



Disponible en ligne
<https://www.atrss.dz/ajhs>



Mise en point

Techniques hybrides cardio-vasculaires

Cardiovascular hybrid techniques

Bouhroume Djamel

Faculté de médecine, Blida

RESUME

Le développement extrêmement rapide des techniques endovasculaires a ouvert la voie à de nouvelles thérapies hybrides. Ces dernières intègrent les procédures percutanées moins agressives dans la chirurgie afin de diminuer les risques, mais sans porter atteinte à la qualité du geste. Malgré leur succès dans les pays développés, l'aspect financier représente un réel obstacle à l'intégration de ces thérapies dans les pays émergents. L'attractivité pour les patients, bien que non négligeable, ne peut à elle seule le contrebalancer. Par contre, les nouvelles perspectives que les techniques hybrides ouvrent pour traiter certaines pathologies complexes ou survenant sur des terrains fragiles représentent des avantages inestimables puisqu'elles offrent des chances à des patients autrefois condamnés. L'analyse des résultats des techniques hybrides dans le traitement de certaines pathologies cardio-vasculaires permet une évaluation plus objective et ouvre la voie à une optimisation de l'exploitation des ressources que ces techniques exigent, en codifiant les indications.

MOTS CLES : Hybride, Techniques endovasculaires, Imagerie, Chirurgie mini-invasive.

ABSTRACT:

The extremely rapid development of endovascular techniques has opened the way for new hybrid therapies. Hybrid procedure is a combination of less aggressive catheter-based intervention and surgical techniques in order to decrease the overall risk without affecting the quality of the result. Despite their success in developed countries, the financial aspect represents a real obstacle to the integration of these therapies in emerging countries. The attractiveness of these procedures to patients, although not negligible, is not sufficient to offset this drawback. However, the new perspectives that hybrid techniques open up to treat certain complex pathologies or occurring on fragile terrain represent invaluable advantages since they offer opportunities to patients formerly condemned patients. The analysis of the results of hybrid techniques in the treatment of certain cardiovascular diseases allows a more objective assessment and opens the way to optimizing the use of the resources that these techniques require by codifying the indications.

KEYWORDS: Hybrid, Endovascular techniques, Imaging, Minimally invasive surgery.

* Auteur Corredpondant. Tel.: +0-055-022-6929.
 Adresse E-mail : bouhroume.djamel@gmail.com

Date de soumission : 07/12/2019
 Date de révision : 19/05/2020
 Date d'acceptation : 23/06/20

Introduction

Les techniques hybrides représentent des procédures majeures. Elles combinent un geste chirurgical, comprenant une incision cutanée, avec une procédure de cathétérisme interventionnel guidée par l'imagerie fluoroscopique ou par l'imagerie par résonance magnétique. Les deux procédures sont réalisées dans une salle hybride et lors de la même séquence d'anesthésie [1, 2]. Des définitions plus larges intègrent les procédures dans lesquelles les parties

interventionnelles et chirurgicales sont faites en séquence [2, 3].

Le geste chirurgical inclut les techniques dites mini-invasives, et même celles impliquant une assistance au geste opératoire (les télémanipulateurs ou robots) [1].

Le but est de réduire les risques de l'agression chirurgicale tout en offrant au patient un traitement aussi complet et une réparation de qualité superposable à ce que permet une technique ouverte [1, 4]. Parfois, ces techniques représentent un traitement supplémentaire en cas de résultat inattendu d'une procédure planifiée chirurgicale ou endovasculaire [4].

La salle hybride

Il s'agit de salles de haute technologie qui coûtent approximativement le double d'une salle opératoire conventionnelle et elles sont 90% plus coûteuses qu'un laboratoire de cathétérisme cardiaque [5]. En effet, les procédures hybrides impliquent des équipes multidisciplinaires et la salle opératoire doit donc être plus spacieuse. D'autre part, elles doivent être équipées en même temps pour la chirurgie et pour l'imagerie haut de gamme [5, 6].

Ces salles n'ont d'intérêt que si la chirurgie ouverte et la procédure percutanée sont effectuées lors d'une même session. Cependant, elles offrent une sécurité dans le cas où une procédure percutanée présente un risque de conversion en chirurgie ouverte. Elles permettent ainsi d'intervenir en cas de complication ou d'échec [6].

La salle hybride peut être installée dans un bloc opératoire ou dans un secteur d'imagerie interventionnelle ; dans l'idéal entre les deux. Sa

conception doit répondre aux contraintes environnementales et d'hygiène d'un bloc opératoire, et doit assurer la radioprotection passive et active des patients et des opérateurs [7].

Rôle du chirurgien

Le rôle du chirurgien dans la mise en œuvre des techniques hybrides doit être précisé et sa relation avec le cardiologue interventionnel clarifiée.

Le chirurgien, l'un des piliers de la "heart team" qui pose l'indication de la technique hybride et qui choisit sa stratégie, ne peut pas être que le spécialiste en stand-by prêt à intervenir en cas d'incident ou celui de l'abord artériel périphérique. Il doit être impliqué dans la réalisation de la procédure elle-même, et sa formation doit être adaptée à l'évolution de ces techniques [1].

Revascularisation coronaire hybride

C'est la combinaison planifiée d'un pontage utilisant l'artère mammaire interne gauche pour l'interventriculaire antérieure (IVA) avec une revascularisation percutanée d'au moins une artère coronaire autre que l'IVA [8-10].

La revascularisation chirurgicale est réalisée selon les techniques mini-invasives soit directe "*Minimally invasive direct coronary artery bypass*" soit totalement endoscopique "*Totally endoscopic coronary artery bypass*" [9].

La séquence et le timing des procédures sont des sujets de discussion. L'idéal est de ne pas libérer le patient avant la revascularisation complète [9]. En cas de chirurgie première, plusieurs jours sont nécessaires pour la récupération mentale et physique ainsi que pour la résolution des phénomènes inflammatoires post-opératoires. C'est la stratégie la plus adoptée en cas de procédure en deux temps puisqu'elle évite le risque hémorragique de la chirurgie sous antiagrégants plaquettaires, rend la revascularisation percutanée plus sûre par la protection qu'offre le pontage de l'IVA, et en plus, elle permet l'évaluation de ce dernier. Cependant, en cas de complication ou d'échec de la revascularisation percutanée, une deuxième chirurgie à haut risque sera nécessaire. Mais cette éventualité est rare (moins de 1%) [9].

La stratégie en un seul temps a un coût plus élevé, puisqu'elle implique la disponibilité d'une salle

hybride. Le risque de saignement, lié à l'utilisation des antiagrégants plaquettaires et la neutralisation incomplète de l'héparine, est également plus important. En contrepartie, elle offre la possibilité de juguler les éventuelles complications sur place, en plus de l'avantage émotionnel et psychologique d'une revascularisation complète en un seul temps opératoire [9].

expliquée par les problèmes liés à la protection cérébrale et au recours aux techniques d'arrêt circulatoire que l'émergence des troncs supra-aortiques (TSA) implique. Même les techniques endovasculaires avaient du mal à surpasser cet obstacle anatomique [11].

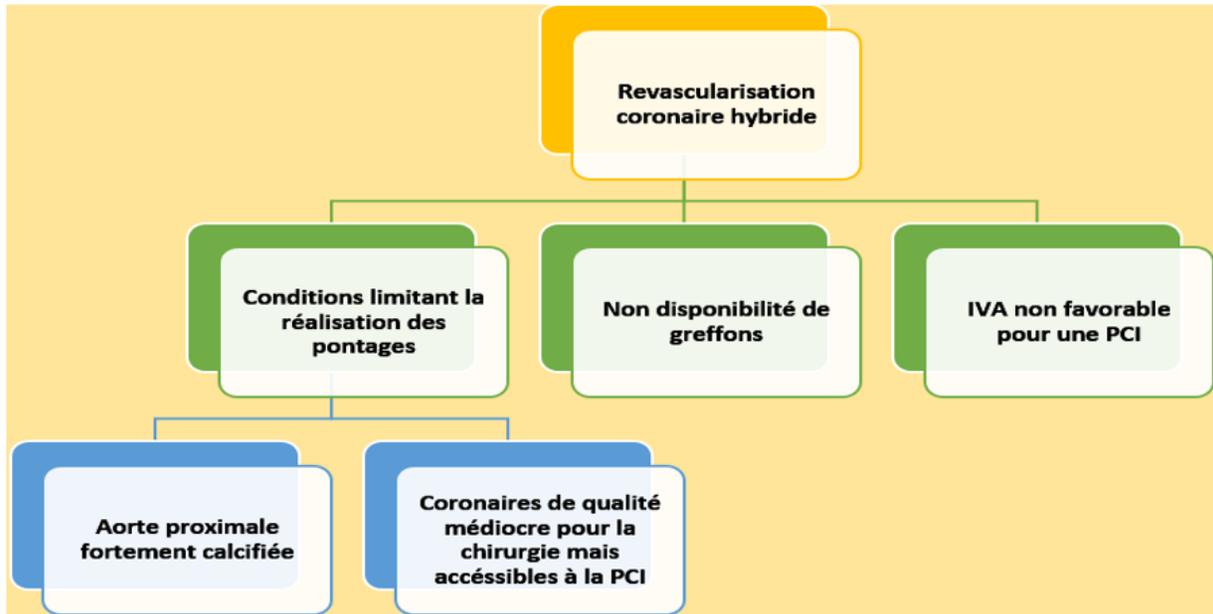


Figure 1 : Indications de la revascularisation coronaire hybride selon l’American College of Cardiology Foundation et l’American Heart Association.

IVA : artère interventriculaire antérieure.

PCI “percutaneous coronary intervention” : revascularisation coronaire percutanée.

Ces procédures hybrides peuvent être considérées comme une alternative au pontage coronaire ou à la revascularisation percutanée dans le but d’améliorer le rapport global des risques/bénéfices (classe II_b) [10]. Elles peuvent (classe II_b [3]) ou doivent (classe II_a [10]) l’être aussi pour des sous-groupes spécifiques de patients (fig. 1) et dans des centres expérimentés [3].

Chirurgie hybride de la crosse aortique

En dépit des avancées chirurgicales, la reconstruction de la crosse aortique demeure un défi, en particulier chez les patients âgés, chez les patients traités en urgence ou chez ceux avec des comorbidités importantes. La morbi-mortalité de cette chirurgie est

La solution était donc dans l’approche hybride, qui consiste en une transposition d’un ou de plusieurs troncs supra-aortiques, suivie par l’exclusion endovasculaire de la lésion. Les deux temps peuvent être concomitants ou séparés [11].

La transposition est réalisée pour créer une zone d’ancrage proximal pour l’implantation de l’endoprothèse tout en préservant la perfusion cérébrale et des membres supérieurs [12]. On évite ainsi l’arrêt circulatoire et l’utilisation de la circulation extracorporelle (CEC) [13].

Une segmentation anatomique, en zone de la crosse aortique a été proposée par Ishimaru en fonction du nombre de TSA qui doivent être exclus (fig. 2) [12] :

- Zone 0 : revascularisation de tous les TSA ;

- Zone 1 : revascularisation de la carotide commune gauche et de l'artère sous-clavière gauche (ASCG);
- Zone 2 : revascularisation de l'ASCG.

Le déploiement de l'endoprothèse peut se faire de manière rétrograde par l'artère fémorale ou antérograde à travers une trompe supplémentaire dans le greffon prothétique aorto-brachiocéphalique [11, 13].

Chirurgie hybride des troubles du rythme

Le traitement de la fibrillation atriale (FA) peut bénéficier d'une approche hybride qui combine l'ablation chirurgicale (épicardique) et l'ablation interventionnelle (endocardique) soit dans un seul temps ou en deux temps séparés par des jours ou semaines. Le but est d'optimiser les résultats en tirant de chaque procédure ses points forts tout en minimisant leurs limitations. En effet, la procédure chirurgicale permet d'éviter les lésions de l'œsophage et du nerf phrénique mais certains sites sont inaccessibles par voie épicardique (isthme tricuspide ou mitral) [14].

Chirurgie cardiaque pédiatrique hybride

Bien que la chirurgie demeure le traitement de référence de la plupart des pathologies cardiaques congénitales, l'approche interventionnelle est de plus en plus utilisée dans des lésions simples et même complexes. La combinaison entre les deux techniques contribuera à améliorer les résultats en réduisant la complexité du geste, la durée de la CEC et les risques de complications [2].

L'exemple type est la prise en charge de l'hypoplasie du cœur gauche. Dans ce cas, l'approche hybride permet d'éviter la CEC, la cardioplégie et l'arrêt circulatoire en période néonatale comme l'exige la procédure de Norwood, qui représente la technique chirurgicale la plus performante actuellement pour traiter cette pathologie [2, 15].

Le *stenting* du canal artériel avec cerclage des deux artères pulmonaires permet de repousser, de trois à six mois, la reconstruction de l'aorte et de l'intégrer ainsi dans la deuxième étape. Cette dernière comportera en plus de la dérivation cavo-pulmonaire partielle, l'ablation des cerclages, du stent et du canal artériel. La troisième étape qui reste inchangée, consiste à la réalisation d'une dérivation cavo-pulmonaire totale entre l'âge de 24 et 48 mois [15].

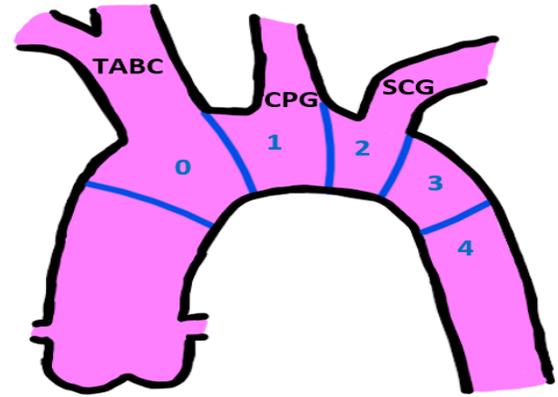


Figure 2 : Segmentation de la crosse aortique.

TABC : tronc artériel brachio-céphalique
CPG : artère carotide primitive gauche
SCG : artère sous-clavière gauche

Résultats

Il est difficile d'établir une évaluation généralisée des techniques hybrides vu la limitation des données sur les résultats, et l'évolution constante des techniques mini-invasives et percutanées [9]. Néanmoins, les expériences actuelles suggèrent qu'il s'agit de techniques sûres qui offrent d'excellents résultats à court et moyen terme [8].

Pour la pathologie coronaire, les techniques hybrides permettent, tout en évitant la CEC, le clampage aortique et la sternotomie, d'obtenir le bénéfice sur la survie, du pontage de l'IVA par l'artère mammaire interne, et de réaliser une revascularisation complète [8]. Dans une étude menée entre 2004 et 2015, la revascularisation coronaire hybride a été comparée à la revascularisation coronaire conventionnelle sous CEC. La médiane de suivi était de 96 mois (53-114 mois) et 70 mois (37-106 mois) respectivement. Après ajustement par le score de propension, il a été noté que la stratégie hybride était associée à un moindre taux de transfusion (25% vs 14% ; $p = 0,002$), une mortalité hospitalière plus faible (1,3% vs 0% ; $p = 0,008$), une durée d'hospitalisation plus courte ($6,7 \pm 4,7$ jours vs $4,5 \pm 2,1$ jours ; $p < 0,001$) et une moindre récurrence angineuse (absence d'angor dans 70% vs 91% ; $p < 0,001$). Pour les complications précoces (infarctus du myocarde, accidents vasculaires cérébraux, reprise pour hémostasie et recours à l'hémodialyse), la survie à moyen terme et la nécessité d'un nouveau geste de revascularisation, la différence n'était pas

significative. Les résultats de l'approche hybride étaient également favorables par rapport aux techniques à cœur battant (sans CEC) sur une médiane de suivi de 96 mois (53-115 mois) et 81 mois (48-113 mois) respectivement. Là aussi la durée d'hospitalisation était plus courte ($8,1 \pm 5,8$ jours vs $4,5 \pm 2,1$ jours ; $p < 0,001$) et la récurrence angineuse plus faible (absence d'angor dans 73% vs 90% ; $p < 0,001$). Le taux de reprises précoces pour révision du pontage de l'IVA était par contre plus élevé (3,4% vs 0% ; $p = 0,029$). La différence pour les autres paramètres (les complications précoces, la mortalité hospitalière, la survie à moyen terme et la nécessité d'un nouveau geste de revascularisation) n'était pas significative [8].

Dans l'étude de Harskamp [16], les techniques hybrides étaient associées à un taux plus faible de complications majeures (8,5% vs 15,5% ; $p = 0,005$) et de recours aux transfusions (21,6% vs 46,6% ; $p < 0,001$) avec des durées d'hospitalisation plus courtes (< 5 jours : 52,6% vs 38,1% ; $p = 0,001$). Les taux de mortalité à trois ans de suivi étaient similaires (8,8% vs 10,2% ; $p = 0,72$).

L'avantage des techniques hybrides en termes de recours aux transfusions et des durées d'hospitalisation et de convalescence a été noté dans deux méta-analyses [17, 18]. Il n'y avait pas de différence en termes de mortalité, d'infarctus du myocarde et d'accidents vasculaires cérébraux. Par contre, la première méta-analyse a noté qu'après trois ans de suivi, le recours à un nouveau geste de revascularisation était plus élevé pour les techniques hybrides (8,3% contre 3,4% ; $p < 0,001$) [17].

Malgré cette dernière constatation, le caractère sûr de l'approche hybride est largement approuvé. Les résultats d'une étude randomisée, regroupant 200 patients, ont été publiés après 12 mois et 5 ans de suivi, respectivement [19, 20]. La mortalité, les taux d'infarctus de myocarde, d'accidents vasculaires cérébraux, et même de recours à un nouveau geste de revascularisation, étaient similaires pour les deux stratégies.

En ce qui concerne les lésions de la crosse aortique. La mortalité péri-opératoire varie entre 3 et 22% pour la chirurgie conventionnelle, et entre 0 et 25% pour les techniques hybrides [21].

Dans une étude multicentrique, la mortalité péri-opératoire de la chirurgie conventionnelle était

estimée à 15,9%, les accidents vasculaires cérébraux, et les paraplégies ou les paraparésies ont été observés dans 7,7 et 7,5% respectivement [22].

Pour la stratégie hybride, la mortalité moyenne a été estimée dans une revue de la littérature à 10,8%. Le taux d'accidents vasculaires cérébraux à 6,9% et d'ischémie médullaire à 6,8% [23].

Les résultats des deux techniques sont donc similaires [12]. Néanmoins, il faut souligner le biais de sélection qui existe dans la plupart des séries puisque les patients soumis au traitement hybride sont souvent à haut risque. Pour ces patients la chirurgie conventionnelle est contre-indiquée [12], ils sont donc automatiquement exclus [21].

L'ablation interventionnelle (endocardique) est considérée comme le traitement de choix des fibrillations atriales paroxystiques symptomatiques. Cependant, ses résultats dans le traitement de la FA permanente sont moins convaincantes [24]. Dans une méta-analyse, le taux de réussite dans ce type de FA était seulement de 43% à 2,1 ans de suivi [25].

Avec l'approche chirurgicale, selon la technique de Cox-Maze III, le taux de réussite atteint les 93 % à 5,9 ans de suivi [26]. Cependant, la complexité technique de ce type de chirurgie qui exige une CEC, et son taux de mortalité (1 à 2%), la rendent moins attractive [14, 24].

Le but de l'approche hybride est d'obtenir un taux de réussite aussi élevé que celui des techniques conventionnelles, tout en étant moins agressif [24]. Dans une étude mono-centrique, les résultats étaient plutôt encourageants ; les taux de réussite pour la FA permanente étaient, respectivement, de 82%, 79% et 79%, à 1, 2 et 3 ans de suivi. Aucun décès n'a été déploré [27]. D'autres séries mono-centriques ont eu d'aussi bon résultats avec des taux de réussite allant de 77,7% à 93% [28-30].

Dans une revue systématique incluant 35 articles, une large variabilité du taux de succès de l'approche hybride est notée. Ce taux variait de 27 à 87%, à 2,2 ans de suivi [31]. Cette fluctuation peut être expliquée par les différences dans : la sélection des patients, l'expérience des opérateurs, les technologies spécifiques utilisées pour l'ablation et les entités lésionnelles [14]. Les complications majeures étaient notées, quant à elles, dans 7% des cas et la mortalité était estimée à 1,6% [31].

En l'absence d'études randomisées prospectives, la valeur de l'approche hybride pour le traitement de la FA par rapport à l'ablation chirurgicale ou interventionnelle reste donc incertaine [14].

Pour les cardiopathies congénitales, les progrès techniques, une meilleure prise en charge aux soins intensifs et la maîtrise de la physiopathologie, ont un impact réel sur la mortalité opératoire des techniques chirurgicales conventionnelles. Celle-ci reste, cependant, élevée notamment dans certaines malformations complexes [32].

Dans l'hypoplasie du cœur gauche, la mortalité de la procédure de Norwood classique n'est plus à 80 %, mais avoisine toujours les 20 % même dans les très grands centres. La version hybride de cette technique semble améliorer la survie et diminuer la morbidité et la durée d'hospitalisation [32]. La confirmation statistique se heurte cependant au nombre limité de patients dans les séries publiées regroupant des populations hétérogènes [15].

Dans une étude rétrospective comparant les deux approches chez les nouveau-nés à haut risque, la mortalité hospitalière était significativement plus faible dans le groupe hybride (4% vs 31% ; p = 0,019). La survie globale à un an était également plus élevée dans certains sous-groupes : chez les nouveau-nés de moins de 2,6 kg (83% contre 25% ; p = 0,013) et chez les prématurés (70% contre 0% ; p = 0,003) [33].

Conclusion

Les techniques hybrides ouvrent de nouvelles perspectives dans la prise en charge des pathologies cardiovasculaires. Elles permettent d'offrir aux patients, en fusionnant deux types de procédures, le meilleur de chacune.

Conflits d'intérêt

L'auteur ne déclare aucun conflit d'intérêts.

Références

1. Loisançe, D. (2010). Les techniques hybrides : la révolution en chirurgie. *e-mémoires de l'Académie Nationale de Chirurgie*, 9(2), 06-10
2. Nollert, G., Hartkens, T., Figel, A., Bulitta, C.,

- Franziska Altenbeck, F., Gerhard, V. The Hybrid Operating Room. In *Special Topics in Cardiac Surgery* ; Narin C Eds ; Ed InTech, Rijeka, Croatia, 2012;73-106
3. Neumann, F.J., Sousa-Uva, M., Ahlsson, A., Alfonso, F., Banning, A.P., Benedetto, U. (2019). 2018 ESC/EACTS Guidelines on myocardial revascularization. *Eur. Heart. J.*,40(2),87-165
4. Grandjean, J.G. (2007). Hybrid cardiac procedure : the ultimate cooperation. *Netherlands Heart Journal*,15(10), 327-328
5. Nollert, G., Wich, S., Hartkens, T., Figel, A. Cardiovascular hybrid operating rooms. In *Endovascular and Hybrid Therapies for Structural Heart and Aortic Disease* ; Kpodonu J, Bonan R Eds ; Ed John Wiley & Sons, Oxford, UK, 2013 ; 121-130
6. Lapointe, A., Lepanto, L. Les salles opératoires hybrides. Direction de l'évaluation des technologies et des modes d'intervention en santé (DETMIS). Montréal 2010. Docplayer. Disponible online: <https://docplayer.fr/11793480-Les-salles-operatoires-hybrides.html> (consulté le : 01, Juillet, 2019)
7. Margas, J.M., Faure, F. (2015) Salle hybride : un projet à part entière. *IRBM News*,36(6), 163-164
8. Kiaii, B., Giambruno, V., Teefy, P., Chu, M.W.A., Sridhar, K. Hybrid Coronary Revascularization. In *Atlas of cardiac surgical techniques* ; Sellke FW, Ruel M Eds ; Ed Elsevier 2019 ; 83-102
9. Mick, S., Keshavamurthy, S., Mihaljevic, T., Bonatti, J. Robotic and alternative approaches to coronary artery bypass grafting. In *Sabiston and Spencer Surgery of the chest* ; Sellke FW, Del Nido PJ, Swanson SJ Eds ; Ed Elsevier 2016 ; 1603-1615
10. Hillis, L.D., Smith, P.K., Anderson, J.L., Bittl, J.A., Bridges, C.R., Byrne, J.G. (2011). 2011 ACCF/AHA Guideline for Coronary Artery Bypass Graft Surgery : A Report of the American College of Cardiology Foundation/American Heart Association Task Force on Practice Guidelines. *J. Am. Coll. Cardiol.*,58(24), e123-210

11. Sultan, I., Bavaria, J.E., Szeto, W.Y. Thoracic Endovascular Aortic Repair for Descending Thoracic Aortic and Aortic Arch Aneurysms. In Atlas of cardiac surgical techniques ; Sellke FW, Ruel M Eds ; Ed Elsevier 2019 ; 455-476
12. Canaud, L., Marty-Ané, C., Alric, P. (2016). Chirurgie hybride des lésions de la crosse aortique. *EMC Techniques chirurgicales - Chirurgie vasculaire*, 11(3), 1-9
13. Yanagawa, B. et Peterson, M.D. Hybrid endovascular aortic arch surgery. In Endovascular and Hybrid Therapies for Structural Heart and Aortic Disease ; Kpodonu J, Bonan R Eds ; Ed John Wiley & Sons, Oxford, UK 2013 ; 50-73
14. Morady, F. et Zipes, D.P. Atrial Fibrillation : Clinical Features, Mechanisms, and Management. In Braunwald's Heart Disease : A Textbook of Cardiovascular Medicine, Zipes, D.P., Libby, P., Bonow, R.O., Mann, L.M., Tomaselli, G.F. Eds ; Ed Elsevier 2019 ; 730-752
15. Bonnefoy, R., Beyler, C., Lupoglazoff, J.M. (2014). Hypoplasie du ventricule gauche. *EMC – Cardiologie*, 9(3), 1-7
16. Harskamp, R.E., Vassiliades, T.A., Mehta, R.H., de Winter, R.J., Lopes, R.D., Xian, Y. (2015). Comparative Effectiveness of Hybrid Coronary Revascularization vs Coronary Artery Bypass Grafting. *J. Am. Coll. Surg.*,221(2), 326-34.e1
17. Harskamp, R.E., Bagai, A., Halkos, M.E., Rao, S.V., Bachinsky, W.B., Patel, M.R. (2014). Clinical outcomes after hybrid coronary revascularization versus coronary artery bypass surgery: a meta-analysis of 1.190 patients. *Am. Heart J.*,167(4), 585-592
18. Zhu, P., Sun, Y., Guo, Y., Mai, M., Zheng, S. (2015). Hybrid coronary revascularization versus coronary artery bypass grafting for multivessel coronary artery disease: systematic review and meta-analysis. *J. Cardiothorac. Surg.*,10:63
19. Gąsior, M., Zembala, M.O., Tajstra, M., Filipiak, K., Gierlotka, M., Hrapkowicz, T. (2014). Hybrid revascularization for multivessel coronary artery disease. *JACC. Cardiovasc. Interv.*,7(11),1277-1283
20. Tajstra, M., Hrapkowicz, T., Hawranek, M., Filipiak, K., Gierlotka, M., Zembala, M. (2018). Hybrid Coronary Revascularization in Selected Patients With Multivessel Disease: 5-Year Clinical Outcomes of the Prospective Randomized Pilot Study. *JACC. Cardiovasc. Interv.*,11(9), 847-852
21. Bashir, M., Harky, A., Bilal, H. (2019). Is there a prospect for hybrid aortic arch surgery?. *Gen. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 67(1), 132-136
22. Leontyev, S., Tsagakis, K., Pacini, D., Procópio, R.J., Reis Filho, F.A.R., Lima, L.C.M. (2016). Impact of clinical factors and surgical techniques on early outcome of patients treated with frozen elephant trunk technique by using EVITA open stent-graft: results of a multicentre study. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*,49(2), 660-666
23. Cao, P., De Rango, P., Czerny, M., Evangelista, A., Fattori, R., Nienaber, C. (2012). Systematic review of clinical outcomes in hybrid procedures for aortic arch dissections and other arch diseases. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*,144(6), 1286-1300.e13002
24. Vroomen, M., La Meir, M., Maesen, B., Luermans, J.G.L., Vernooy, K., Essers, B. (2019). Hybrid thoracoscopic surgical and transvenous catheter ablation versus transvenous catheter ablation in persistent and longstanding persistent atrial fibrillation (HARTCAP-AF): study protocol for a randomized trial. *Trials*,20(1), 370:3365-9
25. Clarnette, J.A., Brooks, A.G., Mahajan, R., Elliott, A.D., Twomey, D.J., Pathak, R.K. (2018). Outcomes of persistent and long-standing persistent atrial fibrillation ablation: a systematic review and meta-analysis. *Europace*,20(FI_3) :366-376
26. Weimar, T., Schena, S., Bailey, M.S., Maniar, H.S., Schuessler, R.B., Cox, J.L. (2012). The cox-maze procedure for lone atrial fibrillation: a single-center experience over 2 decades. *Circ. Arrhythm. Electrophysiol.*,5(1) : 8-14
27. Maesen, B., Pison, L., Vroomen, M., Luermans, J.G., Vernooy, K., Maessen, J.G. (2018). Three-

- year follow-up of hybrid ablation for atrial fibrillation. *Eur. J. Cardiothorac. Surg.*,53(suppl-1):26-32
28. Pison, L., La Meir, M., van Opstal, J., Blaauw, Y., Maessen, J., Crijns, H.J. (2012). Hybrid thoracoscopic surgical and transvenous catheter ablation of atrial fibrillation. *J. Am. Coll. Cardiol.*, 60(1), 54-61
29. Muneretto, C., Bisleri, G., Bontempi, L., Curnis, A. (2012). Durable staged hybrid ablation with thoracoscopic and percutaneous approach for treatment of long-standing atrial fibrillation: a 30-month assessment with continuous monitoring. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*,144(6), 1460-1465
30. Kurfirst, V., Mokraček, A., Bulava, A., Čanadyova, J., Haniš, J., Pešl, L. (2014). Two-staged hybrid treatment of persistent atrial fibrillation: short-term single-centre results. *Interact. Cardiovasc. Thorac. Surg.*,18(4), 451-456
31. Vroomen, M., Pison, L. (2016). Hybrid ablation for atrial fibrillation: a systematic review. *J. Interv. Card. Electrophysiol.*,47(3), 265-274
32. Di Bernardo, S., Sekarski, N., Mivelaz, Y., Fall, A.L., von Segesser, L.K., Hurni, M. (2008). Interventions hybrides et malformations cardiaques congénitales. *Rev. Med. Suisse.*,4:788-92
33. Nwankwo, U.T., Morell, E.M., Trucco, S.M., Morell, V.O., Kreutzer, J. (2018). Hybrid Strategy for Neonates With Ductal-Dependent Systemic Circulation at High Risk for Norwood. *Ann. Thorac. Surg.*, 106(2), 595-601