

I Revues générales

À qui proposer une fermeture de foramen ovale perméable ?

RÉSUMÉ : Même si l'imputabilité d'un foramen ovale perméable (FOP) dans la survenue d'un accident vasculaire cérébral ischémique peut être difficile, une population sélectionnée bénéficie désormais d'une fermeture percutanée en complément d'un traitement antiagrégant plaquettaire. Les risques procéduraux sont faibles, et les suivis désormais assez prolongés montrent très peu d'événements liés aux prothèses.

Une évaluation soigneuse de nombreux critères neurologiques et cardiologiques est nécessaire avant de porter une indication de fermeture de FOP. Cette évaluation se fera au mieux *via* un circuit codifié et institutionnalisé entre les différents spécialistes concernés. Le cardiologue est chargé plus particulièrement de l'évaluation anatomique de la cloison interauriculaire et de la recherche si besoin d'une fibrillation auriculaire silencieuse.



**P. AUBRY, E. BROCHET, C. NGUYEN,
J. ABTAN, E. GARBARZ, J.-M. JULIARD**
Département de Cardiologie,
Groupe Hospitalier Bichat-Claude-Bernard, PARIS.

Plusieurs études randomisées concordantes ont montré un bénéfice supplémentaire apporté par la fermeture percutanée d'un foramen ovale perméable (FOP) symptomatique par rapport à un traitement antiagrégant plaquettaire seul en prévention secondaire d'un accident vasculaire cérébral (AVC) ischémique [1-3]. Ces publications datant de 2017 ont conduit à une modification des pratiques de nos collègues neurologues chargés de la prise en charge des AVC ischémiques.

Le volume annuel des actes de fermeture de FOP a été multiplié en France par 7 entre 2016 (450 actes) et 2019 (3 150 actes). L'acte CCAM DASF005 (fermeture percutanée d'un foramen ovale perméable), créé en 2009, a été modifié très récemment avec une reconnaissance désormais de l'indication neurologique permettant un remboursement de la prothèse aux établissements de soins [4]. La procédure interventionnelle est reconnue comme simple et rapide, avec un taux de morbidité proche de 1 % et de mortalité < 0,1 % [5].

Ces facilités d'exercice et ces chiffres rassurants ne doivent pas faire oublier la nécessité d'une réflexion rigoureuse dans les indications de fermeture de FOP, à mener de manière pluridisciplinaire en associant neurologues, neurovasculaires, cardiologues, échocardiographistes et cardiologues interventionnels. Ces indications peuvent être raisonnables, prêtant à discussion ou non recommandées.

Pourquoi cette classification ? La prévalence du FOP en population générale, proche de 15 % avec un *shunt* droit-gauche documenté [6], doit nous rappeler que la possibilité d'un FOP incident existe toujours. Les populations des études contrôlées étaient sélectionnées sur de nombreux critères dont l'âge, l'évaluation échographique du *septum* interauriculaire, l'exhaustivité du bilan étiologique de l'AVC et la localisation de ce dernier. L'indication devra être correctement discutée chez les patients ne répondant pas à tous ces critères. Par ailleurs, un lien de causalité entre AVC et FOP peut être incertain chez des

I Revues générales

patients ayant d'autres causes potentielles d'AVC, en particulier d'origine cardioembolique comme la fibrillation auriculaire (FA).

Gardons à l'esprit que le traitement interventionnel est proposé en prévention secondaire, certes pour éviter un événement neurologique pouvant être invalidant, mais dont le risque absolu annuel de survenue est faible (proche de 1 % chez les patients les plus jeunes). À la fin de cet article, nous évoquerons la problématique très différente des FOP responsables d'hypoxémie.

■ Indications raisonnables

Curieusement, il n'existe pas encore de recommandations de la Société européenne de cardiologie sur les indications de fermeture de FOP. Nous disposons d'un texte de consensus publié en 2019 par la Société française de cardiologie et la Société française neurovasculaire [7].

Le **tableau I** indique les critères retenus pour recommander une fermeture de FOP. Ces critères doivent être tous présents et sont généralement ceux utilisés pour sélectionner les patients inclus dans les études randomisées citées précédemment. Il faut noter que la localisation (corticale ou profonde) de l'AVC n'intervient pas et qu'une visualisation > 20 microbulles quantifie un *shunt* interatrial droit-gauche significatif lors de l'épreuve de contraste.

L'évaluation échographique est un temps important pour porter l'indication d'une

fermeture de FOP. Elle sera faite au mieux par l'association de l'échographie trans-thoracique, permettant des manœuvres de Valsalva plus faciles pour quantifier un *shunt* droit-gauche, et de l'échographie transœsophagienne, incontournable pour visualiser le FOP, identifier un anévrysme du *septum* interauriculaire (ASIA) et d'autres particularités anatomiques (réseau de Chiari, valve d'Eustachi proéminente, petite communication interauriculaire associée). Il faut rappeler la variabilité des critères échographiques liée au caractère souvent dynamique du FOP et de l'ASIA, à la voie d'injection des microbulles et au mode de réalisation de l'échographie transœsophagienne (avec simple sédation ou sous anesthésie générale modifiant les pressions intrathoraciques). Le cardiologue interventionnel en charge de la procédure devra s'assurer d'une réalisation exhaustive du bilan étiologique de l'AVC et d'une documentation correcte des critères échographiques (avec si besoin une exploration complémentaire).

Les indications recommandées émises par un texte de consensus établi par plusieurs sociétés ou groupes de travail européens [8] sont un peu plus larges avec comme critères retenus : un âge compris entre 18 et 65 ans, un AVC ou un AIT (accident ischémique transitoire) ou une embolie systémique, et une forte probabilité qu'un FOP soit en cause. Les neurologues américains sont un peu plus réservés que leurs collègues européens en indiquant que les cliniciens peuvent recommander une fermeture de FOP chez les patients de moins de 60 ans ayant une association AVC-FOP

sans autre cause étiologique identifiée et après avoir clairement expliqué les bénéfices (réduction de récurrence neurologique) et les risques (complications périprocédurales et arythmies à court terme) potentiels [9].

En cas d'AVC ischémique concomitant d'un événement thromboembolique veineux (thrombose veineuse et/ou embolie pulmonaire), une embolie paradoxale est le premier diagnostic à évoquer en présence d'un FOP [10]. L'indication de fermeture est formelle s'il n'existe pas d'indication à poursuivre un traitement anticoagulant oral au-delà du délai habituel. La procédure interventionnelle sera réalisée au mieux à la fin de ce délai. Il faut rappeler que l'embolie paradoxale peut concerner aussi des territoires artériels extracrâniens.

■ Indications prêtant à discussion

Les experts français ont émis des situations où la fermeture de FOP peut se discuter [7]. Il s'agit bien évidemment des cas où les critères cités précédemment ne sont pas tous présents (**tableau II**), mais aussi si plusieurs étiologies sont retrouvées dont un FOP ou en cas de nécessité d'un traitement anticoagulant oral prolongé. Ces situations doivent être analysées et discutées en réunion multidisciplinaire afin de profiter de l'expertise de chacun. Le **tableau III** présente les nombreux critères qui pourront intervenir dans la discussion en faveur ou non d'une fermeture de FOP.

Le score RoPE (*Risk of Paradoxical Embolism*) a été construit pour établir la probabilité de la relation entre un AVC ischémique et un FOP [11]. Plus le score est élevé (jusqu'à 10 points), plus la probabilité d'un lien de causalité est élevée (jusqu'à 90 %). Cette probabilité ne sera jamais de 100 % sauf dans les situations rarissimes de visualisation d'un thrombus enclavé dans un tunnel de FOP. Ce score est basé essentiellement

Âge	16-60 ans
Type d'AVC ischémique	Symptomatique et datant de moins de 6 mois (ce délai peut être allongé en cas de recherche de fibrillation auriculaire)
Type de FOP	Associé à un ASIA (> 10 mm) ou à un <i>shunt</i> droit-gauche important (> 20 microbulles) ou à un diamètre \geq 2 mm
Bilan étiologique de l'AVC	Exhaustif et sans autre cause retrouvée que la présence d'un FOP

Tableau I : Critères requis pour recommander une fermeture de FOP selon la Société française de cardiologie et la Société française neurovasculaire [7]. ASIA : anévrysme du *septum* interauriculaire ; AVC : accident vasculaire cérébral ; FOP : foramen ovale perméable.

Âge	> 60 ans
Type d'AVC ischémique	Symptomatique et datant de plus de 6 mois, asymptomatique, accident ischémique transitoire
Type de FOP	Non associé à un ASIA (> 10 mm) et avec <i>shunt</i> droit-gauche non important (≤ 20 microbulles)
Bilan étiologique de l'AVC	Exhaustif avec plusieurs causes retrouvées dont la présence d'un FOP
Traitement antithrombotique	Nécessité d'un traitement anticoagulant oral

Tableau II : Critères nécessitant une discussion au cas par cas de fermeture de FOP selon la Société française de cardiologie et la Société française neurovasculaire [7]. ASIA : anévrysme du *septum* interauriculaire; AVC : accident vasculaire cérébral; FOP : foramen ovale perméable.

Profil du patient	Âge, nombre de facteurs de risque cardiovasculaire (diabète, HTA, tabac)
Type d'AVC ischémique	Localisation et nombre évocateurs d'une origine cardioembolique, AIT validé par un neurologue, récurrence AVC sous traitement AAP
Mode de survenue de l'AVC	Événement thromboembolique veineux concomitant, antécédents thromboemboliques veineux, état procoagulant, situations favorisant une stase veineuse, équivalents de manœuvres de Valsalva
Type de FOP	Associé à un ASIA (> 10 mm) ou avec <i>shunt</i> droit-gauche important (> 20 microbulles) ou avec diamètre ≥ 2 mm
Score RoPE	≥ 5

Tableau III : Critères pouvant intervenir pour proposer une fermeture de FOP selon la Société française de cardiologie et la Société française neurovasculaire [7]. AAP : antiagrégant plaquettaire; ASIA : anévrysme du *septum* interauriculaire; AVC : accident vasculaire cérébral; FOP : foramen ovale perméable; HTA : hypertension artérielle.

Caractéristiques du patient	Points
Absence d'HTA	1
Absence de diabète	1
Pas d'antécédent d'AVC ou d'AIT	1
Absence de tabagisme	1
AVC de localisation corticale	1
Âge du patient (ans)	
18-29	5
30-39	4
40-49	3
50-59	2
60-69	1
≥ 70	0
Score	0-10

Tableau IV : Score RoPE (*Risk of Paradoxical Embolism*) [11]. AIT : accident ischémique transitoire; AVC : accident vasculaire cérébral; HTA : hypertension artérielle.

sur l'âge et les facteurs de risque de l'AVC ischémique (diabète, hypertension artérielle, tabac) et il n'intègre pas de critères échographiques (**tableau IV**). Aussi, il ne peut être utilisé seul pour porter une indication, mais reste intéressant lorsque tous les critères d'inclusion cités précédemment ne sont pas réunis.

Brièvement, on peut retenir que l'indication de fermeture de FOP est généralement confirmée en cas de score RoPE ≥ 7 points, alors que la discussion doit se faire au cas par cas lors de score RoPE à 5-6 points. Par ailleurs, le score RoPE estime le risque annuel de récurrence neurologique (AVC ou AIT) en l'absence de fermeture du FOP, risque allant de 1 % pour un score à 10 points à 4 % pour un score à 5-6 points.

Ces données sont intéressantes à présenter au patient lors de l'entretien préalable

à une fermeture de FOP. Chez un patient ne réunissant pas l'ensemble des critères classiques, une récurrence neurologique survenant sous un traitement antithrombotique (généralement antiagrégant plaquettaire) peut conduire à proposer une fermeture percutanée si aucune autre cause n'a été mise en évidence depuis l'événement neurologique initial.

Une indication d'anticoagulation orale après un AVC ischémique, en l'absence de FA documentée, concerne des patients ayant une pathologie favorisant la survenue d'une thrombose vasculaire veineuse. En cas de FOP associé, il convient de prendre un avis spécialisé sur la durée envisagée du traitement anticoagulant. S'il existe une indication au long cours du traitement anticoagulant, on peut surseoir à une fermeture du FOP après une explication éclairée au patient. Dans le cas contraire, la stratégie est identique à celle utilisée pour une embolie paradoxale.

La situation d'un patient âgé de plus de 55 ans avec au moins deux facteurs de risque de FA (**tableau V**) mais sans documentation de cette dernière n'est pas rare. Le score RoPE est généralement ≤ 6 points et il ne faut pas se précipiter pour fermer un FOP découvert lors du bilan étiologique. La recherche d'une FA silencieuse est alors primordiale, utilisant si besoin un moniteur cardiaque implantable (MCI) [7-8]. En cas de pose d'un MCI, une anticoagulation orale apparaît plus logique avec ensuite une discussion tous les 6 mois de sa poursuite ou de son arrêt en fonction des résultats du monitoring. Dans les recommandations européennes sur la FA [12], l'indication d'un MCI est de grade IIa (niveau de preuve B) après un AVC ischémique cryptogénique chez les patients à risque de développer une FA.

L'avis cardiologique est bien entendu prépondérant pour ces patients qui entrent dans les tranches d'âge à prévalence de FA croissante. La récurrence d'AIT ou d'AVC sous un traitement antithrombotique, en général par antiagrégant pla-

Revue générale

Caractéristiques cliniques
Âge ≥ 55 ans
Hypertension artérielle mal contrôlée
Diabète mal contrôlé
Obésité
Pathologie bronchopulmonaire chronique
Insuffisance cardiaque systolique
Dysthyroïdie
Caractéristiques échographiques
Dilatation auriculaire gauche
Hypertrophie ventriculaire gauche
Caractéristiques électriques
Hyperexcitabilité auriculaire

Tableau V : Facteurs de risque de développer une fibrillation auriculaire [7-8, 12].

quettaire, chez un patient initialement non retenu pour une fermeture de FOP peut faire discuter l'indication de cette dernière si aucune autre étiologie n'a été mise en évidence.

Indications non recommandées

En très grande majorité, les patients avec un score RoPE ≤ 4 points ne sont pas de bons candidats à une fermeture de FOP par le caractère très probablement incident de ce dernier. Les contre-indications liées à une impossibilité technique (abord vasculaire veineux hostile ou anatomie très complexe du *septum* interauriculaire) restent exceptionnelles. Il n'existe pas d'indication actuelle à fermer un FOP en prévention primaire neurologique, même en cas d'anatomie à risque découverte fortuitement. Toujours en l'absence de résultats probants, la fermeture de FOP pour traiter une migraine n'est pas recommandée.

Cas particuliers

Comme souvent, certaines situations ont été peu ou pas abordées dans les textes de consensus en l'absence de données factuelles suffisantes. La découverte de plusieurs causes potentielles à un AVC

ischémique est une situation rare mais possible, même chez un patient d'âge peu compatible avec une survenue de FA. La décision de fermer ou pas le FOP se décide bien entendu au cas par cas. Deux exemples sont présentés pour illustrer cette problématique (**tableau VI**).

Un cardiologue interventionnel peut être sollicité par un médecin fédéral suite à un accident de décompression survenu chez un plongeur avec mise en évidence d'un FOP. La Fédération française d'études et de sports sous-marins (FFESSM) a émis un avis sur cette question [13]. Après un accident de décompression neurologique, la contre-indication de reprise est définitive en cas de séquelles cliniques ou radiologiques. Sinon, l'appréciation de la nécessité d'une contre-indication est laissée à un médecin spécialisé. Si le plongeur souhaite poursuivre une activité, celle-ci sera limitée à moins de 30 m avec des règles réduisant la production de bulles circulantes et limitant les équivalents de manœuvres de Valsalva. La FFESSM ne préconise pas la fermeture percutanée de FOP en prévention secondaire, mais il est admis que quelques patients (professionnels ou moniteurs de plongée) peuvent en bénéficier. Les indications de fermeture chirurgicale de FOP sont rarissimes (volumineux thrombus

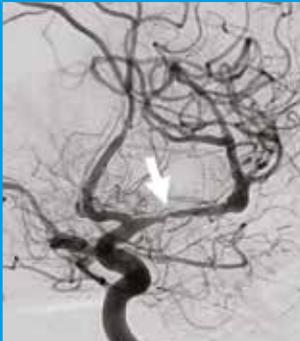
<ul style="list-style-type: none"> ● Homme de 53 ans, dyslipidémie ● AVC ischémique sylvien droit ● Artère cérébrale moyenne droite mal visualisée (angio-IRM) ● Thombolyse intraveineuse puis thrombectomie ● Pas d'athérome des troncs supra-aortiques ● FOP/ASIA avec <i>shunt</i> droit-gauche > 20 microbulles ● Diaphragme carotidien bulbaire droit (flèche) ● Cause thromboembolique très rare ● Score RoPE : 7/10 ; score NHSS à la sortie : 0 ● Décision de résection chirurgicale partielle bulbaire droite puis de fermeture du FOP 	
<ul style="list-style-type: none"> ● Homme de 48 ans, HTA, tabagisme, diabète, dyslipidémie ● AVC ischémique sylvien gauche ● Sténose ou thrombose artère cérébrale moyenne gauche (angio-IRM) ● Pas d'athérome des troncs supra-aortiques ● FOP sans ASIA avec <i>shunt</i> droit-gauche > 20 microbulles ● Score RoPE : 5/10 ; score NIHSS à la sortie : 0 ● Récidive neurologique dans le même territoire un mois plus tard sous un AAP ● Angiographie cérébrale conventionnelle ● Sténose serrée athéromateuse artère cérébrale moyenne gauche (flèche) ● Mise sous une double AAP et pas de fermeture du FOP 	

Tableau VI : Deux exemples de situations cliniques avec plusieurs étiologies retrouvées pour expliquer un AVC ischémique. AAP : antiagrégant plaquettaire ; ASIA : anévrisme du *septum* interauriculaire ; AVC : accident vasculaire cérébral ; FOP : foramen ovale perméable ; HTA : hypertension artérielle ; IRM : imagerie par résonance magnétique ; NIHSS : National Institutes of Health Stroke Scale ; RoPE : Risk of Paradoxical Embolism.

enclavé dans le chenal ou nécessité d'extraire une prothèse dysfonctionnelle).

Une hypersensibilité systémique au nickel a été décrite après l'implantation de dispositifs implantables à base de nitinol (alliage nickel-titane), comme toutes les prothèses utilisées pour fermer un FOP. De très rares cas de symptomatologie réfractaire ont pu conduire à une explication de la prothèse [14]. Le nickel est un allergène de contact très répandu. Cependant, une relation croisée entre hypersensibilité cutanée et hypersensibilité systémique est loin d'être établie. Un relargage systémique de nickel est observé avec toutes les prothèses actuelles. De manière empirique, on peut proposer la prothèse qui contient le plus faible pourcentage de nickel dans sa composition (et donc de relargage) après une information éclairée au patient.

Foramen ovale perméable et hypoxémie

Une hypoxémie sévère peu améliorée par l'oxygénothérapie et pas ou mal expliquée par une cause bronchopulmonaire doit faire rechercher un *shunt* droit-gauche. Ce dernier est lié le plus souvent à une modification des rapports anatomiques intrathoraciques avec un raccourcissement et une horizontalisation de la cloison interatriale, avec pour conséquences un élargissement d'un FOP préexistant et un flux directionnel de la veine cave inférieure vers l'oreillette gauche. Une valve d'Eustachi développée peut être un facteur de risque associé. Ce type de *shunt* n'est donc pas lié à une élévation de la pression auriculaire droite.

Les étiologies, parfois diagnostiquées avec retard, sont multiples. Les plus fréquentes sont une horizontalisation d'aorte initiale dilatée, un antécédent de chirurgie intrathoracique ou une paralysie diaphragmatique [15]. Le syndrome platypnée-orthodéoxie fait partie de la présentation clinique, mais d'autres tableaux sont possibles. Il existe aussi

des causes aiguës généralement identifiées chez un patient ventilé et difficile à extuber. L'indication de fermeture du FOP est formelle avec un traitement curatif quasi immédiat de l'hypoxémie. Les causes liées à une élévation de la pression auriculaire droite sont plus rares et leur caractère potentiellement réversible doit être évalué. Il est recommandé de s'assurer toujours de l'absence d'hypertension pulmonaire sévère.

Perspectives

Après de longues années de recherche avec des résultats initiaux peu convain-

POINTS FORTS

- La fermeture percutanée de FOP associée à un traitement antiagrégant plaquettaire doit être proposée en prévention secondaire neurologique après un AVC ischémique à des patients correctement sélectionnés.
- La sélection repose sur un bilan étiologique de l'AVC aussi complet que possible, certaines caractéristiques de l'AVC, le profil du patient (âge, facteurs de risque cardiovasculaire, facteurs de risque de FA) et l'anatomie du *septum* interauriculaire (FOP, ASIA, degré du *shunt* droit-gauche).
- Les patients de moins de 60 ans, sans ou avec peu de facteurs de risque, ayant eu un AVC cortical et présentant une anatomie dite à risque (FOP associé à un ASIA ou à un *shunt* droit-gauche important) sont les principaux bénéficiaires de ce traitement interventionnel.
- Le score RoPE (*Risk of Paradoxical Embolism*) est utile pour prendre une décision thérapeutique chez les patients qui ne remplissent pas tous les critères cités précédemment.
- Une recherche de fibrillation auriculaire silencieuse, adaptée au profil du patient, doit être réalisée si besoin avant de procéder à une fermeture de FOP.
- Il n'existe pas d'indication actuelle à fermer un FOP en prévention primaire neurologique.
- Une fermeture de FOP peut être proposée à quelques plongeurs (moniteurs, professionnels) après un accident de décompression neurologique.
- Tout FOP responsable d'une hypoxémie doit être fermé en l'absence d'hypertension pulmonaire sévère.

cants, la fermeture percutanée du FOP a maintenant trouvé une place dans la prévention secondaire de certains AVC ischémiques, du fait surtout d'une meilleure sélection des patients candidats à ce traitement. S'il convient de s'en tenir aujourd'hui d'abord aux indications décrites comme raisonnables, la question se pose bien évidemment pour les patients qui ne remplissent pas tous les critères classiques.

Il est difficile d'admettre que le risque d'embolie paradoxale débute à l'âge de 18 ans et s'arrête à l'âge de 60 ans. Il convient donc de poursuivre nos recherches, en particulier pour la popu-

I Revues générales

lation 55-75 ans où le risque de FA silencieuse augmente la probabilité d'un FOP incident. Il n'est pas sûr que, dans une population plus jeune, des études comparatives entre fermeture percutanée de FOP et anticoagulants directs soient menées, même si c'est le souhait de certains [9].

Le développement des thrombectomies cérébrales permet une analyse histologique des thrombi extraits. On pourrait imaginer qu'il soit possible dans l'avenir de distinguer les thrombi issus de la circulation veineuse de ceux issus de la circulation systémique.

Terminons par deux vœux : d'abord que le FOP ne soit plus forcément considéré comme une cause mineure d'AVC ischémique comme dans certaines définitions [16]. Ensuite, qu'un registre national sur les fermetures de FOP voie prochainement le jour afin d'évaluer notre activité, le suivi clinique des patients implantés et les complications tardives liées aux prothèses.

BIBLIOGRAPHIE

- MAS JL, DERUMEAUX G, GUILLON B *et al.* CLOSE Investigators. Patent foramen ovale closure or anticoagulation vs. antiplatelets after stroke. *N Engl J Med*, 2017;377:1011-1021.
- SAVER JL, CARROLL JD, THALER DE *et al.* RESPECT Investigators. Long-term outcomes of patent foramen ovale closure or medical therapy after stroke. *N Engl J Med*, 2017;377:1022-1032.
- SØNDERGAARD L, KASNER SE, RHODES JF *et al.* Gore REDUCE Clinical Study Investigators. Patent foramen ovale closure or antiplatelet therapy for cryptogenic stroke. *N Engl J Med*, 2017;377:1033-1042.
- Classification commune des actes médicaux (CCAM). www.ameli.fr/etablissement/exercice-professionnel/nomenclatures-et-codage/codage-actes-medicaux-ccam
- ABACI A, UNLU S, ALSANCAK Y *et al.* Short and long term complications of device closure of atrial septal defect and patent foramen ovale: meta-analysis of 28,142 patients from 203 studies. *Catheter Cardiovasc Interv*, 2013;82:1123-1138.
- DI TULLIO MR, SACCO RL, SCIACCA RR *et al.* Patent foramen ovale and the risk of ischemic stroke in a multiethnic population. *J Am Coll Cardiol*, 2007;49:797-802.
- MAS JL, DEREX L, GUÉRIN P *et al.* Transcatheter closure of patent foramen ovale to prevent stroke recurrence in patients with otherwise unexplained ischaemic stroke: Expert consensus of the French Neurovascular Society and the French Society of Cardiology. *Arch Cardiovasc Dis*, 2019;112:532-542.
- PRISTIPINO C, SIEVERT H, D'ASCENZO F *et al.* European Association of Percutaneous Cardiovascular Interventions (EAPCI); European Stroke Organisation (ESO); European Heart Rhythm Association (EHRA); European Association for Cardiovascular Imaging (EACVI); Association for European Paediatric and Congenital Cardiology (AEPC); ESC Working group on GUCH; ESC Working group on Thrombosis; European Haematological Society (EHA). European position paper on the management of patients with patent foramen ovale. General approach and left circulation thromboembolism. *EuroIntervention*, 2019;14:1389-1402.
- MESSÉ SR, GRONSETH GS, KENT DM *et al.* Practice advisory update summary: Patent foramen ovale and secondary stroke prevention: Report of the Guideline Subcommittee of the American Academy of Neurology. *Neurology*, 2020;94:876-885.
- AUBRY P, DEMIAN H, BROCHET E *et al.* Paradoxical embolism: Myth or reality? *Ann Cardiol Angeiol*, 2017;66:433-440.
- KENT DM, RUTHAZER R, WEIMAR C *et al.* An index to identify stroke-related vs incidental patent foramen ovale in cryptogenic stroke. *Neurology*, 2013;81:619-625.
- HINDRICKS G, POTPARA T, DAGRES N *et al.* 2020 ESC Guidelines for the diagnosis and management of atrial fibrillation developed in collaboration with the European Association for Cardio-Thoracic Surgery (EACTS). *Eur Heart J*, 2021;42:373-498.
- Fédération française d'études et de sports sous-marins. ffessm.fr/
- SHARMA V, DESHAZO RA, SKIDMORE CR *et al.* Surgical explantation of atrial septal closure devices for refractory nickel allergy symptoms. *J Thorac Cardiovasc Surg*, 2020;160:502-509.
- AGRAWAL A, PALKAR A, TALWAR A. The multiple dimensions of Platypnea-Orthodeoxia syndrome: A review. *Respir Med*, 2017;129:31-38.
- HART RG, DIENER HC, COUTTS SB *et al.*; Cryptogenic Stroke/ESUS International Working Group. Embolic strokes of undetermined source: the case for a new clinical construct. *Lancet Neurol*, 2014;13:429-438.

P. Aubry est formateur pour GORE et OCCLUTECH. Les autres auteurs ont déclaré ne pas avoir de conflits d'intérêts concernant les données publiées dans cet article.