaire permet en effet de cibler les principaux antécédents et facteurs de risque, de gagner du temps sur l'interrogatoire et d'orienter plus facilement la prescription d'examens complémentaires. La FFESSM met en ligne un questionnaire spécifique (CMPN⁸), qui est le plus utilisé dans notre étude (59 % des cas), comme dans d'autres (Griffo 2012). *A contrario*, les médecins « non formés » s'aident de sources

extérieures non formalisées (internet, revues diverses et variées) qui ne relèvent pas forcément d'un processus validé.

CONCLUSION

La pratique de la plongée sous-marine implique que le sujet satisfasse non seulement aux critères d'aptitude physique et mentale communs à la plupart des sports mais aussi aux contraintes liées à l'immersion et aux variations de pression. L'objectif de ce travail a été d'analyser à partir d'une enquête descriptive, la pratique médicale lors des consultations en vue de délivrer le CACI et l'influence de la qualification ou de l'absence de qualification des médecins en médecine de la plongée. Le résultat majeur est de souligner le rôle essentiel de la formation en médecine de la plongée pour la délivrance du CACI. Nous avons montré que les médecins « formés » conduisent leur examen clinique d'une manière plus complète et recherchent plus spécifiquement les pathologies pouvant contre-indiquer ou mettre en danger les patients désireux d'exercer la plongée. Ils participent régulièrement à un entretien des connaissances sont ceux qui ont les réponses les plus pertinentes. Cette enquête met également en évidence des lacunes dans la prévention et la prise en charge des accidents de plongée, y compris pour les médecins « formés ». Sur la base de cette étude, nous suggérons que les médecins généralistes délivrant un CACI à la plongée de loisir disposent d'une formation universitaire initiale et d'une formation continue en médecine de la plongée. La formation universitaire, reconnue par des équivalences européennes (ECHM-EDTC 2011⁹), constitue le socle de base de la connaissance dans ce domaine. Concernant la formation continue, l'entretien des connaissances devrait s'appuyer sur les formations organisées par les sociétés savantes et la FFESSM, idéalement dans le cadre du DPC, en particulier pour renforcer les connaissances sur la prise en charge et le suivi des accidents de plongée. Il serait intéressant de pouvoir identifier, par exemple sous la forme d'un annuaire, les praticiens formés ayant actualisé leurs connaissances. Pour les praticiens non encore titulaires d'une formation universitaire, il pourrait être envisageable de les sensibiliser à des notions de médecine de la plongée permettant de faciliter la délivrance d'un CACI lors d'actions spécifiques de formation continue.

REFERENCES

Barès C. Principes généraux de l'aptitude à la plongée. In : Broussolle B, Méliet JL, Coulange M (eds). Physiologie et Médecine de la Plongée. Ellipses Éditions Marketing, Paris, 2006, p.551-567.

Boussuges A, Chaumet G. Hypertension and risk of immersion pulmonary edema. Int J Cardiol. 2014, 174(3): 873

Brouant B, Finet G, Krafft R, Lafay V, Roche F, Grandjean B. Conditions particulières de pratique de la plongée sous-marine de loisir pour les patients atteints de coronaropathie. Recommandations pour la FFESSM. 2007 : 9.

Carré F, Brion R, Douard H, Marcadet D, Leenhardt A, Marçon F, Lusson JR. Recommandations concernant le contenu du bilan cardiovasculaire de la visite de non contre-indication à la pratique du sport en compétition entre 12 et 35 ans. Société Française de Cardiologie. 2009.

Chiarenza A. Certificat médical de non contre-indication à la plongée loisir : Vers quel praticien s'orientent les plongeurs franciliens en 2016 ? [Mémoire pour le DESIU de médecine hyperbare et de médecine de plongée] Faculté de médecine de Marseille. 2016

Coulange M, Barthélémy A. Certificat médical, contre-indications temporaires et définitives à la plongée Science et Sports. 2012, 27 : 131—137

Griffo D. Visite de non contre-indication à la plongée en scaphandre autonome de loisir : état des lieux auprès des médecins du sport et des médecins fédéraux de l'inter-région Bretagne/Pays de Loire. [Thèse Doctorat en Médecine]. Faculté de médecine de Brest. 2012.

Molinié P. Etudes des pratiques des médecins

généralistes pour la délivrance du Certificat d'Absence de Contre-Indication à la pratique de la plongée loisir en scaphandre autonome des niveaux 2 et 3 [Thèse Doctorat en Médecine]. Faculté de médecine de Marseille. 2018

Querido AL Diving and antidepressants. - Diving Hyperb Med.-2017, 47 (4): 253-256

LIENS INTERNET

1. https://www.legifrance.gouv.fr/affichCode.do?sessionId=95F52A52A8EDCF1509900294A4393C79.tplgfr34s_2?idSectionTA=LEGISCTA000006167042&cidTexte=LEGITEXT00006071318&dateTexte=20180124
2. https://www.medsubhyp.com/images/consensus_bonnes_pratiques_reglementation/20160708_RBP_v4_validee_le_7-7-16.pdf
3. https://docs.google.com/forms/d/1hOkv6wcIlqhYlKJC3C0RjXz60_NdYMqnWv_HmuDR3Lg/prefill
4. https://ffessm.fr/faq_detail.asp?faq_numero=19&q=Contreindications%20m%E9dicales%20pou
5. http://medical.ffessm.fr/?page_id=510
6. http://medical.ffessm.fr/?page_id=460
7. FFESSM. Commission Technique Nationale. Brevets fédéraux - Manuel de Formation Technique. 07.08.2018 :4. [En ligne] https://ffessm.fr/gestionenligne/manuel/02_Generalites.pdf
8. CMPN-FFESSM. Questionnaire médical préalable à la visite médicale d'absence de contre-indication à la pratique d'activités subaquatiques. 6.03.2018: [En ligne]. <http://medical.ffessm.fr/wpcontent/uploads/CMPN-Questionnaire-daide-à-la-VM.pdf>
9. Educational and training standards for physicians in diving and hyperbaric medicine ECHM EDTC, 15.08.2018 [En ligne] [http://www.edtc.org/ECHM-EDTC%20Educational%20and%20Training%20Standards%20\(2011\)%5B1%5D.pdf](http://www.edtc.org/ECHM-EDTC%20Educational%20and%20Training%20Standards%20(2011)%5B1%5D.pdf)

RÉSUMÉ

Évaluation des pratiques des médecins généralistes pour le certificat d'absence de contre-indication à la plongée de loisir. C Attia, J-L Meliet, P Pilet, J Morin, S De Maistre, A Henckes, M Coulange, N De Garambé, J-É Blatteau. *Bull. Medsubhyp.* 2018, 28 (2): 43 – 53.

Le but de ce travail est d'étudier la pratique des médecins généralistes dans la conduite de leur consultation en vue de délivrer le certificat médical d'absence de contre-indication et de rechercher l'influence de leur qualification en médecine de la plongée.

Certificat d'absence de contre indication à la plongée de loisir

Un questionnaire a été élaboré ciblant la conduite de la consultation, la connaissance des contre-indications et la prise en charge des accidents de plongée. Il a été adressé aux médecins généralistes de métropole disposant ou non d'une qualification en médecine de la plongée (médecin fédéral, diplôme et capacité universitaires) d'août 2017 à avril 2018. L'analyse statistique comprend une étude quantitative basée sur des scores de pertinence et une étude qualitative. Le critère de significativité retenu est $p < 0,05$.

486 questionnaires ont été reçus et 454 ont été exploités. Parmi eux, 197 médecins sont « formés » et 257 « non formés ». Les médecins « formés » ont des réponses plus pertinentes que les médecins « non formés » à la fois pour la conduite de l'examen médical et pour la connaissance des contre-indications médicales.

Cette étude suggère que les médecins généralistes délivrant un certificat d'absence de contre-indication à la plongée de loisir devraient disposer d'une formation universitaire initiale et d'une formation continue en médecine de la plongée. L'utilisation d'un auto-questionnaire d'aide à la consultation validé par les sociétés savantes semble pertinente.

MOTS CLEFS : accident de plongée, aptitude médicale, contre-indication plongée, certificat médical, formation continue

Auteur correspondant :

ATTIA Claire, 06 74 41 29 43

attia_claire@hotmail.fr

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 envoyer séparées du texte.

SOMMAIRE

- Accidents ostéo-arthro-musculaires de désaturation : bilan de 30 années
d'exploration par IRM.
O Bayle, M Coulange. 29 – 36.
- Étude comparative rétrospective des accidents de désaturation sur deux chantiers
de tunneliers.
B Aublin, B Delafosse, JP Baud, JL Meliet. 37 – 42.
- Évaluation des pratiques des médecins généralistes pour le certificat d'absence de contre-
indication à la plongée de loisir.
C Attia, J-L Meliet, P Pillet, J Morin, S De Maistre, A Henckes, M Coulange,
N De Garambé, J-É Blatteau. 43 – 53.