



Disponible en ligne sur
 ScienceDirect
www.sciencedirect.com

Elsevier Masson France
 EM|consulte
www.em-consulte.com



MISE AU POINT

Assistance cardiorespiratoire par *extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO)

Extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) for cardiopulmonary support

A. Combes*, P. Leprince, C.-E. Luyt, J.-L. Trouillet, J. Chastre

Service de réanimation médicale, institut de cardiologie, hôpital Pitié-Salpêtrière, groupe hospitalier Pitié-Salpêtrière, 47, boulevard de l'Hôpital, 75651 Paris cedex 13, France

Reçu le 6 mars 2009 ; accepté le 13 mai 2009
Disponible sur Internet le 2 juin 2009

MOTS CLÉS

Oxygénation
extracorporel de
membrane arrêt du
cœur ;
Congestif choc ;
Cardiogénique
humain syndrome de
détresse respiratoire
adulte ;
Arrêt cardiaque de
thérapie

Résumé Les médecins urgentistes, cardiologues et réanimateurs doivent reconnaître précocement les pathologies susceptibles d'évoluer rapidement vers le choc cardiogénique réfractaire et l'asystolie : choc cardiogénique de l'infarctus du myocarde, myocardites aiguës, intoxications par médicaments stabilisants de membrane, myocardiopathies du peri- ou du post-partum, insuffisance cardiaque terminale sur cardiomyopathie dilatée idiopathique ou ischémique. Dans ces situations d'urgence, l'*extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO) est maintenant l'assistance circulatoire de première ligne et il faut diriger le malade le plus rapidement possible vers un centre médicochirurgical possédant la maîtrise de la mise en place et de la surveillance de cette technologie complexe. En effet, l'implantation d'une machine avant que ne s'installent des signes de défaillance multiviscérale permet de réduire de manière très significative la morbidité et la mortalité liées à la pathologie. Si l'état clinique du malade se détériore rapidement rendant un transport médicalisé hasardeux, il est parfois possible de faire appel à une unité mobile d'assistance circulatoire (UMAC), se projetant vers l'hôpital où est pris en charge le malade pour y implanter l'assistance et de transférer secondairement le malade sous assistance vers le centre médicochirurgical de référence. Cette stratégie permet ainsi de sauver la vie de près de 40% de malades dont le pronostic était encore fatal à très court terme il y a quelques années. Une ECMO peut également être proposée dans les formes les plus sévères de SDRA, même si la diffusion plus large de la technique dans cette indication est conditionnée par la conduite de nouveaux essais thérapeutiques utilisant les machines de dernière génération et une stratégie ventilatoire optimisée.

© 2009 Société de réanimation de langue française. Publié par Elsevier Masson SAS. Tous droits réservés.

* Auteur correspondant.

Adresse e-mail : alain.combes@psl.aphp.fr (A. Combes).

KEYWORDS

Extracorporeal membrane oxygenation heart failure;
Congestive shock;
Cardiogenic Human Adult Respiratory Distress Syndrome therapy;
Cardiac arrest

Summary Critical care physicians should recognize early in the course of the disease severe cardiogenic shock complicating acute myocarditis, intoxication with cardiotoxic drugs, myocardial infarction and peripartum cardiomyopathy. In such situations, extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) is emerging as the technique of choice and patients rapidly progressing to refractory cardiac failure should be immediately transferred to a referral medical–surgical center experienced in mechanical circulatory support. For highly unstable patients, a Mobile Cardiac Assistance Unit, which may rapidly travel to other hospitals with a portable ECMO system and install the device before refractory multiorgan failure takes hold, may be created. Such a strategy of emergency ECMO support can rescue up to 40% of otherwise fatal cardiogenic shock patients. ECMO may also significantly improve the outcomes of the most severe forms of the Acute Respiratory Distress Syndrome. However, more data from carefully designed randomized trials are awaited, before ECMO can be widely adopted in this indication.

© 2009 Société de réanimation de langue française. Published by Elsevier Masson SAS. All rights reserved.

Introduction

L'*extracorporeal membrane oxygenation* (ECMO) est une technique d'assistance circulatoire et respiratoire dérivée des circuits de circulation extracorporelle utilisés depuis plus de 50 ans maintenant en chirurgie cardiaque [1,2]. Le circuit d'ECMO se compose d'une canule de décharge veineuse, d'une pompe centrifuge électrique qui génère un débit continu, d'un oxygénateur à membrane et d'une ligne de réinjection du sang oxygéné (Fig. 1 et 2). L'ECMO peut être implantée à visée de suppléance respiratoire exclusive, en utilisant un circuit veineveineux (ECMO VV) ou de suppléance cardiaque ou cardiorespiratoire en utilisant un circuit veinoartériel (ECMO VA) [1].

Même si cette machine était disponible depuis plus de trois décennies en tant qu'assistance cardiaque, respiratoire ou cardiorespiratoire, les résultats obtenus jusqu'au milieu des années 1990 étaient particulièrement décevants (en dehors du contexte pédiatrique), en raison des nombreuses complications observées et de la faible durée de vie des circuits [3,4]. Les progrès techniques décisifs réalisés au cours de la dernière décennie tant au niveau des canules, des pompes que des oxygénateurs à membrane, ont permis un renouveau de l'utilisation de cette technologie. Ainsi, à l'institut de cardiologie de la Pitié-Salpêtrière à Paris, le nombre d'ECMO implantées a considérablement augmenté dans les dernières années (Fig. 3).

Dans ce chapitre, nous exposerons successivement les indications et les modalités pratiques de mise en place du circuit, les complications qui lui sont associées, et les résultats à court, moyen et long terme rapportés ces dernières années.

ECMO VA en cas de choc cardiogénique réfractaire

La mise en place d'une ECMO VA peut être envisagée dans deux grands types de situations :

- en postopératoire immédiat d'une chirurgie cardiaque conventionnelle ou d'une transplantation cardiaque, lorsque le sevrage de la CEC est impossible [5]. Les canules

sont mises en place le plus souvent en intrathoracique, avec une décharge droite au niveau de l'oreillette droite et une canule de réinjection au niveau de l'aorte thoracique ascendante. Une décharge des cavités gauches, soit directe par canulation de l'apex du ventricule gauche, soit indirecte par canulation du tronc de l'artère pulmonaire peut être associée au circuit. Si la défaillance cardiaque est retardée après l'intervention, une ECMO périphérique fémorofémorale est parfois préférée dans le cadre de l'urgence ;

- en cas de choc cardiogénique réfractaire « d'étiologie médicale » : infarctus du myocarde [6], myocardite fulminante [7], intoxications aiguës par substances cardiotoxiques à effet stabilisant de membrane [8–10], rejet aigu de greffe cardiaque [11], insuffisance cardiaque terminale sur cardiomyopathie dilatée idiopathique ou ischémique, arrêt cardiocirculatoire [10,12–15] et plus exceptionnellement, embolie pulmonaire grave [16], hypothermies profondes [17] et défaillance cardiaque sévère dans le cadre d'un choc septique. Dans ces situations, les canules sont implantées par voie périphérique, au niveau des vaisseaux fémoraux.

L'assistance cardiorespiratoire par ECMO est maintenant la technique de première ligne pour la prise en charge des chocs cardiogéniques réfractaires « d'étiologie médicale ». Il est ainsi possible d'obtenir rapidement et de manière peu agressive, si nécessaire au lit du malade et sous anesthésie locale, une suppléance circulatoire et respiratoire particulièrement efficace. Dans ces situations d'urgence, l'ECMO est implantée par voie périphérique avec canulation par technique de Seldinger des vaisseaux fémoraux, soit par voie percutanée exclusive, soit après abord chirurgical limité de la face antérieure des vaisseaux fémoraux (Fig. 1). La canule veineuse de diamètre 19–25 French est glissée au travers de la veine fémorale puis de la veine cave inférieure jusque dans l'oreillette droite et la canule artérielle (15–19 French) est insérée jusqu'au niveau de l'aorte thoracique descendante. Afin d'éviter une ischémie de membre inférieur, un cathéter de perfusion de l'artère fémorale superficielle est le plus souvent branché en dérivation sur le circuit artériel (Fig. 1).



Figure 1 Circuit d'ECMO: en haut, la pompe centrifuge électrique qui génère un débit continu et l'oxygénateur à membrane; en bas le contrôleur, montrant ici que le débit généré par la pompe est à 6,1 L/Min pour 4100 t/min.

La décision d'implanter une ECMO repose sur un faisceau d'arguments cliniques, paracliniques et souvent sur l'expérience personnelle et collective des membres de l'équipe. De manière importante, cette technique lourde, grevée de complications sévères, ne doit s'envisager que si les chances d'une récupération de la fonction ventriculaire sont raisonnables ou, dans le cas contraire, qu'il n'existe pas de contre-indication manifeste à une transplantation cardiaque ou plus rarement à l'implantation d'une assistance ventriculaire définitive. La constatation de

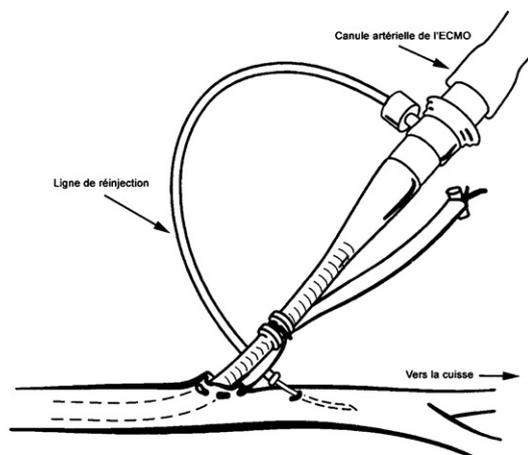


Figure 2 ECMO veino-artérielle fémorofémorale. Noter l'implantation d'un cathéter de perfusion de l'artère fémorale superficielle branché en dérivation sur le circuit artériel, destiné à prévenir une ischémie de membre inférieur.

signes cliniques et hémodynamiques de choc cardiogénique s'aggravant malgré un traitement inotrope positif maximal et parfois un ballon de contre-pulsion intra-aortique doit conduire à la discussion d'assistance. Cependant, d'autres signes de gravité doivent être reconnus précocement: douleurs abdominales, nausées, baisse du niveau de conscience, tachycardie majeure ou troubles du rythme sous

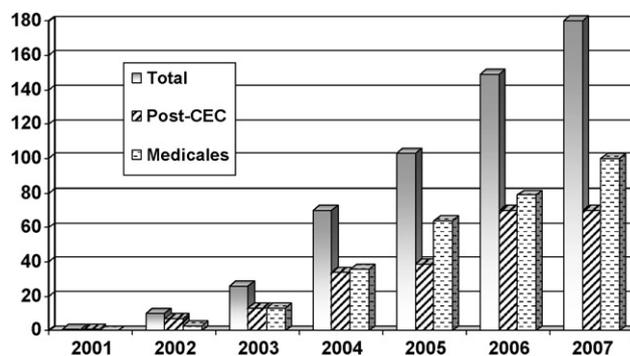


Figure 3 Évolution du nombre d'ECMO implantées à l'institut de cardiologie de la Pitié-Salpêtrière à Paris sur les années 2001–2007.

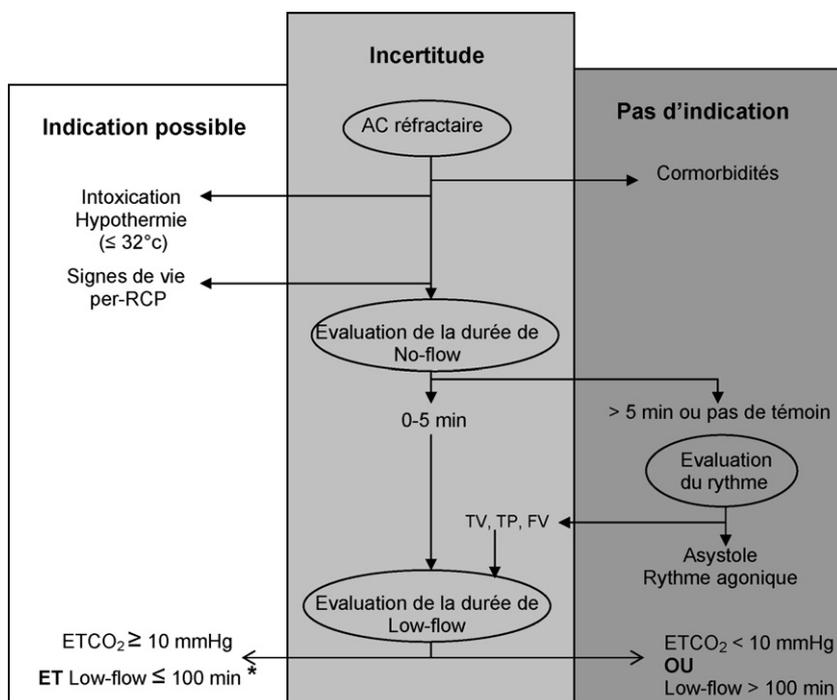


Figure 4 Proposition d'algorithme de décision d'une assistance circulatoire devant un arrêt cardiaque (AC) réfractaire [19]. RCP : réanimation cardiopulmonaire ; TV : tachycardie ventriculaire ; FV : fibrillation ventriculaire ; TP : torsade de pointes ; ETCO₂ : concentration télé-expiratoire de CO₂ (évaluée 20 minutes après le début de la RCP médicalisée). * : une durée de RCP supérieure à 100 minutes peut être acceptée dans le cas des intoxications par les cardiotropes. Les comorbidités sont celles qui amèneraient à ne pas indiquer des soins invasifs (réanimation, chirurgie, angioplastie coronaire par exemple). La durée du *low-flow* comprend la RCP de base (témoins et secouristes) et la RCP médicalisée.

catécholamines, troubles ioniques se majorant, aggravation de la fonction rénale ou hépatique. En cas de dégradation clinique rapide d'un malade hospitalisé dans un centre ne disposant pas directement de cette technologie, il est parfois possible de faire appel à une unité mobile d'assistance circulatoire (UMAC), se projetant vers l'hôpital où est pris en charge le malade pour y implanter l'assistance et de le transférer secondairement sous assistance vers le centre médicochirurgical de référence [18]. Par ailleurs, la mise en place d'une ECMO à visée thérapeutique en cas d'arrêt cardiaque intrahospitalier ou a fortiori extrahospitalier doit être discutée sur des critères très stricts [10,12–15], le pronostic de ces malades étant particulièrement catastrophique si le dispositif a été mis en place après une période prolongée de *low-flow*. Un groupe multidisciplinaire Français [19] a récemment proposé un algorithme définissant les situations où l'implantation d'une ECMO est raisonnable dans ces situations (Fig. 4).

L'ECMO permet ensuite la stabilisation d'un malade en état extrêmement précaire, l'évaluation de la gravité de la pathologie sous-jacente, son potentiel de récupération, la recherche de tares viscérales parfois non connues dans la cadre de l'urgence et de séquelles neurologiques, si la machine a été implantée après une période plus ou moins prolongée de bas débit ou d'arrêt cardiaque. Dans les suites de la prise en charge, quatre situations sont possibles :

- le retrait simple de la machine en cas de futilité et de limitation des thérapeutiques actives ;

- le retrait de la machine suite à une récupération partielle ou complète de la fonction cardiaque, ou « ECMO as a bridge to recovery » ;
- le remplacement de l'ECMO par un autre système d'assistance circulatoire de longue durée (pompe axiale type HeartMate® II, ventricule pneumatique mono ou bi-ventriculaire, cœur artificiel total type CardioWest®), stratégie dite de « bridge to bridge » ;
- enfin, la transplantation cardiaque, ou « bridge to transplantation ».

ECMO VV ou VA en cas de défaillance respiratoire aiguë

La principale indication dans ce cadre est le syndrome de détresse respiratoire aiguë (SDRA). En effet, si la stratégie de ventilation protectrice diminuant le volume courant administré [20] a permis une très nette diminution des lésions volo- et barotraumatiques et une augmentation significative de la survie des malades [20–22], la mortalité liée au SDRA s'élève encore jusqu'à 60% dans les cas les plus sévères. C'était par exemple le cas dans les deux grands essais randomisés récents (EXPRESS [21] et LOVS [22]), pour les malades présentant l'hypoxémie la plus marquée (quartile avec rapport PaO₂/FiO₂ < 100 mmHg) et ce malgré l'optimisation de la ventilation mécanique visant un recrutement pulmonaire maximal et le recours parfois à des thérapeutiques adjuvantes d'exception, telles le NO

inhalé [23] ou la mise en décubitus ventral [24,25]. La mortalité particulièrement élevée pour ce groupe de malades justifie donc le recours à d'autres thérapeutiques visant à améliorer le pronostic. Cependant, les résultats obtenus par l'ECMO dans le cadre du SDRA ont été contrastés (voir ci-dessous) et de nouveaux essais thérapeutiques utilisant les machines de dernière génération et une stratégie ventilatoire optimisée sont nécessaires avant la diffusion plus large de la technique. Dans l'attente de ces essais, la mise en place d'une ECMO périphérique veino-veineuse (en l'absence de dysfonction cardiaque) ou veino-artérielle (en cas de défaillance cardiaque associée) peut être proposée dans les SDRA avec hypoxémie profonde résistante aux traitements usuels, en cas d'augmentation importante des pressions télé-inspiratoires (supérieure à 30 cm H₂O) dans les voies aériennes distales et/ou d'hypercapnie majeure résultant de la diminution du volume courant.

Prise en charge en réanimation d'un malade sous ECMO

Le circuit d'ECMO doit être surveillé de manière pluriquotidienne par l'équipe médicale et paramédicale en charge du malade et au moins une fois toutes les 48 heures par un perfusionniste. La surveillance du circuit et des canules a pour but de vérifier le fonctionnement correct du dispositif et le dépistage précoce de complications (dépôts de fibrine ou de caillots sur la membrane de l'ECMO, caillots au niveau des canules ou de la pompe, saignement ou signes d'inflammation ou d'infection cutanée au point d'insertion des canules, chute inopinée du débit d'ECMO, apparition de signes cliniques ou biologiques d'hémolyse intravasculaire).

Le débit de l'ECMO est très « précharge » dépendant et va baisser rapidement en cas d'hypovolémie, de torsion ou de plicature des canules, de pneumothorax ou d'épanchement péricardique gênant le remplissage des cavités. Dans ces situations, on observera des mouvements importants de battement des lignes veineuse et artérielle, liés aux suctions inefficaces entraînées par la pompe. Il faut alors réduire transitoirement le débit de la pompe, réaliser un remplissage vasculaire rapide et faire le diagnostic d'une éventuelle complication.

Une hémolyse intravasculaire majeure peut survenir en cas d'hypovolémie marquée ou de thrombose partielle des canules (la forte dépression créée par la pompe entraînant phénomènes de succion à haute énergie) ou en cas de dépôt de fibrine ou de caillot sur la membrane. Il faut rechercher cette complication en cas d'émission d'urines « porto » et surveiller de manière régulière l'hémoglobine libre plasmatique.

Lorsqu'une configuration fémoro-fémorale veino-artérielle est utilisée, il convient de rechercher une hypoxie de la partie supérieure de l'organisme. En effet, si la fonction systolique du cœur est suffisante, il va exister une compétition de flux au niveau de l'aorte entre le cœur du malade et l'ECMO. En cas d'altération importante des échanges gazeux pulmonaires (ARDS, œdème pulmonaire hydrostatique), le sang quittant le cœur du malade va être fortement désoxygéné et responsable d'une hypoxie tissulaire cardiaque et cérébrale. Dans cette situation, il faut placer le capteur de

surveillance de la SpO₂ sur la main droite et prélever les gaz du sang au niveau de l'artère radiale droite.

L'anticoagulation d'un malade sous ECMO est réalisée par héparine non fractionnée pour obtenir un TCA entre deux et 2,5 fois le témoin ou une héparinémie entre 0,3 et 0,5 UI/ml. Il n'est pas pratiqué de bolus d'héparine lors de la mise en place du circuit. De l'aspirine à dose antiagrégante plaquettaire est prescrite lorsque le taux de plaquettes est supérieur à 75–100 G/L et en l'absence de saignement. Une association aspirine/clopidogrel est possible si le taux de plaquettes est supérieur à 500 G/L ou si les dépôts de fibrine et de caillots surviennent très précocement dans le circuit. L'aspirine est arrêtée si le taux de plaquettes est inférieur à 50 G/L ou inférieur à 100 G/L en cas de saignements. En cas de saignement majeur non contrôlable immédiatement par un traitement spécifique, l'aspirine et l'héparine sont suspendues. Le seuil transfusionnel est fixé à 7 g/dl en l'absence de complications et la transfusion de plaquettes est découragée sauf en cas de thrombopénie majeure avec présence de saignements.

Lorsque l'ECMO a été mise en place dans le cadre d'un SDRA, le réglage du ventilateur doit être adapté pour minimiser le traumatisme induit par la ventilation mécanique. On peut proposer les paramètres suivants pendant la période initiale d'assistance par ECMO : mode assisté-contrôlé, FiO₂ 30–50 %, PEP à 10–15 cm H₂O, V_t réduit pour obtenir une pression de plateau inférieure à 20 cm H₂O, Fr entre 10 et 20 par minute.

La membrane et le circuit d'ECMO doivent être remplacés dans les circonstances suivantes : défaut d'oxygénation ou d'épuration du CO₂ par la membrane, hémolyse intravasculaire massive liée au dispositif, thrombopénie importante liée au circuit, dépôts importants de fibrine ou de caillots sur la membrane, caillotage de la pompe ou des lignes ou systématiquement après 12 à 15 jours de fonctionnement. Des gaz du sang en sortie d'oxygénateur peuvent être réalisés en cas de doute sur son fonctionnement. En cas d'hypoxémie (PaO₂ < 200 mm Hg) en sortie d'oxygénateur malgré une FiO₂ à 100 %, il est proposé de changer le circuit.

Complications sous ECMO

Les complications liées à la présence d'une assistance cardiorespiratoire par ECMO (Table 1) sont nombreuses, parfois graves, voire fatales dans un délai extrêmement bref, motivant la prise en charge de ces malades au sein d'équipes médicochirurgicales expérimentées et rompues à la mise en place et à la surveillance du dispositif [1,11,14,16,18,26,27].

La complication la plus fréquemment rencontrée est l'hémorragie au point d'insertion des canules au niveau des vaisseaux fémoraux (ECMO périphérique), le plus souvent par déchirure de l'artère fémorale. Un repositionnement chirurgical en extrême urgence est alors nécessaire. Lorsque les canules sont mises en place par voie intrathoracique centrale, un saignement peut se manifester soit par une tamponnade soit par un saignement actif abondant au niveau des drains thoraciques. Dans ces deux situations, une révision chirurgicale est nécessaire en extrême urgence. En cas d'hémorragie significative, il faut bien sûr suspendre immédiatement tout traitement anticoagulant et antiagrégant.

Tableau 1 Complications *n* (%), survenues chez 81 malades ayant bénéficié d'une ECMO (centrale, *n*=21; fémorale, *n*=60).

Complication	ECMO centrale (<i>n</i> =21)	ECMO fémorale (<i>n</i> =60)
Saignement fémoral	0	19 (32)
Saignement médiastinal	5 (24)	3 (5)
Thrombose de la veine fémorale	1 (5)	7 (12)
Ischémie membre inférieur	3 (14)	12 (20)
Thrombose cave inférieure	1 (5)	5 (8)
Infection du site fémoral	0	10 (17)
Médiastinite	4 (19)	0
Œdème pulmonaire	1 (5)	4 (7)
Accident vasculaire cérébral	3 (14)	4 (7)

D'après [18].

Les complications thromboemboliques sont également fréquentes : AVC ischémiques parfois se transformant secondairement en accidents hémorragiques, embolies vasculaires périphériques, embolies dans la circulation pulmonaire. Il est parfois observé en cas de dysfonction systolique terminale et d'asystolie, une thrombose partielle ou complète des cavités cardiaques, nécessitant un geste rapide (transformation d'une ECMO périphérique en ECMO centrale avec décaillotage des cavités, voire mise en place d'un cœur artificiel total).

Les complications ischémiques au niveau du membre où a été mise en place l'ECMO périphérique surviennent dans 10–20% des cas, malgré la mise en place d'une ligne de reperfusion artérielle. Cette complication doit être systématiquement dépistée dans les heures suivant la mise en place du dispositif par un examen clinique régulier et la vérification de la perméabilité de la ligne de reperfusion.

Les complications infectieuses sont observées dans 15 à 20% des cas : cellulite autour du site d'implantation des canules périphériques fémorales ou médiastinite en cas de mise en place d'une ECMO centrale. Le traitement fait appel à une antibiothérapie à large spectre après prélèvements multiples à visée bactériologique, au changement du site d'insertion des canules périphériques ou à la transformation d'une ECMO périphérique en ECMO centrale selon les cas. En cas de médiastinite, une reprise chirurgicale de la cicatrice avec lavage et mise en place de drains de redons aspiratifs doit être réalisée. Les germes le plus souvent impliqués dans ces infections sont les staphylocoques, en particulier *Staphylococcus epidermidis*, les *Candida*, les entérocoques et les bacilles Gram négatifs nosocomiaux (*Pseudomonas aeruginosa*, surtout).

Des complications neurologiques sont été rapportées dans 10 à 20% des cas, qu'il s'agisse d'accidents emboliques parfois se transformant secondairement en accidents hémorragiques ou d'hémorragies cérébrales primitives.

Une complication redoutable après la mise en place d'une ECMO périphérique est l'apparition d'un œdème pulmonaire hydrostatique lié à l'augmentation de la pression télédiastolique du ventricule gauche. Plusieurs facteurs peuvent participer à la survenue de cet œdème pulmonaire : élévation de la postcharge et dilatation ventriculaire liée au débit généré par la pompe d'ECMO, insuffisance aortique (systématiquement dépistée avant et après la mise en place du dispositif), insuffisance mitrale. Dans ces situations, il faut dans un premier temps favoriser la vidange des cavités cardiaques par l'introduction d'inotropes positifs et discuter la mise en place d'un ballon de contre pulsion aortique pour diminuer la postcharge ventriculaire gauche [28]. Si cela n'est pas suffisant, plusieurs techniques ont été proposées : septotomie atriale percutanée, insertion percutanée d'une canule jusque dans l'oreillette gauche après cathétérisme trans-septal, mise en place d'une assistance percutanée gauche par cathéter type Impella® [29]. Cependant, dans notre expérience, ces solutions techniques sont le plus souvent difficiles à mettre en œuvre, et parfois responsables de complications sévères (perforation des cavités cardiaques, hémolyse majeure intravasculaire). C'est pourquoi nous privilégions actuellement dans cette situation la transformation de l'ECMO périphérique en ECMO centrale, avec mise en place d'une canule de décharge dans l'oreillette droite et d'une deuxième canule de décharge des cavités gauches, soit directe au niveau de l'apex ventriculaire gauche, soit indirecte par canulation du tronc de l'artère pulmonaire.

Enfin, d'autres complications liées au système peuvent survenir : hémolyse intravasculaire (voir ci-dessus), embolie gazeuse, dysfonction mécanique de la pompe.

Conduite du sevrage de l'ECMO

Le malade sous ECMO VA pour défaillance cardiogénique doit bénéficier d'une surveillance échocardiographique régulière pour détecter une récupération de la fonction systolique permettant le retrait du dispositif. Une épreuve de sevrage sous surveillance clinique et échocardiographique continue sera effectuée si le patient est stable sur le plan hémodynamique, sans ou sous de très faibles doses de catécholamines et s'il n'existe pas de dilatation marquée du ventricule droit dans le cas d'une ECMO implantée après transplantation cardiaque. Nous proposons alors le protocole suivant : réduction progressive du débit d'ECMO à 66% puis 33% du débit initial, puis jusqu'à un débit minimal d'environ 1 L/min, et enfin un clampage des lignes pendant une à deux minutes [18]. L'épreuve est arrêtée si la pression artérielle moyenne chute en dessous de 60 mm Hg. Dans notre expérience, deux paramètres (ITV aortique ≥ 12 cm, vitesse systolique S_a de l'anneau mitral externe en Doppler tissulaire $\geq 5,8$ cm/s) sont fortement prédictifs du succès du sevrage de l'ECMO, s'ils sont observés chez un patient stable et ayant toléré la réduction maximale du débit de l'ECMO. Dans ce cas, la machine peut être retirée, au mieux au bloc opératoire, pour contrôle et suture éventuelle des vaisseaux fémoraux. En cas de doute, on pratique parfois au bloc opératoire une épreuve plus prolongée de clampage des lignes (15–20 minutes), après injection de 5000 U d'héparine.

Le sevrage d'une ECMO VV ou VA implantée pour défaillance respiratoire ou cardiorespiratoire mixte est entrepris lorsque sont constatées une amélioration clinique, radiologique, gazométrique et de la compliance pulmonaire. Le débit d'assistance est alors réduit au minimum inférieur à 1 L/min, avec un balayage à 1 L/min et une FiO₂ à 21% sur la membrane pendant au moins dix minutes. Le retrait de l'ECMO est effectué si les gaz du sang montrent une PaO₂ supérieure à 60 mmHg, avec une FiO₂ sur le respirateur inférieure à 60% et une pression de plateau inspiratoire de moins de 30 cm H₂O et s'il n'apparaît pas de signes de cœur pulmonaire aigu à l'échographie cardiaque.

Résultats – Devenir à moyen et long terme

L'implantation d'une ECMO en première intention pour un choc cardiogénique réfractaire a montré des résultats au moins équivalents à ceux obtenus par une stratégie de mise en place d'une assistance par pompe pulsatile paracorporelle [5,11,16,30]. Ainsi, pour une série consécutive de 11 malades atteints de myocardite fulminante, nous avons observé une survie similaire mais moins de complications immédiates avec l'ECMO qu'avec une assistance plus lourde type Thoratec® bi-ventriculaire externe [31]. La survie à court ou moyen terme après ECMO pour choc cardiogénique dépend beaucoup de l'étiologie du choc et de la gravité du malade au moment de l'implantation de la machine. Ainsi, Schwarz et al. [16] ont étudié 46 patients ayant bénéficié d'une ECMO, 25 pour choc cardiogénique et 21 dans les suites d'un arrêt cardiocirculatoire. Dans cette cohorte, 61% des patients ont pu être sevré de l'ECMO et la survie prolongée a été de 28% et significativement meilleure dans le groupe sans arrêt cardiaque initial. Les résultats de l'ECMO de sauvetage pour arrêt cardiaque dépendent surtout de la précocité de la prise en charge. L'équipe taiwanaise de Chen et al. a montré qu'une durée de *low-flow* de plus de 90 minutes dans le cadre d'un arrêt cardiaque intrahospitalier était associée un pronostic très péjoratif [13,14]. Le groupe multidisciplinaire français recommande maintenant l'abstention thérapeutique si la durée de *low-flow* dépasse 100 minutes ou si l'ETCO₂ est inférieur à 10 mmHg (Fig. 4). Par ailleurs, notre équipe a récemment rapporté le devenir de 81 patients ayant bénéficié d'une ECMO pour choc cardiogénique réfractaire (dans les suites d'un infarctus du myocarde, d'une myocardite, de l'évolution d'une cardiopathie dilatée ou après chirurgie ou transplantation cardiaque compliquée). Dans cette série, 42% des malades sont sortis de réanimation et 36% étaient encore en vie après recul médian de 11 mois, tout en bénéficiant d'une qualité de vie tout à fait satisfaisante [18]. Les facteurs associés au décès en réanimation étaient l'implantation de l'ECMO sous massage cardiaque, le sexe féminin et la présence d'une défaillance hépatique ou rénale sévère [18], soulignant ainsi l'importance d'implanter une machine avant que ne s'installe un état de défaillance polyviscérale grevant sévèrement le pronostic vital. L'implantation d'une ECMO par une UMAC sur le site où est initialement pris en charge le malade puis son transfert secondaire dans le centre de référence doit également permettre d'améliorer le pronostic des cas les plus graves.

Les résultats obtenus par l'ECMO dans le cadre du SDRA sont plus contrastés. Les premiers essais randomisés conduits il y a maintenant de nombreuses années avec une technologie qui n'était probablement pas mature furent très décevants [3,4]. En particulier, la faible biocompatibilité des matériels utilisés et la nécessité d'une anticoagulation très poussée avaient été à l'origine de nombreuses complications hémorragiques, souvent fatales. En revanche, l'essai «CESAR», conduit au Royaume-Uni de 2001 à 2006, donne des résultats encourageants, avec une réduction de l'occurrence du critère combiné décès ou invalidité sévère à six mois dans le groupe ECMO (risque relatif = 0,69 ; 95% IC, 0,05–0,97) [32]. Cet essai bien que pragmatique comportait cependant de nombreux biais méthodologiques (25% patients randomisés dans le bras ECMO ne reçurent pas le dispositif et les modalités de la ventilation mécanique n'étaient pas standardisées dans le groupe témoin). Ainsi, d'autres études sont nécessaires avant l'adoption large de la technique dans la prise en charge des SDRA les plus sévères.

Conclusion

Les médecins urgentistes, cardiologues et réanimateurs doivent reconnaître précocement les pathologies susceptibles d'évoluer rapidement vers le choc cardiogénique réfractaire et l'asystolie. Dans ces situations d'urgence, l'ECMO est maintenant l'assistance circulatoire de première ligne et il faut diriger le malade le plus rapidement possible vers un centre médicochirurgical possédant la maîtrise de l'implantation et de la surveillance de cette technologie complexe. En effet, la mise en place d'une machine avant que ne s'installent des signes de défaillance multi-viscérale permet de réduire de manière très significative la morbidité et la mortalité liées à la pathologie. Si l'état clinique du malade se détériore rapidement rendant un transport médicalisé hasardeux, il est parfois possible de faire appel à une UMAC, se projetant vers l'hôpital où est pris en charge le malade pour y implanter l'assistance et de transférer secondairement le malade sous assistance vers le centre médicochirurgical de référence. Cette stratégie permet ainsi de sauver la vie de malades dont le pronostic était encore fatal à très court terme il y a quelques années.

Une ECMO peut également être proposée dans les formes les plus sévères de SDRA, même si la diffusion plus large de la technique dans cette indication est conditionnée par la conduite de nouveaux essais thérapeutiques utilisant les machines de dernière génération et une stratégie ventilatoire optimisée.

Références

- [1] Bartlett RH, Roloff DW, Custer JR, Younger JG, Hirschl RB. Extracorporeal life support: the University of Michigan experience. JAMA 2000;283:904–8.
- [2] Reichman RT, Juyo CI, Dembitsky WP, Griffith LD, Adamson RM, Daily PO, et al. Improved patient survival after cardiac arrest using a cardiopulmonary support system. Ann Thorac Surg 1990;49:101–4, 04-5 discussion.
- [3] Morris AH, Wallace CJ, Menlove RL, Clemmer TP, Orme Jr JF, Weaver LK, et al. Randomized clinical trial of pressure-controlled inverse ratio ventilation and extracorporeal CO₂

- removal for adult respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 1994;149:295–305.
- [4] Zapol WM, Snider MT, Hill JD, Fallat RJ, Bartlett RH, Edmunds LH, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in severe acute respiratory failure. A randomized prospective study. *JAMA* 1979;242:2193–6.
- [5] Bakhtiary F, Keller H, Dogan S, Dzemali O, Oezaslan F, Meininger D, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for treatment of cardiogenic shock: clinical experiences in 45 adult patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2008;135:382–8.
- [6] Chen JS, Ko WJ, Yu HY, Lai LP, Huang SC, Chi NH, et al. Analysis of the outcome for patients experiencing myocardial infarction and cardiopulmonary resuscitation refractory to conventional therapies necessitating extracorporeal life support rescue. *Crit Care Med* 2006;34:950–7.
- [7] Feldman AM, McNamara D. Myocarditis. *N Engl J Med* 2000;343:1388–98.
- [8] Holzer M, Sterz F, Schoerhuber W, Behringer W, Domanovits H, Weinmar D, et al. Successful resuscitation of a verapamil-intoxicated patient with percutaneous cardiopulmonary bypass. *Crit Care Med* 1999;27:2818–23.
- [9] Goodwin DA, Lally KP, Null Jr DM. Extracorporeal membrane oxygenation support for cardiac dysfunction from tricyclic antidepressant overdose. *Crit Care Med* 1993;21:625–7.
- [10] Megarbane B, Leprince P, Deye N, Resiere D, Guerrier G, Rettab S, et al. Emergency feasibility in medical intensive care unit of extracorporeal life support for refractory cardiac arrest. *Intensive Care Med* 2007;33:758–64.
- [11] Magovern Jr GJ, Simpson KA. Extracorporeal membrane oxygenation for adult cardiac support: the Allegheny experience. *Ann Thorac Surg* 1999;68:655–61.
- [12] Chen YS, Chao A, Yu HY, Ko WJ, Wu IH, Chen RJ, et al. Analysis and results of prolonged resuscitation in cardiac arrest patients rescued by extracorporeal membrane oxygenation. *J Am Coll Cardiol* 2003;41:197–203.
- [13] Chen YS, Lin JW, Yu HY, Ko WJ, Jerng JS, Chang WT, et al. Cardiopulmonary resuscitation with assisted extracorporeal life-support versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with in-hospital cardiac arrest: an observational study and propensity analysis. *Lancet* 2008;372:554–61.
- [14] Chen YS, Yu HY, Huang SC, Lin JW, Chi NH, Wang CH, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support can extend the duration of cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2008;36:2529–35.
- [15] Massetti M, Tasle M, Le Page O, Deredec R, Babatasi G, Buklas D, et al. Back from irreversibility: extracorporeal life support for prolonged cardiac arrest. *Ann Thorac Surg* 2005;79:178–83.
- [16] Schwarz B, Mair P, Margreiter J, Pomaroli A, Hoermann C, Bonatti J, et al. Experience with percutaneous venoarterial cardiopulmonary bypass for emergency circulatory support. *Crit Care Med* 2003;31:758–64.
- [17] Vretenar DF, Urschel JD, Parrott JC, Unruh HW. Cardiopulmonary bypass resuscitation for accidental hypothermia. *Ann Thorac Surg* 1994;58:895–8.
- [18] Combes A, Leprince P, Luyt CE, Bonnet N, Trouillet JL, Leger P, et al. Outcomes and long-term quality-of-life of patients supported by extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock. *Crit Care Med* 2008;36:1404–11.
- [19] Recommandations sur les indications de l'assistance circulatoire dans le traitement des arrêts cardiaques réfractaires. 2008. <http://www.srlf.org/Data/ModuleGestionDeContenu/application/785.pdf>.
- [20] The Acute Respiratory Distress Syndrome Network. Ventilation with lower tidal volumes as compared with traditional tidal volumes for acute lung injury and the acute respiratory distress syndrome. *N Engl J Med* 2000; 342:1301–8.
- [21] Mercat A, Richard JC, Vieille B, Jaber S, Osman D, Diehl JL, et al. Positive end-expiratory pressure setting in adults with acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 2008;299:646–55.
- [22] Meade MO, Cook DJ, Guyatt GH, Slutsky AS, Arabi YM, Cooper DJ, et al. Ventilation strategy using low tidal volumes, recruitment maneuvers, and high positive end-expiratory pressure for acute lung injury and acute respiratory distress syndrome: a randomized controlled trial. *JAMA* 2008;299:637–45.
- [23] Adhikari NK, Burns KE, Friedrich JO, Granton JT, Cook DJ, Meade MO. Effect of nitric oxide on oxygenation and mortality in acute lung injury: systematic review and meta-analysis. *BMJ* 2007;334:779.
- [24] Mancebo J, Fernandez R, Blanch L, Rialp G, Gordo F, Ferrer M, et al. A multicenter trial of prolonged prone ventilation in severe acute respiratory distress syndrome. *Am J Respir Crit Care Med* 2006;173:1233–9.
- [25] Guerin C, Gaillard S, Lemasson S, Ayzac L, Girard R, Beuret P, et al. Effects of systematic prone positioning in hypoxemic acute respiratory failure: a randomized controlled trial. *JAMA* 2004;292:2379–87.
- [26] Ko WJ, Lin CY, Chen RJ, Wang SS, Lin FY, Chen YS. Extracorporeal membrane oxygenation support for adult postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg* 2002;73:538–45.
- [27] Magovern Jr GJ, Magovern JA, Benckart DH, Lazzara RR, Sakert T, Maher Jr TD, et al. Extracorporeal membrane oxygenation: preliminary results in patients with postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg* 1994;57:1462–8, 69-71 discussion.
- [28] Sauren LD, Reesink KD, Selder JL, Beghi C, van der Veen FH, Maessen JG. The acute effect of intra-aortic balloon counterpulsation during extracorporeal life support: an experimental study. *Artif Organs* 2007;31:31–8.
- [29] Vlasselaers D, Desmet M, Desmet L, Meyns B, Dens J. Ventricular unloading with a miniature axial flow pump in combination with extracorporeal membrane oxygenation. *Intensive Care Med* 2006;32:329–33.
- [30] Pagani FD, Lynch W, Swaniker F, Dyke DB, Bartlett R, Koelling T, et al. Extracorporeal life support to left ventricular assist device bridge to heart transplant: A strategy to optimize survival and resource utilization. *Circulation* 1999;100(Suppl. 19):II206–10.
- [31] Pages ON, Aubert S, Combes A, Luyt CE, Pavie A, Leger P, et al. Paracorporeal pulsatile biventricular assist device versus extracorporeal membrane oxygenation-extracorporeal life support in adult fulminant myocarditis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137:194–7.
- [32] Hitt EP. CESAR Trial: Extracorporeal Membrane Oxygenation Improves Survival in Patients With Severe Respiratory Failure. <http://www.medscape.com/viewarticle/569740>.