

L'importance du foramen ovale perméable en plongée

avec les recommandations 2007 de la Société Suisse de Médecine Subaquatique et Hyperbare

Sandra Torti

Cardiologie et Médecine Interne FMH, Diving Medicine Physician EDTC/ECHM, Marsens

Quintessence

- Le foramen ovale perméable constitue une variante de la norme et se présente chez un quart de la population.
- Le risque de plonger avec un foramen ovale perméable est faible.
- Ce n'est pas le foramen ovale perméable qui constitue le vrai risque, mais les bulles gazeuses circulantes et dont il est prouvé qu'elles apparaissent après chaque plongée prolongée.
- Un screening de routine à la recherche d'un foramen ovale perméable n'est indiqué ni pour les plongeurs professionnels, ni pour les plongeurs de loisir.
- Aux plongeurs avec un foramen ovale perméable découvert fortuitement, il faut recommander de respecter les 15 règles pour la plongée «low bubble diving» selon les recommandations 2007 de la SUHMS. Cette consultation exige de l'expérience en médecine de plongée.
- Après un accident de plongée, des investigations détaillées à la recherche de la cause par un médecin formé spécifiquement en médecine de plongée sont indispensables. Une éventuelle fermeture d'un foramen ovale perméable doit être évaluée de façon approfondie au cas par cas, selon les besoins personnels et les risques à court comme à long terme liés à cette intervention.
- L'influence d'éventuels shunts gauche-droite pour la plongée, c'est-à-dire d'un foramen ovale perméable ou de shunts pulmonaires difficiles à vérifier, fait toujours l'objet de recherches.

Le foramen ovale perméable (FOP) constitue donc une variante standard existant chez un quart de la population.

Dans des conditions naturelles, pratiquement rien ne peut passer par un foramen ovale perméable en raison des courants locaux. Si la pression dans le thorax est préalablement augmentée pendant une durée prolongée (sous-entendu plusieurs secondes), une surpression suffisamment élevée peut survenir dans l'oreillette droite¹ pour permettre à cette «porte» de s'ouvrir et laisser ainsi passer de petites quantités de sang dans la moitié gauche du cœur, en évitant le filtre pulmonaire.

Le rôle du foramen ovale perméable en plongée

Une corrélation entre la présence d'un foramen ovale perméable et la survenue d'une pathologie de décompression a été décrite pour la première fois en 1989 [2]. Lors de la plongée, des microbulles apparaissent suite à la décompression. Après le transport dans le réseau veineux, celles-ci sont, dans le cas idéal, filtrées dans les tissus pulmonaires puis expirées. Si, dans les conditions susmentionnées, des bulles pénètrent par un foramen ovale perméable directement dans la circulation artérielle, elles échappent au filtre pulmonaire. Si leur volume s'accroît davantage (par ex. par réduction de la pression environnante ou fusion de plusieurs bulles) et probablement aussi par l'activation de processus humoraux et autres processus biochimiques, elles peuvent mener à des embolies dans la circulation artérielle. Si cette obstruction survient à un endroit critique, elle pourra provoquer un incident de plongée, ce qui est toutefois extrêmement rare. Tous les plongeurs avec un foramen ovale perméable ne subissent pas, et de loin, des incidents de plongée.

Un incident de plongée avec foramen ovale perméable peut se produire lorsque les conditions suivantes sont remplies:

1. une quantité de microbulles ou une saturation d'azote suffisante;
2. une augmentation de la pression suffisamment forte dans l'oreillette droite [1] avec au préalable une pression augmentée d'une durée prolongée dans le thorax [3];
3. un foramen ovale perméable suffisamment grand [4];
4. des microbulles aussi bien transportées que formées sur place entravent le flux sanguin à un endroit critique;

Introduction

Physiologie

Le foramen ovale est une communication en forme de clapet entre l'oreillette droite et l'oreillette gauche. C'est par cette ouverture, indispensable dans la phase embryonnaire de l'être humain, que le sang circule jusqu'au moment de la naissance, en contournant la circulation pulmonaire. Avec le déploiement pulmonaire lors de la première inspiration, ce shunt devient inutile et le foramen ovale devient ainsi superflu. Chez environ trois quart des personnes, il se soude ou se ferme complètement pendant les premières années de la vie. Chez les autres, ce clapet reste «comme une porte en appui» [1].

¹ La compression abdominale augmente la pression dans le thorax et empêche l'arrivée de sang veineux dans le thorax. Lors d'une compression abdominale d'assez longue durée, une quantité de sang importante s'accumule dans les vaisseaux veineux à l'extérieur du thorax. Après réduction de la pression thoracique, ce sang «refoulé» pénètre avec surpression dans l'oreillette droite: le foramen ovale perméable peut s'ouvrir pendant ce flux accru provenant de droite. Le paramètre essentiel quant à l'inversion de la pression dans les oreillettes est la durée pendant laquelle la pression est maintenue.



5. l'accroissement du volume des microbulles ou la vitesse de remontée rapide (en rapport avec la désaturation de N₂ augmentent encore le risque.
6. Les conditions 1-4 doivent être remplies simultanément.

Fermeture du foramen ovale perméable

Un foramen ovale perméable est parfois fermé pour des raisons médicales. Il y a quelques années encore, cela engendrait impérativement une intervention cardiologique avec les risques, désagréments et coûts élevés correspondants. Aujourd'hui, il est possible de fermer un foramen ovale perméable par implantation intracardiaque d'une petite prothèse métallique (ombrelle). Celle-ci est endothélialisée dans le cœur en l'espace de quelques mois et y demeure à vie. Dans les centres spécialisés en cardiologie, cette implantation est effectuée par cathétérisme et nécessite seulement une hospitalisation de courte durée. Avec le progrès du matériel, de la technique et de l'expérience des cardiologues invasifs, les risques inhérents à cette intervention sont devenus inférieurs à un pour cent [5]. Il n'existe toutefois que peu de données sur les risques à long terme étant donné qu'il s'agit d'une méthode récente.

Risque de shunt après fermeture du foramen ovale perméable

Six à douze mois après la fermeture au moyen d'une prothèse FOP, le test des bulles montre un shunt résiduel après manœuvre de Valsalva chez 10% des patients [6]. Un certain effet de filtrage peut malgré tout être supposé. Selon les références, on trouve toutefois des shunts artérioveineux (plus difficiles à vérifier) intrapulmonaires auprès de 10 à 70% des personnes. Ceux-ci permettent encore le passage de microbulles dans le système artériel de façon inchangée. En outre, divers indices montrent que la formation de microbulles provoque une activation de processus humoraux et d'autres processus biochimiques qui modifient les propriétés rhéologiques de la microcirculation [12].

Une première étude prospective n'a présenté aucun avantage de la fermeture d'un foramen ovale perméable chez les plongeurs sur trois ans [7].

Etat de la recherche en plongée sur le rôle du foramen ovale perméable

Il existe avant tout des études rétrospectives. Leur problème est qu'elles ne peuvent nous fournir aucun renseignement sur le risque relatif en rapport avec le foramen ovale perméable étant donné que seules des personnes ayant déjà subi une maladie de décompression (decompression sickness ou DCS) ont été examinées. Cela signifie que nous ignorons combien de plongeurs sans foramen ovale perméable n'ont pas eu d'accident. Cette erreur systématique nous interdit d'en tirer des résultats pour l'évaluation du risque de DCS pour les plongeurs avec foramen ovale perméable. Dans des études «Matched Pairs», préférables sur le plan méthodologique, on a observé une fréquence de DCS cérébrale plus élevée chez les plongeurs avec fora-

men ovale perméable. Cela ne signifie toutefois pas que la présence d'un foramen ovale perméable soit la cause des incidents mais plutôt qu'il présente un risque potentiel. Ce sont toujours les bulles qui sont la cause des incidents!

La méta-analyse [8] la plus importante montre que les méthodes pour l'examen du foramen ovale perméable ne sont pas standardisées, raison pour laquelle il est difficile d'obtenir des données facilement comparables. Dans quelques études on a observé que la quantité de sang qui outrepassait ce shunt par compression, joue un rôle. Un petit foramen ovale perméable ne semble pas présenter un plus grand risque que de ne pas en avoir [4].

Les conclusions actuelles des études qui examinent les diversspots (= lésions cérébrales minimales relevées plus fréquemment dans les IRM cérébrales des plongeurs que des non-plongeurs) ne montrent pas une fréquence plus élevée chez les plongeurs avec foramen ovale perméable que chez les plongeurs sans foramen ovale perméable. Un travail basé sur une analyse fractale montre que ces diversspots ne peuvent pas être la conséquence d'embolies microvasculaires [9]. Les plongeurs semblaient toutefois présenter en général plus fréquemment de telles lésions cérébrales minimales, mais nous n'en connaissons pas la signification. On soupçonne toutefois que ce n'est pas uniquement le passage direct des bulles qui peut être à l'origine d'une DCS mais également la resaturation en azote du sang artériel sous l'effet du shunt.

Pouvons-nous estimer le risque que représente le foramen ovale perméable dans l'exercice d'activités subaquatiques?

De nos jours, la réponse est NON. Comme nous venons de le voir, le risque n'est pas en relation directe avec le foramen ovale perméable et il semble inférieur à ce qui avait été supposé jusqu'à présent. Pour répondre définitivement à cette dernière question, des études prospectives sur l'évaluation du risque relatif du foramen ovale perméable sont nécessaires. Cette étude est en cours. Il s'agit d'une étude multicentrique internationale sur l'examen du foramen ovale perméable chez les plongeurs, au moyen d'une méthode minimalement invasive, le Doppler carotidien [10].

En ce qui concerne la question du risque du foramen ovale perméable, il est clair que ce risque est relativement faible et que ce n'est pas le foramen ovale perméable qui engendre le véritable risque mais les bulles gazeuses circulantes.

Recommandations 2007 de la Société Suisse de Médecine Subaquatique et Hyperbare

Recherche d'un FOP

Un screening de routine à la recherche d'un FOP n'est indiqué ni pour les plongeurs professionnels, ni pour les plongeurs de loisir.

FOP de découverte fortuite

FOP degré I: les recommandations sont identiques à la plongée sans FOP.

FOP degré II et III: plonger selon les recommandations «low bubble diving». Ces recommandations prennent encore plus de valeur pour les plongeurs ayant un FOP de grade III qui n'ont pas eu de problème de décompression pendant de nombreuses années de plongée.

Après une pathologie de décompression

Après une maladie de décompression, chaque cas devrait faire l'objet d'investigations à la recherche de la cause. La prise en charge est de la compétence d'un médecin formé spécifiquement en médecine de plongée.

Après traitement d'une maladie de décompression, l'aptitude à la plongée sera alors réévaluée selon les recommandations et standards décrits dans le manuel édité par la SUHMS [11].

Si un FOP est l'origine très probable d'une maladie de décompression, le candidat sera autorisé à plonger en tenant compte des règles de plongée «low bubble diving».

En cas de récurrence, l'aptitude à la plongée ne sera plus reconduite jusqu'à conclusion d'investigations répétées poussées à la recherche de la cause.

Les recommandations éventuelles de fermeture d'un FOP devront être abordées de cas en cas. Lors de l'entretien avec le plongeur, il faut comparer les besoins personnels de celui-ci avec les risques à court terme comme à long terme liés à cette intervention. La prise en charge des coûts engendrés reste à vérifier.

Quinze règles pour la plongée «low bubble diving»: recommandations de la SUHMS²

La plongée selon les règles «low bubble diving» maintient le nombre de microbulles à un niveau bas (1-12) et réduit l'incidence de microbulles éventuelles dans la circulation artérielle (13-15).

- 1 Débuter la plongée à la profondeur maximale prévue.

- 2 Pas de plongée yoyo. Pas de descentes répétitives dans la zone des dix mètres.
- 3 Réduction de la vitesse de remontée à 5 m/min pour les derniers dix mètres.
- 4 Palier de sécurité entre 3 et 5 mètres pendant au minimum 5 à 10 minutes.
- 5 Uniquement des plongées dans la courbe de sécurité. Pas de plongée avec décompression.
- 6 Au minimum quatre heures d'intervalle de surface avant la prochaine plongée.
- 7 Maximum deux plongées par jour.
- 8 Au moins deux heures d'attente avant de rejoindre un point plus élevé en altitude que le site de plongée.
- 9 Éviter un grand réchauffement de la peau après la plongée. Par ex. bain de soleil, douche chaude, sauna.
- 10 Éviter le froid, la déshydratation ainsi que l'abus de nicotine.
- 11 Plonger avec un mélange de Nitrox mais avec les tables de décompression à l'air. Attention à la toxicité de l'O₂.
- 12 Des ordinateurs de plongée avec des logiciels spécialisés permettent de diminuer les risques. Diminution du risque de passage des bulles dans la circulation artérielle.
- 13 Pas d'effort physique dans les dix derniers mètres de la remontée. Éviter le travail physique ainsi que le palmage dans les courants en fin de plongée.
- 14 Pas d'effort physique dans les deux heures qui suivent une plongée. Ne pas gonfler son gilet par insufflation directe. Décapelage dans l'eau et prise en charge du matériel par des aides à la sortie. Pas de remontée en force sur le bateau ou sur la rive (sans pression!). Le matériel lourd ne sera pas transporté par le plongeur.
- 15 Défense formelle de plonger en cas de refroidissement. La toux ainsi que les manœuvres d'équilibrage forcées (Valsalva) favorisent le passage de bulles.

² Une version en français, en allemand et en italien de ces recommandations peut être téléchargée à l'adresse www.suhms.org.

Je remercie le Dr Marc-Alain Pauchard pour la relecture de la version française.

Correspondance:
Dr Sandra R. Torti
Cardiologie et Médecine interne
FMH
Médecin de plongée SUHMS
Diving Medicine Physician
EDTC/ECHM
Au Crau Bovey 2
CH-1633 Marsens
doktor@torti.ch

Références

- 1 Hagen PT, Scholz DG, Edwards WD. Incidence and size of patent foramen ovale during the first 10 decades of life: an autopsy study of 965 normal hearts. *Mayo Clin Proc.* 1984; 59:17-20.
- 2 Moon RE, Camporesi EM, Kisslo JA. Patent foramen ovale and decompression sickness in divers. *Lancet.* 1989;1:513-4.
- 3 Balestra C, Germonpre P, Marroni A. Intrathoracic pressure changes after Valsalva strain and other maneuvers: implications for divers with patent foramen ovale. *Undersea Hyperb Med.* 1998;25:171-4.
- 4 Torti SR et al. Risk of decompression illness among 230 divers in relation to the presence and size of patent foramen ovale. *EHJ.* 2004;25:1014-20.
- 5 Wahl A, Windecker S et al. Percutaneous closure of patent foramen ovale: impact of device design on safety and efficacy. *Heart.* 2004;90(2):186-90.
- 6 Windecker S et al. Comparison of medical treatment with percutaneous closure of patent foramen ovale in patients with cryptogenic stroke. *J Am Coll Cardiol.* 2004;44(4):750-8.
- 7 Zbinden R, Billinger M, Remonda L, et al. Percutaneous closure of patent foramen ovale in divers: incident of decompression illness at 1- and 3-year follow-up. Abstract SGK 2007.
- 8 Bove AA. Risk of decompression sickness with patent foramen ovale. *Undersea Hyperb Med.* 1998;25:175-8.
- 9 Balestra C, Germonpre P, Marroni A. The fractal approach as a tool to understand asymptomatic brain hyperintense MRI signals. *Fractals*, Vol 11, No 4 (2003) 1-6.
- 10 Halsschlagader-Dopplermessung: Ermittlung des DCS-Risikos bei Tauchern mit offenem Foramen Ovale, Divers Alert Network, DAN Europe Research Division www.dan-europe.org.
- 11 Wendling J. Aptitude à la plongée. Manuel. Revised edition SUHMS: 1996.
- 12 Nossum V, Koteng S, Brubakk AO. Endothelial damage by bubbles in the pulmonary artery of the pig. *Undersea Hyperbaric Med.* 1999;26:1-8.