



collaboration with the departments of cardiac surgery of Caen University Hospital and Pitié-Salpêtrière University Hospital in Paris. Once available in our ICU, ECMO indications have been extended to treat patients with refractory cardiac arrest and non-toxic cardiogenic shock (using veno-arterial ECMO) and patients with acute respiratory distress syndrome, mainly resulting from viral and bacterial pneumonitis (using venovenous ECMO). Surgical as well as percutaneous femoral cannulation represents an invasive and complex intervention, with significant risks of life-threatening complications. In the absence of robust training and prolonged experience, as reached by the physicians in our team, femoral cannulation should be only performed by vascular surgeons, cardiac surgeons or trained intensivists, including within a mobile ECMO team at the patient's bedside in the ICU. Decision to cannulate, for ECMO monitoring, and to wean ECMO require theoretical knowledge and prolonged experience. Practical procedures should be set-up by the ICU physicians and care-givers, in collaboration with a cardiac surgery department. However, several significant complications may occur, compromising ECMO-treated patient's survival. A minimal number of ECMO-treated patients per year per center seem requested to maintain a motivated and trained ICU team. Thus, based on our large experience, we recommend that ECMO should only be performed by trained multidisciplinary specialized medicosurgical teams.

**Keywords** Extracorporeal membrane oxygenation · ECMO · Femoral cannulation · Cardiac surgery · Acute poisoning · Cardiotoxicant · Cardiac arrest · Acute respiratory distress syndrome

## Introduction

Pour permettre la survie de patients avec de graves défaillances d'organe, la réanimation s'est tournée vers une panoplie de plus en plus large de thérapeutiques pharmacologiques et mécaniques pour pallier aux fonctions défaillantes. Ainsi, avec le progrès technique et la miniaturisation d'appareils de plus en plus sophistiqués, il a été possible de développer en réanimation des techniques d'assistance circulatoire ou respiratoire périphérique extracorporelle pour pouvoir traiter les patients présentant une insuffisance respiratoire ou cardiocirculatoire réfractaire aux traitements conventionnels.

Ces techniques d'assistance utilisent en fait des circuits de circulation extracorporelle (CEC) développés en chirurgie cardiaque depuis plus d'une cinquantaine d'années. Elles revêtent deux cadres distincts :

- l'*extracorporeal membrane oxygenation* veinoveineuse (ECMO-vv), ayant pour objectif la suppléance exclusive

des poumons défaillants, utilisant une CEC veinoveineuse pour oxygéner et décarboxyler le sang à l'aide d'un oxygénateur à membrane ;

- l'*extracorporeal membrane oxygenation* veinoartérielle (ECMO-va) ou *extracorporeal life support* (ECLS), ayant pour objectif de suppléer le cœur défaillant, utilisant une CEC artérioveineuse mais nécessitant également du fait du shunt droit-gauche qu'elle entraîne, l'interposition d'un oxygénateur.

De façon schématique, le circuit d'ECMO se compose d'une canule de décharge veineuse (19 à 33 Fr, pour l'aspiration du sang à l'entrée de l'oreillette droite), d'une pompe centrifuge électrique qui génère un débit continu (entre 2 et 5 l/min), d'un oxygénateur à membrane et d'une ligne de réinjection du sang oxygéné (15 à 19 Fr) soit en veineux (ECMO-vv), soit en artériel (ECMO-va).

Depuis une dizaine d'années, le champ d'utilisation de l'ECMO s'est élargi, non seulement pour traiter en chirurgie cardiaque des situations de défaillances cardiorespiratoires aiguës (défaillance postcardiotomie, défaillance primaire du greffon en transplantation cardiaque, angioplasties ou valvuloplasties percutanées à risque...) ou chroniques (insuffisance cardiaque chronique décompensée en attente d'implantation d'une prothèse cardiaque ou de transplantation...), mais également pour apporter une possible solution thérapeutique à une défaillance cardiorespiratoire aiguë en réanimation au décours d'une pathologie médicale. Il est ainsi apparu que des situations responsables de choc cardiogénique ou d'insuffisance respiratoire possiblement réversibles pouvaient bénéficier d'une technique d'assistance de courte durée. Cinq indications principales ont été développées en réanimation pour l'ECMO-av : l'hypothermie, les myocardites fulminantes, l'arrêt cardiaque (ACR) intrahospitalier, le choc cardiogénique à la phase aiguë de l'infarctus du myocarde et les intoxications graves par médicaments cardiotropes. Une autre indication s'est aussi développée chez les patients victimes d'ACR réfractaire extrahospitalier. Par ailleurs, l'ECMO-vv est venue compléter l'arsenal disponible pour la prise en charge des patients en syndrome de détresse respiratoire aiguë réfractaire à la ventilation mécanique optimisée et aux mesures thérapeutiques associées. Ce développement s'est accéléré dans les trois dernières années avec la pandémie de grippe H1N1, ayant permis à de nombreux services de réanimation de se doter de cette technique.

Le but de cet article est de rapporter l'expérience d'un service de réanimation médicale situé dans un hôpital dépourvu de chirurgie cardiaque et qui a développé ces deux techniques d'ECMO-va et d'ECMO-vv. Cette expérience sera utile au jury pour formuler des recommandations quant aux conditions optimales de réalisation de l'ECMO-vv et de l'ECMO-va en réanimation médicale.

## Développement de l'ECMO en réanimation médicale

L'ECMO est disponible depuis 2003 dans le service de réanimation médicale et toxicologique à l'hôpital Lariboisière dirigé par le Pr Baud. L'implantation de cette technique dans le service s'est faite en étroite collaboration avec les équipes de chirurgie cardiovasculaire des hôpitaux universitaires de Caen (Pr Khayat) et de la Pitié-Salpêtrière (Prs Gandjbakhch, Pavie et Leprince).

Notre service, spécialisé dans le traitement des intoxications graves y compris par cardiotropes, recevait des patients présentant ou à fort risque de développer un état de choc cardiogénique grave, voire un arrêt circulatoire. Mais en l'absence de réponse aux thérapeutiques pharmacologiques (y compris aux antidotes et catécholamines à fortes doses) et malgré une prise en charge spécialisée et optimisée, la mortalité de ces patients, souvent jeunes, était élevée et semblait incompressible [1]. Ainsi, jusqu'en 2002, la mortalité des patients intoxiqués par cardiotropes et recevant une perfusion continue d'adrénaline était de l'ordre de 20 %, et ce, de façon quasi inchangée depuis les années 1990, malgré la meilleure connaissance des facteurs pronostiques et l'optimisation de l'utilisation des antidotes disponibles. Ainsi, devant l'échec des traitements médicamenteux, l'électrostimulation d'un myocarde sévèrement défaillant ou la mise en place d'un ballonnet de contre-pulsion intra-aortique se révélaient insuffisantes et ne semblaient pas aptes à rendre réversible une situation circulatoire déjà désespérée [2]. De plus, jusqu'au début des années 2000, seule une assistance cardiaque réalisée par sternotomie au bloc opératoire de chirurgie cardiaque constituait une possible alternative thérapeutique, capable de substituer au cœur défaillant une pompe extracorporelle permettant d'assurer la perfusion des organes (y compris le cerveau), le métabolisme hépatique du toxique et son élimination rénale ou biliaire, garants d'une réversion du tableau toxique. Mais cette technique était invasive, complexe à mettre en place... et notre hôpital n'était plus doté d'un service de chirurgie cardiothoracique pour réaliser ce type de technique de sauvetage. Il était alors nécessaire de transférer ces patients intoxiqués en grande défaillance circulatoire ou sous massage cardiaque externe vers le service de chirurgie cardiaque d'un hôpital de voisinage, afin d'y mettre en place une telle assistance.

Les débuts du développement de l'ECMO-va hors du bloc de chirurgie cardiaque et notre volonté farouche de mettre à disposition dans notre service tous les moyens possibles permettant d'offrir un espoir d'optimisation de la prise en charge des patients gravement intoxiqués que nous recevions finirent par nous convaincre de l'intérêt de développer l'ECMO dans notre service, même en l'absence d'un service de chirurgie cardiaque à proximité immédiate. Pour cela, il fallut tisser des liens étroits avec les deux services de chirur-

gie cardiaque s'intéressant à l'époque à la technique d'assistance périphérique, à savoir ceux de l'hôpital universitaire de Caen et de la Pitié-Salpêtrière à Paris, qui accompagnèrent le développement de l'ECMO dans notre service de réanimation. Des liens de compagnonnage se développèrent nous permettant de former l'équipe médicale et paramédicale du service, non seulement aux principes de l'ECMO mais également à la canulation chirurgicale ou percutanée et à la surveillance des patients traités par ECMO-va ou ECMO-vv. En parallèle, nous conduisîmes plusieurs travaux scientifiques dans le service nous permettant de mieux caractériser les indications (ou absence d'indications) ainsi que les conditions de sevrage de l'ECMO, chez les patients dont nous avions la charge.

La formation à la technique d'ECMO fut progressive sur plusieurs mois. Quatre médecins temps plein du service furent formés à la canulation chirurgicale fémorale, avec un enseignement théorique, un apprentissage à la dissection sur cadavres, un stage au bloc opératoire et puis surtout une mise en application chez le patient en réanimation encadrée par un chirurgien cardiaque. Ainsi, les premiers patients traités dans notre service le furent tous en présence sur place du chirurgien cardiaque (équipe du Pr Leprince), initialement venant d'ailleurs avec son matériel chirurgical propre, le temps que nous nous outillâmes avec le matériel adéquat. Nous avons privilégié l'abord chirurgical fémoral avec dissection et exposition des faces antérieures de la veine et de l'artère fémorale, pour faciliter la canulation des vaisseaux chez des patients souvent en bas débit extrême ou en arrêt circulatoire et donc avec un pouls fémoral peu palpable [3]. Plus tard, avec la mise sur le marché de canules mieux profilées, l'abord percutané fut simplifié et sécurisé. Celui-ci restait néanmoins réservé dans notre pratique aux sujets non obèses et avec pouls palpables, en raison du risque majeur d'hématome et de saignements au site de canulation. Par la suite, l'intérêt allant croissant des cardiologues pour cette technique et l'élargissement de nos indications aux chocs non toxiques nous donnèrent aussi la possibilité d'une canulation percutanée sur table de coronarographie, sous contrôle scopique, notamment chez des patients transférés par le Smur pour ACR récupéré mais recevant à l'arrivée à l'hôpital de fortes doses d'adrénaline, reflétant alors généralement une dysfonction cardiaque de sévère extrême.

En termes de matériel, le service s'est rapidement doté de tous les matériaux indispensables à la mise en place de l'ECMO : deux pompes centrifuges Rotaflo<sup>TM</sup> Jostra-Maquette avec oxygénateurs à membrane, une réserve de kits de circuits et de canules artérielles et veineuses de différents calibres (pour faire face à toutes les situations : sujets obèses, de petite ou grande taille, vaisseaux filiformes ou larges...), deux boîtes de chirurgie pour dissection fémorale, un système de massage cardiaque automatique de type Lucas<sup>TM</sup>, plusieurs appareils de bistouris électriques, des

scialytiques... Il a fallu également mettre au point des procédures pour l'entretien, la stérilisation et le renouvellement de ces matériaux, au vu du rythme rapidement croissant d'ECMO que nous étions amenés à pratiquer. D'emblée, en raison de l'espoir suscité par les premiers cas de guérison de patients gravement intoxiqués avec ECMO et malgré les résultats parfois décevants de l'application de cette technique à l'ACR réfractaire, un vent d'intérêt a soufflé dans l'équipe, soudant les personnels et motivant les médecins et paramédicaux à la tâche. Notre équipe avait réussi son pari de pouvoir offrir à Paris, et pour toute la région parisienne, un plateau d'ECMO accessible 24 heures/24 et 7 jours/7, et ce, en l'absence sur place de chirurgien cardiaque. D'ailleurs à deux ou trois reprises, l'équipe a été sollicitée pour la mise en place d'une ECMO, devant l'indisponibilité de l'équipe chirurgicale de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière.

Ainsi, au cours des dix dernières années, environ 332 ECMO ont été réalisées chez 326 patients, par implantation fémorofémorale [4]. Les deux indications privilégiées sont la défaillance cardiaque toxique (environ un tiers) et l'ACR réfractaire (environ un tiers). Les autres indications développées dans notre service étaient l'ECMO-av pour choc post-ACR en rapport avec un infarctus du myocarde ou une embolie pulmonaire massive et l'ECMO-vv pour SDRA en rapport avec une pneumopathie bactérienne, un syndrome de Mendelson ou une intoxication par toxique lésionnel pulmonaire. Malgré une baisse significative du nombre d'ECMO posées et prises en charge dans notre service depuis les deux dernières années, baisse attribuable à l'augmentation du nombre de services de réanimation en région parisienne disposant désormais d'appareils d'ECMO et à l'institutionnalisation de l'équipe mobile d'ECMO de la Pitié-Salpêtrière systématiquement sollicitée pour la canulation dans les hôpitaux non dotés de chirurgie cardiaque, nous continuons d'effectuer environ une trentaine d'ECMO-av ou d'ECMO-vv par an.

### **La canulation fémorale chirurgicale pour ECMO-va par un médecin réanimateur : une spécificité de notre équipe**

Nous rapportons brièvement le descriptif de la technique de canulation fémorale chirurgicale pour la mise en place d'une ECMO-va pratiquée par un médecin réanimateur formé de notre équipe. Dans certaines régions en France, une équipe mobile d'assistance circulatoire (UMAC) comprenant notamment un chirurgien cardiovasculaire et un perfusionniste entraînés se déplace vers les structures hospitalières dépourvues d'équipes chirurgicales spécialisées pour mettre en place l'ECMO. Dans notre service, la technique de canulation a été apprise et maîtrisée par quatre médecins temps plein. Sa pratique chez le patient a nécessité un accompagne-

ment progressif de chaque nouvelle personne formée, par l'une de celles précédemment formées. Le temps requis pour la pose (délai entre l'incision et l'obtention d'un débit d'ECMO) dans des mains de médecins non chirurgiens est de l'ordre de 10–15 minutes dans notre centre, délai comparable à ceux rapportés par les équipes chirurgicales.

Sous anesthésie générale, la procédure commence avec une incision au niveau de l'aîne après avoir repéré le poulx si présent. L'incision arciforme externe de 4 ou 5 cm de longueur donne accès aux vaisseaux fémoraux. Après dissection de l'étage lymphatique, on accède à la loge vasculaire avec repérage de l'artère en position latérale et de la veine en position médiane. On dissèque, sur quelques centimètres, l'artère fémorale qu'il est souhaitable de contrôler sur lacs aux deux extrémités du site de canulation. La dissection se prolonge en aval au niveau des premiers centimètres de l'artère fémorale superficielle et à l'origine de l'artère fémorale profonde. Après avoir préparé l'axe artériel, on procède à la dissection de la veine fémorale commune jusqu'au niveau de l'abouchement de la veine saphène. À ce moment, les canules adaptées au diamètre des vaisseaux sont préparées et humidifiées avec les introducteurs et les guides. Pour une question d'encombrement, on débutera par la canulation de la veine fémorale. En utilisant la technique Seldinger, on ponctionne la veine fémorale commune, on introduit le guide jusqu'au médiastin. Sur ce guide malléable, on monte successivement trois dilateurs qui permettront d'effectuer une pré-dilatation de la veine puis on monte la canule elle-même montée sur un dernier guide. Cette canulation se fait sans difficulté avec une canule qui glisse le long du guide jusqu'au niveau de l'oreillette droite. Au fur et à mesure que l'on monte la canule, on retire le guide et on terminera la canulation avec le clamage de l'extrémité distale de la canule veineuse. On procède alors à la purge de la ligne veineuse. La canulation artérielle s'effectue de la même façon selon la technique Seldinger avec l'introduction d'un guide souple qui est monté le long de l'axe iliofémoral sur une longueur d'environ 30 cm. Sur ce guide, on monte un premier dilateur, puis un deuxième dilateur, puis un troisième monté sur la canule artérielle. Une fois la canule artérielle positionnée, on retire le guide et la canule d'introduction et on clampé l'extrémité distale de la canule en place. Il est possible mais non obligatoire de faire une bourse autour des canules en place dans les vaisseaux, en fonction de la situation, afin d'assurer l'hémostase locale. Une fois les deux vaisseaux fémoraux canulés, les canules sont connectées au circuit de CEC, en faisant attention à ne laisser aucune bulle d'air dans le circuit, puis la pompe d'ECMO est mise en route et les différents clamps du circuit de CEC ouverts.

En raison du caractère obstructif de l'artère fémorale par la canule artérielle, la réalisation d'un shunt fémoral superficiel est requise pour éviter l'ischémie aiguë du membre, complication importante et aux conséquences dramatiques

chez un sujet survivant après ECMO. Celui-ci peut être mis en place avant démarrage de l'ECMO en présence d'une certaine stabilité hémodynamique ou après démarrage de l'ECMO, en cas d'instabilité majeure ou d'ACR. Après une période de stabilisation variable de quelques minutes, on vérifie que le drainage par la ligne veineuse est correct, et une fois vérifié le bon fonctionnement de la pompe, on procède à la fixation des canules à la peau. Le shunt artériel est connecté à la canule artérielle, après clampage bref. Une fois l'hémostase du site opératoire vérifiée, la sous-peau puis la peau sont alors suturées et un pansement hermétique et compressif effectué. En cas de plaie profonde ou de site hémorragique, il peut être conseillé de laisser en place un drainage.

Le développement de canules mieux profilées a permis par la suite d'envisager, dans certains cas, la possibilité d'une canulation percutanée. Celle-ci reste compliquée en cas d'ACR, en l'absence de pouls palpable. Chez un patient présentant un état de choc cardiogénique ou un SDRA à haut risque d'aggravation vers une forme réfractaire aux thérapies conventionnelles, il est aussi possible de poser au préalable des cathéters monovoies dans chacun des vaisseaux à canuler ultérieurement, afin de faciliter le geste au moment où il sera indiqué.

Contrairement à la canulation, la décanulation est un geste chirurgical programmé, réalisé à froid et obligatoirement assuré par un chirurgien cardiaque ou vasculaire, en raison de la nécessité de réparation éventuelle des vaisseaux lésés. L'indication est posée une fois que le patient valide les critères hémodynamiques et respiratoires publiés de sevrabilité de l'ECMO (*bridge to recovery*). Cela justifie encore plus la parfaite coopération avec un service de chirurgie cardiaque. En cas de non-sevrabilité et après s'être assuré de l'absence d'atteinte significative des fonctions supérieures (triage neurologique), le patient est transféré vers le service de chirurgie cardiaque, pour la mise en place d'une assistance ventriculaire de plus longue durée (*bridge to bridge*), voire pour une transplantation cardiaque (*bridge to transplantation*).

## Rôle et formation de l'équipe paramédicale

Le succès de la mise en place de l'ECMO en réanimation médicale ne peut être basé que sur la seule formation des médecins à la technique. La préparation et la maintenance du dispositif d'ECMO sont idéalement effectuées par un perfusionniste, bien que cette compétence puisse être acquise par une formation appropriée. En l'absence de perfusionnistes diplômés, notre équipe d'infirmiers de réanimation a dû acquérir une expérience solide, notamment pour la gestion du temps de la canulation chirurgicale et la surveillance du patient traité en ECMO-va. Les nombreuses formations dis-

pensées depuis 2002, sous forme de cours magistraux et d'ateliers pratiques, ont permis au personnel paramédical de notre service, à chacun de ses échelons, de mettre en place des protocoles spécifiques pour la prise en charge et la surveillance d'une ECMO [5]. En raison des risques de complications significatives, une rigueur extrême et une vigilance constante ont été constamment demandées au personnel paramédical impliqué dans le soin de ces patients, la place de chaque acteur suivant un protocole prédéterminé pour la bonne mise en place de la technique. Nous décrirons, par souci de simplification, la démarche des intervenants paramédicaux au cours de la canulation d'un patient pour mise en place d'une ECMO-va. Celle-ci est évidemment bien plus complexe que la canulation pour ECMO-vv, requérant l'intervention de moyens humains bien moindres.

## Avant la décision d'implantation d'une ECMO

Le matériel nécessaire à la mise en place d'une ECMO est préparé et installé dans la chambre avant l'arrivée du patient (Tableau 1). Deux scialytiques sont positionnés de chaque côté du lit. La ventilation mécanique est adaptée avec monitoring de l'EtCO<sub>2</sub>. Le système de massage cardiaque automatique est préparé et raccordé aux fluides (air ou O<sub>2</sub>). Un scope/défibrillateur est installé dans la chambre, les électrodes de défibrillation devant être placées sur le patient avant la mise en place des champs opératoires lors de la canulation. Un ballon autoremplisseur à valve unidirectionnelle (Bavu) vérifié est raccordé à une source d'O<sub>2</sub>, et une cardiopompe est mise à portée de mains en cas de dysfonctionnement du système de massage automatique.

## Au moment de la canulation

Généralement, l'intervention directe de trois infirmiers et deux aides-soignants est requise. La répartition de la prise en charge des autres patients du service doit alors être réajustée pendant cette phase critique qui peut durer de deux à trois heures. Dès la décision prise de canulation d'un patient, les différents intervenants se répartissent les tâches avec une véritable division du travail de type keynésienne (Fig. 1).

## L'infirmier se positionnant à la tête du patient

Il est responsable de la préparation de la chambre avant l'arrivée du patient. Il assiste le médecin pour la réalisation de l'anesthésie puis de la sédation. Il aide à la fixation des champs opératoires. Il assure la surveillance de la ventilation mécanique et de l'administration des thérapeutiques (analgésiques, catécholamines, antibiotiques) au cours de la canulation. Il assure la surveillance neurologique du patient, avec utilisation d'une feuille de surveillance neurovasculaire

**Tableau 1** Liste du matériel nécessaire à la canulation et décanulation chirurgicale dans une unité de réanimation

<p>Matériel nécessaire à la canulation chirurgicale</p> <p>Un paquet de grands champs (trousse universelle de bloc) 10 à 20 paquets de compresses avec double emballage Un système d'aspiration complet (bocal, poche réceptacle, stop-vide, canule d'aspiration) Un paquet de masques THF, cagoules, surchaussures, gants stériles Trois casaques chirurgicales stériles Une boîte à instruments pour canulation périphérique vérifiée Un bistouri électrique, pièce à main et plaque neutre vérifiés (la plaque neutre doit être installée avant la mise en place des champs opératoires) Deux scalpels n° 11 ou 23 selon l'opérateur Deux poches de sérum physiologique Deux seringues de 50 ml à gros embout pour la purge des canules Différents types de fils pour suture : Prolène® 6/0 et 5/0, Éthylon™ 2/0, Vicryl® 2/0, Mersuture® 1/0 Deux dilateurs type PickV™ pour faciliter l'insertion des canules Une canule artérielle de diamètre interne entre 15 et 21 Fr Une canule veineuse de diamètre interne entre 29/30 ou 30/33 Fr Un kit de cathéter de reperfusion du membre canulé (cathéter artériel de 17–20 cm de longueur et de 1,7 mm de diamètre) Trois pansements de type américain Un grand pansement occlusif type Opsite™</p> <p>Matériel nécessaire à la décanularion chirurgicale</p> <p>Un système d'aspiration complet Un kit de décanulation complet Une boîte d'instruments vérifiée Différents fils de suture : Prolène® 6/0, Vicryl® 2/0, Éthylon™ 2/0, Mersuture® 1/0 Redons et système de drainage</p>
---

adaptée. Il est responsable de la surveillance du massage cardiaque automatique.

### *L'infirmier « chirurgical »*

Il est responsable de la préparation préopératoire du patient (antisepsie de la zone opératoire). Il installe alors la plaque neutre du bistouri électrique et prépare le matériel chirurgical (champs stériles, boîte d'instruments, pince à mains du bistouri électrique, système d'aspiration). Il est responsable du réglage et du bon fonctionnement du bistouri électrique, veille au bon déroulement de l'intervention et s'assure du bon fonctionnement du système d'aspiration.

### *L'infirmier « circulant »*

Il est responsable du dossier de soins, de la surveillance globale du patient, de la retranscription des paramètres hémodynamiques, de la vérification, pose et traçabilité des produits sanguins labiles, de la surveillance hémodynamique régulière du patient, de la traçabilité de tous les consommables utilisés durant le geste opératoire, des examens biologiques urgents effectués sur les appareils de biochimie délocalisée disponible dans le service (gaz du sang artériel, lactates, SvO<sub>2</sub>, taux d'hémoglobine, kaliémie et glycémie).

### *L'infirmier « perfusionniste »*

Il assure le débullage, le réglage des paramètres de la pompe d'ECMO selon les prescriptions médicales, l'aide au branchement et la surveillance du dispositif. Il veille à détecter les dysfonctionnements pendant la phase aiguë, l'équipe médicale étant occupée à la canulation.

### *L'aide-soignante responsable de la chambre*

Il aide à l'installation du patient et prépare le site opératoire. Il est responsable du matériel chirurgical après l'intervention. Il achemine les bilans biologiques et produits sanguins labiles lors du temps opératoire.

### *L'aide-soignante « coordinateur »*

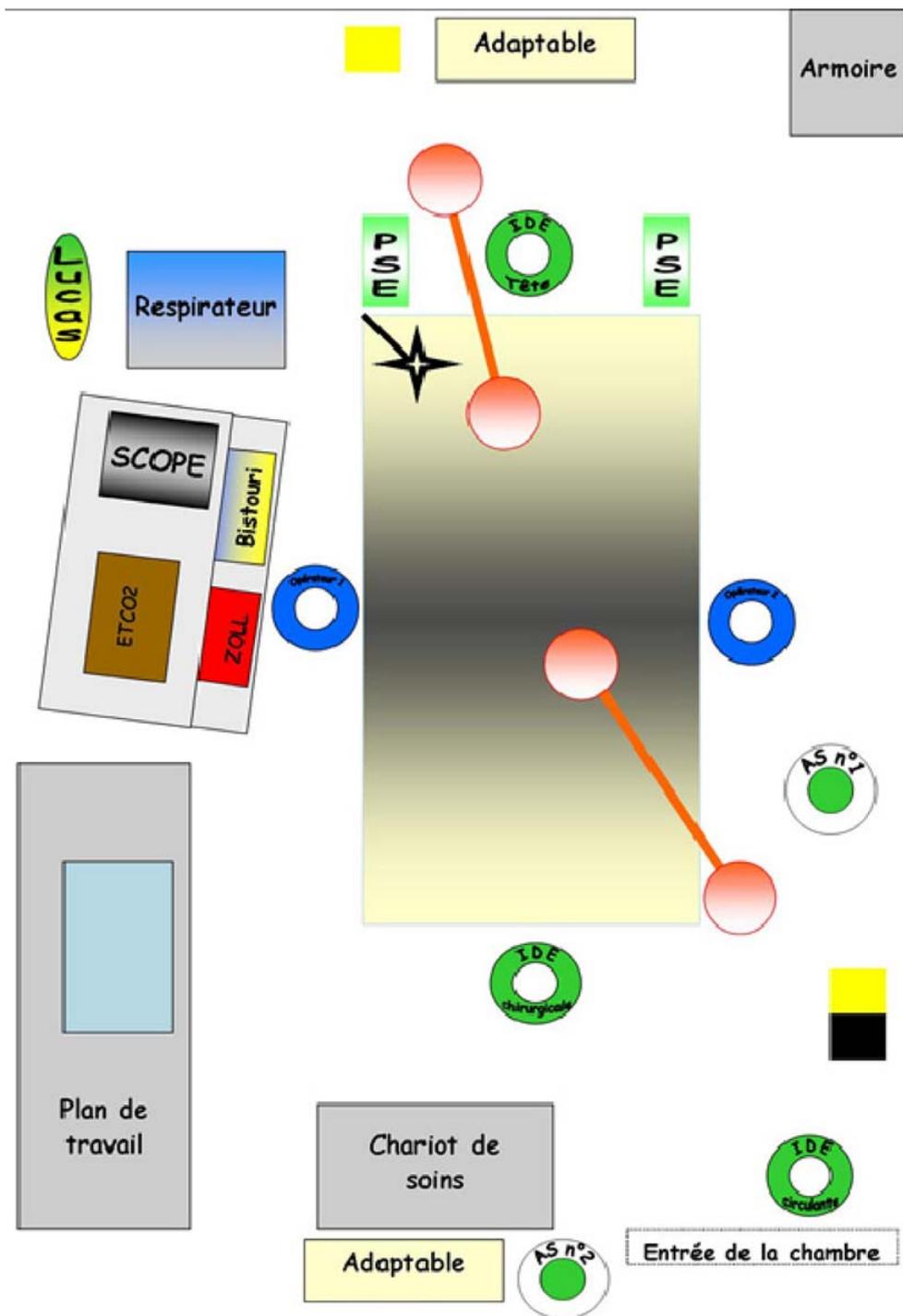
Il effectue l'entrée et les formalités administratives du patient, en relation avec la secrétaire hospitalière. Il assure l'accueil, la liaison et l'accompagnement des familles pendant la pose de l'ECMO.

### **Au cours de la phase initiale de l'ECMO**

L'infirmier responsable de la chambre prend en charge le patient dès que son état circulatoire est stabilisé. Il participe à la surveillance de l'ECMO (débit de pompes, vibration des canules, saignement au site opératoire...), à l'adaptation de la ventilation mécanique, ainsi qu'à l'administration et la surveillance des différents traitements (catécholamines, dérivés sanguins, héparine). Une radiographie pulmonaire ainsi qu'une échographie cardiaque sont réalisées afin de vérifier la position des canules d'ECMO.

### **ECMO au cours des intoxications par cardiotoxiques**

Puisqu'une récupération ad integrum de la fonction myocardique dans des délais courts après élimination du toxique est possible, l'ECMO-va s'est imposée dans le champ des



**Fig. 1** Organisation de l'équipe paramédicale pour la mise en place d'une *extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO) veinoartérielle par canulation fémorale. L'équipe se divise en infirmier (IDE) « de tête », IDE « chirurgical », IDE « circulant », IDE « percussionniste » (représentés par des cercles verts) et aide-soignante (AS) responsable de chambre et AS « coordinateur » (représentés par des cercles blancs)

intoxications aiguës par cardiotropes pour laisser entrevoir une survie finale du patient [1,2]. Elle doit être considérée comme une thérapeutique d'exception pour le traitement des chocs toxiques de mécanisme fonctionnel (Tableau 2), lors-

qu'une composante cardiogénique prédominante a pu être objectivée, jamais sur les seules perturbations hémodynamiques objectivées par échocardiographie ou autre système de monitoring hémodynamique en réanimation, mais en

<b>Tableau 2</b> Intoxications pouvant nécessiter le recours à une <i>extracorporel membrane oxygenation</i> (ECMO) veinoartérielle	
<b>Classes pharmacologiques</b>	<b>Produits</b>
Toxiques avec effet stabilisant de membrane	
Antiarythmiques de la classe I de Vaughan-Williams	Quinidine, lidocaïne, phénytoïne, mexilétine, cibenzoline, tocaïnide, procaïnamide, disopyramide, flécaïnide, propafénone...
β-bloquants	
Antidépresseurs polycycliques	Amitriptyline, imipramine, clomipramine, dosulépine, maprotiline
Antiépileptique	Carbamazépine
Neuroleptiques	Phénothiazines
Antalgiques	Dextropropoxyphène
Antipaludéens	Chloroquine, quinine
Récréatifs	Cocaïne
Toxiques sans effet stabilisant de membrane	
Inhibiteurs calciques d'action cardiaque prédominante	Nifédipine, nicardipine, vérapamil, diltiazem, nimodipine, amlodipine, nitrendipine, bépridil perhexiline
Autres cardiotropes	Méprobamate, colchicine, bêtabloquants sans effet stabilisant de membrane, certains antihistaminiques H1, organophosphorés, aconit, if syndrome scombroidé...

présence de signes de défaillance d'organes incluant à des degrés divers des signes de dysfonction rénale, hépatique, une insuffisance respiratoire aiguë et des troubles de la coagulation, s'aggravant malgré un traitement symptomatique maximisé, l'utilisation des antidotes reconnus aux posologies adaptées. Ces circonstances définissent l'état de choc cardiogénique réfractaire au traitement médical optimisé, qu'il convient de reconnaître, avant de poser l'indication d'ECMO [2,6,7]. Il n'existe à notre connaissance aucun consensus précis définissant le seuil maximal thérapeutique au-delà duquel le choc est considéré comme réfractaire.

L'indication de l'ECMO chez un sujet intoxiqué est complexe. Deux risques sont plausibles :

- celui de traiter trop facilement un patient par ECMO alors qu'il aurait guéri après optimisation de son remplissage et des catécholamines administrées ;
- celui de retarder inutilement l'indication, en pensant que le traitement pharmacologique est suffisant et de se retrouver alors en défaillance multiviscérale que risque de ne pas pouvoir réverser l'ECMO mise en place tardivement.

C'est pourquoi il nous est apparu d'emblée nécessaire de préciser les caractéristiques du choc justifiant la pose d'une ECMO. Au cours des intoxications avec effet stabilisant de membrane (blocage des canaux sodiques), nous avons montré que le choc cardiogénique réfractaire aux thérapeutiques médicales est défini par une pression artérielle systolique inférieure à 90 mmHg, malgré un remplissage adéquat par cristalloïdes ou colloïdes associé à la perfusion de 350 ml de bicarbonates (8,4 %) et une perfusion d'adrénaline supé-

rieure à 3 mg/h, alors qu'il existe une défaillance respiratoire (rapport PaO<sub>2</sub>/FiO<sub>2</sub> < 150 mmHg) ou rénale (oligurie ou créatinine > 90 μmol/l). Ces critères étaient prédictifs dans notre expérience, en l'absence de mise en place d'une ECMO-va, d'une mortalité supérieure à 90 %. Au cours des intoxications par inhibiteurs calciques répondant mal aux catécholamines, à l'insuline euglycémique et aux autres antidotes (chlorure de calcium, voire glucagon), il apparaissait légitime de discuter l'ECMO, en présence d'un choc cardiogénique ou d'une arythmie ventriculaire sévère. Le seuil du débit d'adrénaline est supérieur à celui déterminé pour les bloqueurs des canaux sodiques et serait de l'ordre de 8 mg/h. Enfin, il faut considérer l'intérêt d'une ECMO-vv dans l'éventualité d'un SDRA sévère lié à l'œdème lésionnel toxique caractéristique des intoxications sévères par inhibiteurs calciques et notamment par le vérapamil.

Depuis dix ans, environ 112 patients gravement intoxiqués ont été traités par ECMO dans notre service [4]. Les principaux toxiques en cause étaient la chloroquine (17 cas), le vérapamil (sept cas), le propranolol (sept cas), la flécaïnide (sept cas), l'acébutolol (cinq cas), la venlafaxine (quatre cas), le méprobamate (trois cas), la cyamémazine (trois cas), la colchicine (trois cas), la cocaïne (trois cas), la clomipramine (trois cas) et la cibenzoline (trois cas). La survie était de l'ordre de 54 %, lorsque l'ECMO-va était mise en place pour un choc cardiogénique et de 18 % lorsque le patient avait présenté un ACR réfractaire.

L'utilisation précoce d'une ECMO chez les patients gravement intoxiqués aux cardiotropes justifie dès lors une réflexion des acteurs de l'urgence pour en rendre la

réalisation possible dès que le diagnostic est suspecté, c'est-à-dire, dès la prise en charge préhospitalière [2]. La possibilité pour tout patient d'en bénéficier sans délai ne peut se concevoir que dans un cadre structuré. Le service d'aide médicale urgente (Samu) doit jouer ici un rôle central. C'est pourquoi nous avons défini des doses seuils pour les principaux toxiques cardiotropes qui devraient aider les médecins régulateurs des Samu, les urgentistes et les réanimateurs à orienter un patient qui les auraient ingérés vers un centre apte à réaliser une ECMO-va si besoin [1,2]. En se basant sur notre expérience et sur la difficulté rencontrée pour poser l'indication d'une ECMO-va dans ce contexte, il nous semble utile de recommander une prise en charge plus spécifique des patients gravement intoxiqués par cardiotropes dans un service de réanimation spécialisé.

### ECMO au cours des ACR extrahospitaliers réfractaires

La prise en charge de l'ACR extrahospitalier repose sur des recommandations nationales formalisées d'experts et sur les recommandations internationales de l'International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR). L'ACR réfractaire est défini par l'absence de retour à une activité circulatoire spontanée après une période de 30 minutes de réanimation cardiopulmonaire médicalisée en normothermie. Cette définition avait permis surtout de proposer l'arrêt de la réanimation devant une situation jugée sans aucun espoir de survie, cette définition ne s'appliquant pas à certaines situations particulières comme l'hypothermie ou les intoxications en raison de leur pronostic possiblement plus favorable justifiant la prolongation de la réanimation. Le développement de l'ECMO-va a rapidement représenté un espoir thérapeutique, le développement des techniques automatisées de massage cardiaque ayant rendu ces techniques accessibles.

Le but de l'ECMO-va est de se substituer au cœur défaillant pour assurer la perfusion des organes et envisager une éventuelle survie. Elle peut permettre alors :

- d'attendre que le cœur défaillant ne récupère pour les étiologies réversibles comme une intoxication, une hypothermie profonde ou une sidération myocardique ;
- d'effectuer un geste chirurgical correctif salvateur comme une embolectomie ou une angioplastie du tronc commun ;
- et/ou de faire un tri neurologique avant d'envisager une technique de remplacement cardiaque définitive (assistance biventriculaire ou transplantation cardiaque), si le patient présente une déchéance myocardique irréversible.

Cependant, plusieurs craintes ont été soulevées :

- la crainte qu'un développement anarchique de l'ECMO dans l'ACR extrahospitalier qui ne soit finalement nui-

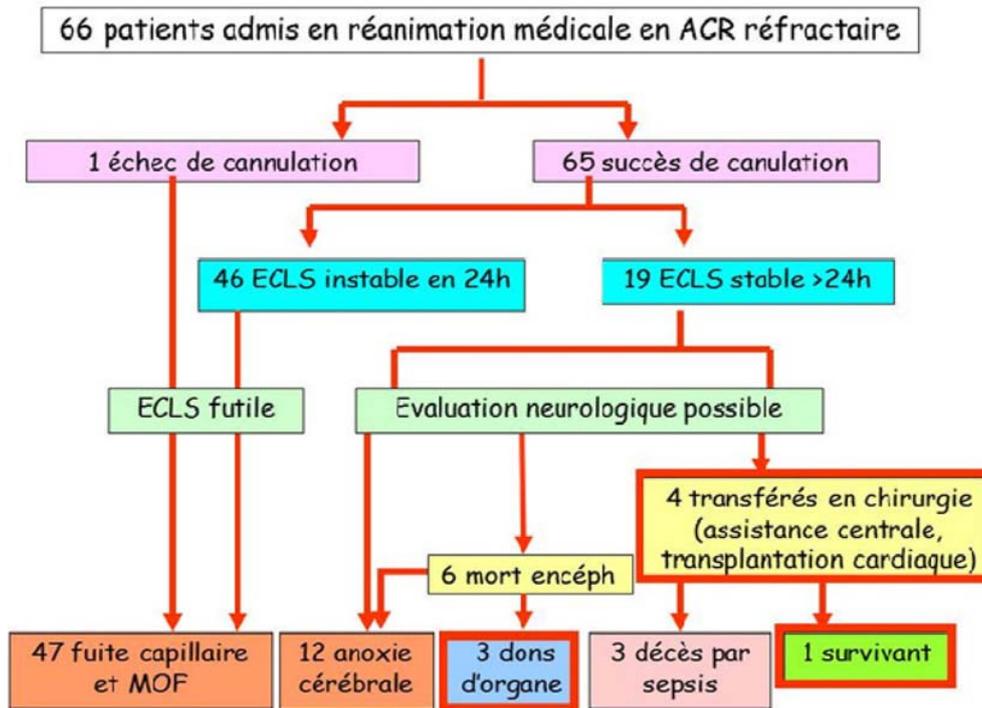
sible à son essor en raison de résultats très médiocres dans des indications mal choisies ;

- la crainte de favoriser la survie de patients avec des séquelles neurologiques considérables, sources de souffrance pour ces patients et leurs proches ;
- la crainte d'une inhomogénéité des critères retenus en France pour traiter par ECMO un patient en ACR réfractaire, étant donné l'absence de données solides de la science médicale sur les indications et contre-indications de cette technique.

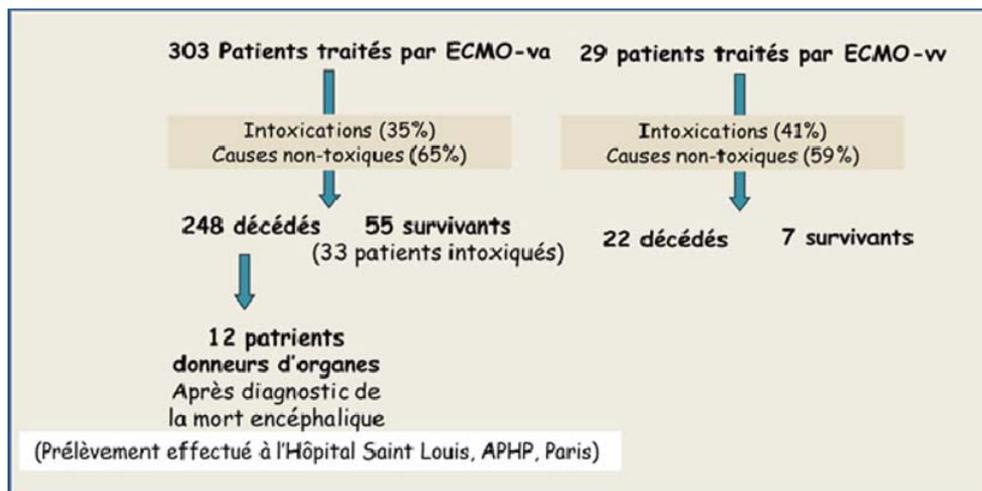
Un algorithme simple, utilisable dans les conditions de l'urgence, a alors été proposé par un groupe d'experts issus des sociétés savantes françaises [8]. En se basant sur ces recommandations, notre équipe a développé cette technique, avec l'espoir d'obtenir quelques rares survies chez des patients jadis déclarés d'emblée décédés. Ainsi, nous avons publié une série de 66 patients admis en réanimation pour ACR réfractaire non toxique et non lié à une hypothermie et traités par ECMO-va [9] (Fig. 2). Dans cette série, seul un patient a survécu sans séquelles neurologiques et après transplantation cardiaque. Depuis cette publication, sur environ 150 patients en ACR réfractaire pris en charge dans notre service, en dehors d'un contexte d'intoxication ou d'hypothermie, seuls deux patients ont survécu sans séquelles, le second ayant pu être décanulé de l'ECMO avec récupération myocardique complète. Malgré cette expérience qui pourrait apparaître comme décevante, plusieurs patients évoluant vers la mort encéphalique sous ECMO ont été des donneurs d'organe (12 cas à ce jour) (Fig. 3). À noter par exemple qu'une patiente traitée par ECMO pour ACR réfractaire à la suite d'une intoxication par flécaïnide a permis un don de son cœur initialement intoxiqué, après élimination du toxique sous ECMO [10]. Nos travaux ont permis par ailleurs d'affiner les indications d'ECMO-va pour ACR réfractaires, en identifiant les circonstances de futilité de cette technique, desquelles il ne pouvait résulter un débit stable d'assistance pendant au minimum 24 heures permettant le triage neurologique. Nous avons ainsi démontré qu'une SvO<sub>2</sub> périphérique inférieure ou égale à 8 %, une concentration de lactates supérieure ou égale à 21 mmol/l, une concentration de fibrinogène inférieure ou égale à 0,8 g/l ou un taux de prothrombine inférieur ou égal à 11 % au moment de la canulation étaient associés avec une spécificité de 100 % et une valeur prédictive positive de 100 % à l'échec de l'ECMO-va dans les 24 heures suivant sa mise en place.

### Conclusions et recommandations

Les techniques d'ECMO-vv et d'ECMO-va représentent aujourd'hui un espoir thérapeutique significatif pour des patients en défaillance respiratoire ou cardiaque réfractaire,



**Fig. 2** Devenir de 66 patients admis en réanimation pour arrêt cardiaque (ACR) réfractaire, non toxique et non lié à une hypothermie et traités par *extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO) veinoartérielle (ou *extracorporeal life support*, ECLS). MOF : défaillance multiviscérale (selon Mégarbane et al. [9])



**Fig. 3** Bilan en termes de survie des patients traités par *extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO) veinoartérielle (va) ou veno-veineuse (vv) au sein du service de réanimation médicale et toxicologique de l'hôpital Lariboisière sur la période 2004–2013

même si le bénéfice réel sur la survie, en comparaison aux thérapeutiques usuelles, reste toujours largement débattu dans la littérature. En raison de son recrutement spécifique et important de patients gravement intoxiqués ou en ACR, notre service de réanimation médicale à l'hôpital Lariboisière à Paris a développé l'ECMO depuis dix ans, au sein d'un hôpital

dépourvu de service de chirurgie cardiaque. Cela n'a pu être possible qu'en raison d'une équipe médicale et paramédicale solidement formée, motivée et très investie, ainsi que l'acquisition de différents matériaux spécifiques et adaptés et le développement d'une coopération étroite avec le service de chirurgie cardiaque de l'hôpital de la Pitié-Salpêtrière.

Notre expérience, reconnue à l'échelle nationale et internationale, a tout d'abord montré la faisabilité de l'ECMO en réanimation médicale, même en l'absence de chirurgie cardiaque. Néanmoins, il nous est rapidement apparu que la canulation fémorale, qu'elle soit chirurgicale ou percutanée, restait un geste complexe non dénué de risques significatifs. C'est pourquoi, à défaut d'un apprentissage solide et d'un recrutement important, ce geste doit être réservé aux chirurgiens cardiaques, y compris dans le cadre d'une équipe mobile d'assistance circulatoire qui se déplacerait au lit du patient en réanimation. Par ailleurs, la décision de mise en place, le monitoring puis la décision de sevrage d'une ECMO font appel à des connaissances théoriques et pratiques importantes, avec le besoin de développer des procédures organisationnelles de service pour les équipes médicales et paramédicales. Le risque important de survenue à tout moment de complications pouvant mettre en jeu la survie du patient traité par ECMO justifie que cette technique ne puisse s'envisager sans collaboration étroite avec un service de chirurgie cardiaque de proximité. Le nombre minimum requis de patients à traiter par an pour garder une équipe motivée et entraînée reste à déterminer ; mais une telle réflexion plaide pour une relative centralisation des patients dans des centres experts reconnus régionaux. Fort de notre expérience, il nous semble que la réalisation d'une ECMO, ce d'autant plus qu'elle est veinoartérielle, doit rester l'apanage d'équipes médicochirurgicales multidisciplinaires spécialisées et entraînées.

**Conflit d'intérêt :** B. Mégarbane, N. Deye, I. Malissin, L. Modestin et F. Baud déclarent ne pas avoir de conflit d'intérêt.

## Références

1. Baud FJ, Mégarbane B, Deye N, Leprince P (2007) Clinical review: aggressive management and extracorporeal support for drug-induced cardiotoxicity. *Crit Care* 11:207
2. Mégarbane B, Deye N, Baud FJ (2009) Assistance circulatoire périphérique au cours des intoxications aiguës par cardiotropes. *Réanimation* 18:428–38
3. Mégarbane B, Leprince P, Deye N, et al (2007) Emergency feasibility in medical intensive care unit of extracorporeal life support for refractory cardiac arrest. *Intensive Care Med* 33:758–64
4. Baud FJ, Leprince B, Mégarbane B, et al (2013) Assistance circulatoire périphérique au cours des intoxications par cardiotropes : dix ans d'expérience en réanimation médicale. *Ann Fr Anesth Reanim* 32:A208
5. Modestin L, Hnatyszyn S, Bellaghech M, et al (2009) Rôle de l'équipe paramédicale dans la mise en place et la surveillance d'une assistance circulatoire en réanimation. *Réanimation* 18:450–8
6. Deye N, Mégarbane B, Guerrier G, Baud F (2005) Peut-on définir le choc cardiogénique réfractaire au cours des intoxications aiguës ? *Réanimation* 14:736–47
7. Mégarbane B, Leprince P, Deye N, et al (2006) Extracorporeal life support in a case of acute carbamazepine poisoning with life-threatening refractory myocardial failure. *Intensive Care Med* 32:1409–13
8. Conseil français de réanimation cardiopulmonaire, Société française d'anesthésie et de réanimation, Société française de cardiologie, Société française de chirurgie thoracique et cardiovasculaire, Société française de médecine d'urgence, Société française de pédiatrie, Groupe francophone de réanimation et d'urgence pédiatriques, Société française de perfusion, Société de réanimation de langue française (2009) Recommandations sur les indications de l'assistance circulatoire dans le traitement des arrêts cardiaques réfractaires. *Ann Fr Anesth Reanim* 28:182–6
9. Mégarbane B, Deye N, Aout M, et al (2011) Usefulness of routine laboratory parameters in the decision to treat refractory cardiac arrest with extracorporeal life support. *Resuscitation* 82:1154–61
10. Vivien B, Deye N, Mégarbane B, et al (2010) Extracorporeal life support in a case of fatal flecainide and betaxolol poisoning allowing successful cardiac allograft. *Ann Emerg Med* 56:409–12