

INDICATIONS DE L'ASSISTANCE CIRCULATOIRE

Alain Combes

Service de Réanimation Médicale, Institut de Cardiologie, Groupe Hospitalier Pitié-Salpêtrière
47, boulevard de l'Hôpital, 75651 Paris Cedex 13, France. E-mail : alain.combes@psl.aphp.fr

INTRODUCTION

Les techniques d'assistance circulatoire se sont développées dans la 2^{ème} partie du 20^{ème} siècle parallèlement à l'essor de la chirurgie cardiaque et en particulier de la greffe cardiaque. Ainsi, la première implantation en 1966 d'une assistance ventriculaire pneumatique en attente de récupération de la fonction myocardique a précédé d'un an la première greffe cardiaque, puis ce fut l'implantation d'un cœur artificiel total en attente de greffe en 1969 et comme prise en charge définitive de l'insuffisance cardiaque terminale en 1984 [1].

Au début du 21^{ème} siècle, les assistances circulatoires demeurent des thérapeutiques d'exception, mises en œuvre dans des structures médico-chirurgicales expérimentées, compte tenu de la lourdeur et de la complexité de leur mise en place et de leur surveillance. Deux grandes catégories d'indications à leur implantation doivent être reconnues :

- Les insuffisances cardiaques aiguës (principalement choc cardiogénique après infarctus du myocarde, suite à une myocardite aiguë virale ou toxique, ou après circulation extracorporelle).
- Les indications dites « électives », pour les patients en insuffisance cardiaque chronique décompensée dont la vie est menacée à court terme malgré une prise en charge médico-chirurgicale optimale et au terme d'une concertation pluridisciplinaire.

Dans ce chapitre, nous décrirons succinctement les différentes techniques d'assistance, en préciserons leurs indications, en particulier en situation d'urgence et de réanimation, puis les complications qui leur sont associées. Nous insisterons tout particulièrement sur L'ECMO (Extra Corporeal Membrane Oxygenation), qui est, à la date d'aujourd'hui, l'assistance cardio-respiratoire de première ligne pour la prise en charge des chocs cardiogéniques réfractaires.

1. LES MACHINES (TABLEAU I)**Tableau I**

Systèmes d'assistance circulatoire : indications, avantages et inconvénients respectifs.

Type	Indications	Avantages	Inconvénients
Pompes centrifuges, avec ou sans ECMO	Infarctus aigu, intoxications par cardiotropes, IVG post CEC, myocardites	Simple, le moins cher, oxygénation possible	Courte durée, saignement canules, position allongée au lit stricte, hémorragies, sepsis, embolies
Ventricules pneumatiques hétérotopiques (Thoratec)	Attente de récupération ou de transplantation	Mono ou bi ventriculaire Machine fiable	Ventricule externes, hémorragies, sepsis, embolies
Ventricules implantables électromécaniques (Novacor, HeartMate VE)	Attente de récupération ou de transplantation, implantation définitive (HeartMate VE)	Utilisation possible au long cours, sortie du patient de l'hôpital,	Mono ventriculaire, implantation abdominale, hémorragies, sepsis, embolies
Pompes à débit continu (HeartMate II)	Attente de récupération ou de transplantation, implantation définitive	Utilisation possible au long cours, encombrement réduit, sortie du patient de l'hôpital,	Mono ventriculaire, débit continu au long terme ?
Cœur artificiel total (Cardiowest)	Défaillance bi ventriculaire, seulement en attente de la transplantation	Bi ventriculaire, efficacité hémodynamique	Patients peu mobiles du fait de la console, hémorragies, sepsis, embolies

1.1. LES POMPES NON OCCLUSIVES OU POMPES CENTRIFUGES

1.1.1. MATÉRIEL

Elles sont constituées d'un rotor mobile, électrique, qui propulse le sang soit par effet vortex, soit par l'intermédiaire d'ailettes. Comme toute pompe non occlusive, leur fonctionnement dépend directement de la précharge et de la post-charge. Elles peuvent être associées à un oxygénateur permettant ainsi de réaliser un cœur-poumon artificiel (ECMO, Extra Corporeal Membrane Oxygenation ; ou ECLS, Extra Corporeal Life Support) [2, 3]. Les canules d'entrée et de sortie de la pompe sont implantées soit en intra-thoracique par sternotomie soit au niveau des vaisseaux fémoraux, en utilisant la méthode Seldinger, après un abord à minima de la face antérieure des vaisseaux (Figure 1 et 2). Dans ce cas, l'implantation peut être réalisée au lit du patient sous anesthésie locale. En fonction de la morphologie du patient, le calibre des canules est de 18 à 20 French pour l'artère et de 25 à 30 French pour la veine. En cas d'implantation périphérique, et afin d'éviter toute ischémie de membre inférieur, un cathéter de perfusion de l'artère fémorale superficielle est branché en dérivation sur le circuit artériel.

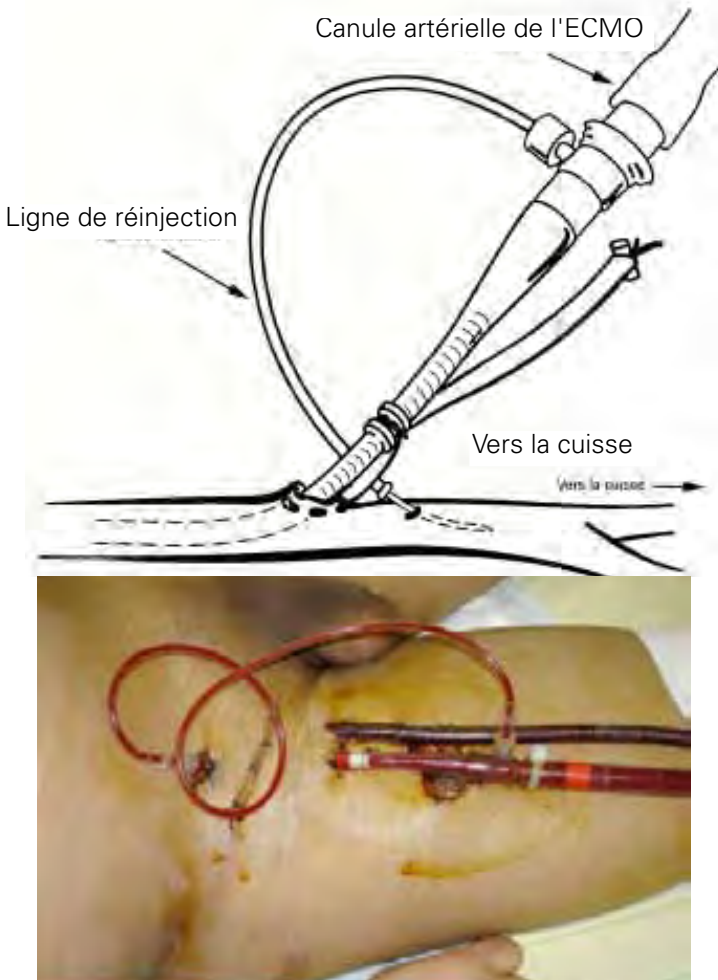


Figure 1 : Canulation fémorale pour une assistance type ECMO.



Figure 2 : 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 m/min pour 4100 t/min.

À côté de ces dispositifs de circulation extra-corporelle, il faut signaler la mise à disposition très récente de pompes miniaturisées, montées sur un cathéter, pouvant être insérées par voie percutanée fémorale rétrograde jusque dans la cavité ventriculaire gauche (Figure 3) et générant un débit d'assistance de 2,5 à 5 l/min (Impella™). Ces dispositifs, encore en phase d'évaluation clinique, ont un intérêt potentiel pour la prise en charge des chocs cardiogéniques, même si les résultats préliminaires incitent à la prudence.

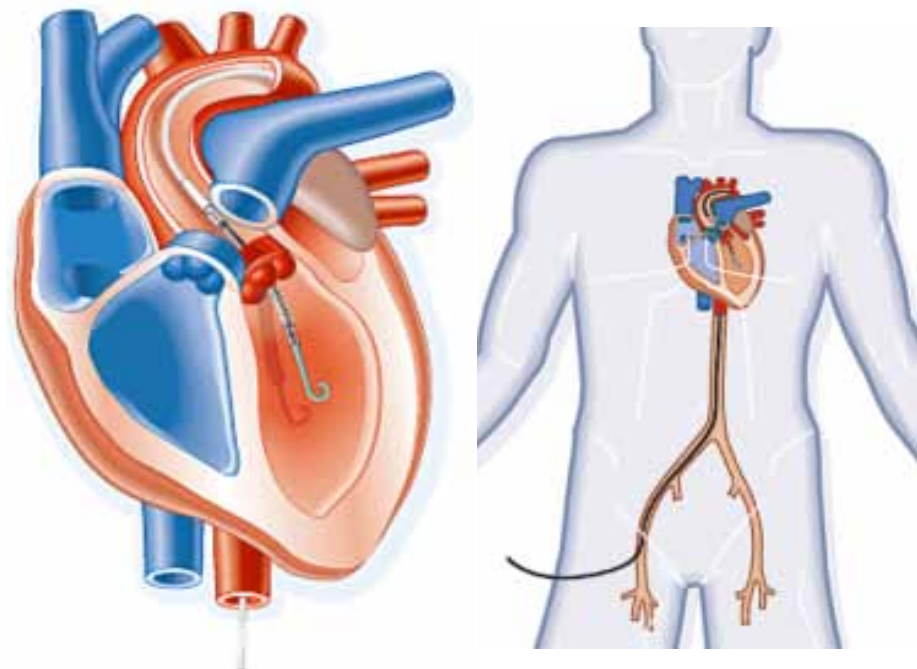


Figure 3 : Assistance ventriculaire gauche par pompe Impella™.

1.1.2. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

La facilité et le caractère peu invasif de l'implantation de ces pompes constituent un avantage important, notamment dans le cadre de l'urgence, ce d'autant que l'ECMO peut suppléer simultanément les fonctions cardiaque et pulmonaire. Le faible coût (2 à 40 fois moindre que les autres matériels d'assistance circulatoire) permet une utilisation large chez des patients à haut risque chirurgical ou lorsqu'il existe une incertitude neurologique. Ces systèmes sont conçus pour être utilisés sur de courtes durées, même si les circuits et oxygénateurs actuels permettent de ne changer ces éléments que tous les 7 à 15 jours. Enfin, ces systèmes ne laissent aucune autonomie au patient qui est confiné au lit, en particulier si la technique périphérique fémoro-fémorale est utilisée.

1.2. VENTRICULES PNEUMATIQUES HÉTÉROTOPIQUES.

1.2.1. MATÉRIEL

Il s'agit de systèmes d'assistance pulsatile entraînés par une énergie pneumatique, les ventricules artificiels étant en dérivation sur la circulation et le cœur natif laissé en place [1]. Ils peuvent être utilisés en assistance mono-ventriculaire gauche, mono-ventriculaire droite ou bi-ventriculaire. Le système le plus utilisé est le ThoratecTM [4] (Figure 4). Le système est relié à un compresseur portable (Figure 4).

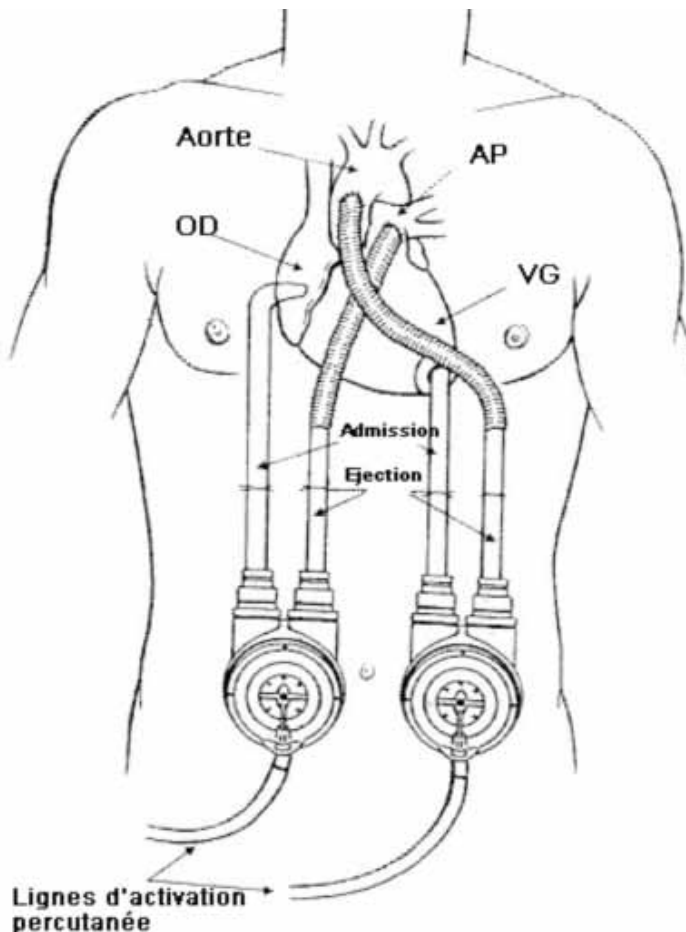


Figure 4 : Assistance bi-ventriculaire ThoratecTM.

1.2.2. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

L'avantage essentiel des systèmes pneumatiques hétérotopiques est leur grande versatilité. Ces systèmes permettent en effet de pratiquer indifféremment des assistances mono-ventriculaires droite ou gauche ou biventriculaires [4]. L'existence d'une console portable permet éventuellement aux patients de sortir de l'hôpital en attendant la greffe.

1.3. VENTRICULES IMPLANTABLES ÉLECTROMÉCANIQUES.

1.3.1. MATÉRIEL

Il s'agit d'assistances mono-ventriculaires gauches. Un électroaimant écrase un sac à sang et transforme ainsi l'énergie électrique en énergie mécanique (Figure 5).

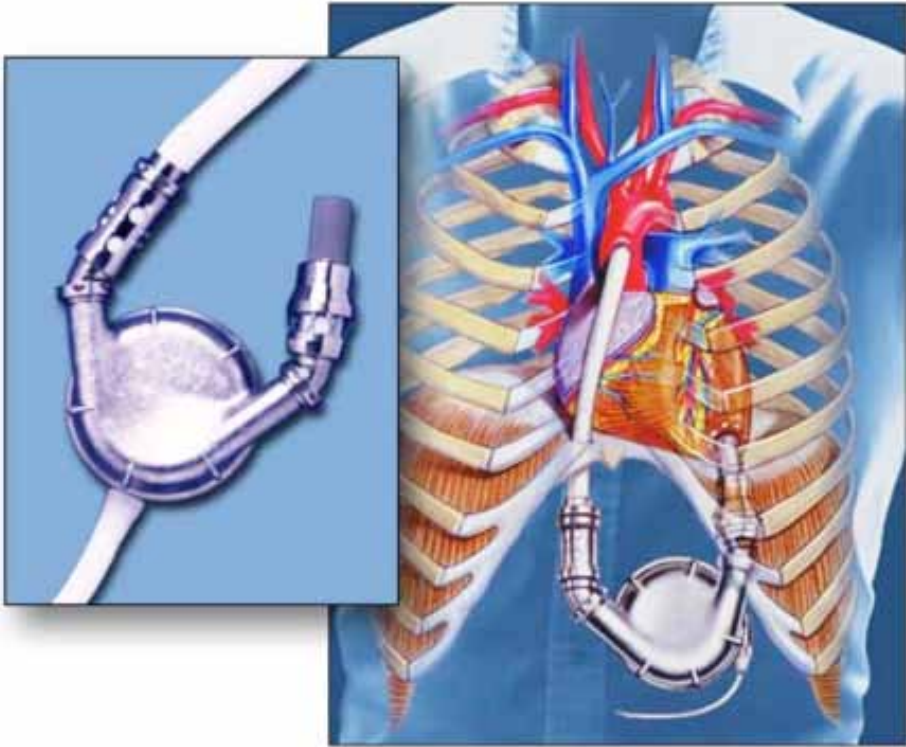


Figure 5 : Assistance mono-ventriculaire gauche HeartMate-VETM testée dans l'essai randomisé multicentrique REMATCH [33].

1.3.2. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Le caractère implantable des assistances électriques constitue un avantage majeur. Ces systèmes laissent en effet une excellente autonomie aux patients qui peuvent rentrer à domicile. Cependant, leur utilisation est réservée aux patients ayant une dysfonction ventriculaire gauche isolée.

1.4. POMPES IMPLANTABLES À DÉBIT CONTINU

1.4.1. MATÉRIEL

Il s'agit d'assistances mono-ventriculaires gauches, électriques, le cœur étant laissé en place. La canule d'admission est implantée à la pointe du ventricule gauche et le tube d'éjection est suturé en termino-latéral sur l'aorte ascendante (Figure 6). La pompe est implantée le plus souvent en intra-thoracique. On distingue les pompes axiales rotatives (Jarvik 2000, DeBakey, HeartMate II) [5, 6] et les pompes centrifuges (DuraHeart et VentrAssist).

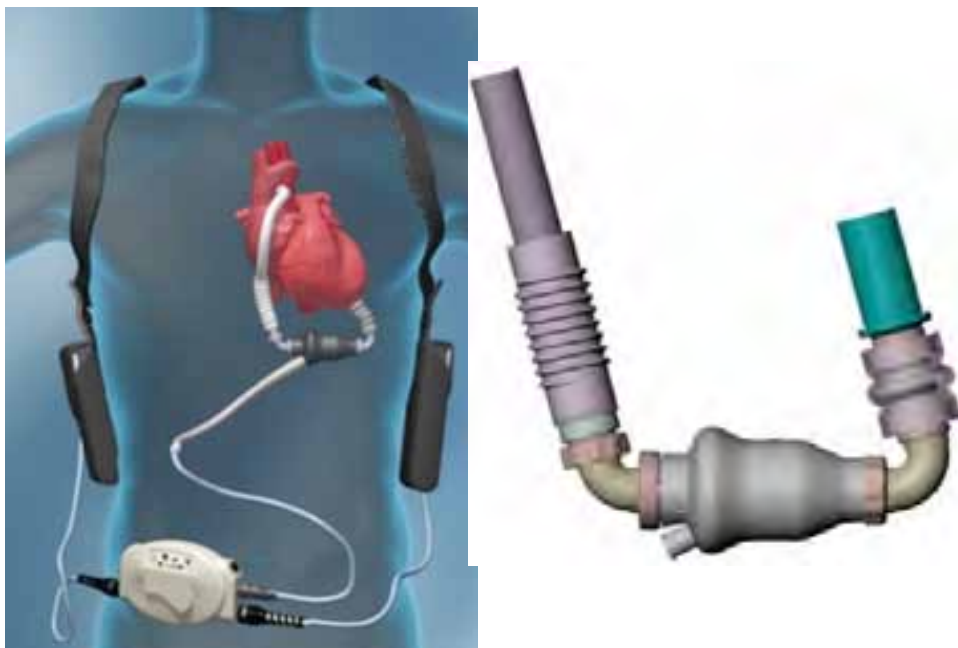


Figure 6 : Assistance monoventriculaire gauche par pompe axiale à débit continu HeartMate II™.

1.4.2. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Le caractère implantable de ces assistances électriques miniaturisées constitue un avantage majeur. Ces systèmes laissent en effet une excellente autonomie aux patients qui peuvent rentrer à domicile. Les complications infectieuses sont en théorie moins fréquentes qu'avec les dispositifs plus volumineux. Cependant, leur utilisation est réservée aux patients ayant une dysfonction ventriculaire gauche isolée.

1.5. CŒUR ARTIFICIEL TOTAL CARDIOWEST™

1.5.1. MATÉRIEL

Il est constitué de 2 ventricules pneumatiques implantés en position orthotopique à la place des ventricules natifs (Figure 7) et reliés par deux lignes d'activation transcutanées à une console de contrôle et un compresseur [7, 8].

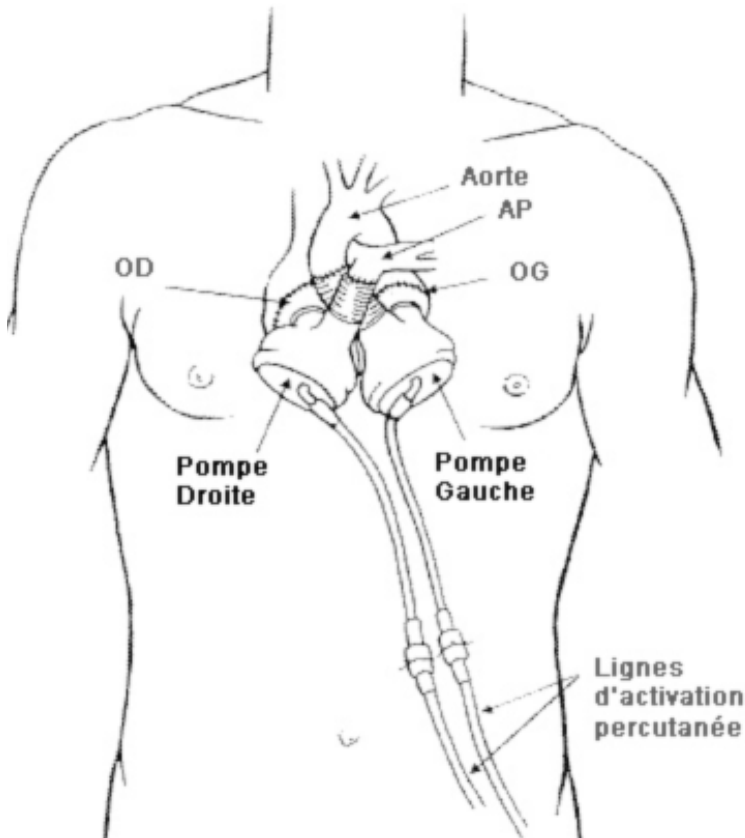


Figure 7 : Cœur artificiel total Cardiowest™.

1.5.2. AVANTAGES ET INCONVÉNIENTS

Le cœur artificiel total est un système extrêmement fiable permettant une suppléance hémodynamique de longue durée et est particulièrement efficace chez les patients les plus sévères [7, 8]. La résection complète des ventricules natifs permet de résoudre les problèmes liés aux troubles du rythme itératifs ou à l'existence de prothèses valvulaires. Bien entendu, il ne peut être utilisé qu'en attente de transplantation.

2. INDICATIONS – SÉLECTION DES PATIENTS

2.1. GÉNÉRALITÉS

La décision de mise en place d'une assistance circulatoire prend en compte de nombreux paramètres parmi lesquels on peut citer, la rapidité d'évolution de la maladie, les traitements qui ont été institués, le caractère réversible ou non de l'atteinte, le projet de greffe cardiaque en cas d'atteinte myocardique irréversible, l'état clinique du patient au moment de la prise en charge et le risque opératoire [1, 9]. D'une manière générale, avant toute discussion d'assistance, les critères suivants doivent être présents :

- Le malade présente des signes d'insuffisance cardiaque décompensée malgré un traitement inotrope maximal (et le plus souvent la mise en place d'un ballon de contre pulsion intra-aortique).

- Il existe des signes cliniques et hémodynamiques de choc cardiogénique (PAPO > 18 mmHg et IC < 2,2 l.min⁻¹.m²⁻¹).

C'est cette situation clinique que le réanimateur doit reconnaître précocement pour diriger le malade le plus rapidement possible vers un centre médico-chirurgical possédant la capacité d'implantation d'une assistance circulatoire. Ces pathologies peuvent en effet très rapidement évoluer vers le choc cardiogénique réfractaire et l'asystolie.

2.2. ETIOLOGIES

On distingue les indications « chirurgicales », en postopératoire immédiat d'une chirurgie cardiaque conventionnelle ou d'une transplantation cardiaque, lorsque le sevrage de la CEC est impossible [10] et les indications « médicales » : infarctus du myocarde [11], myocardite fulminante [12], intoxications aiguës par drogues cardiotoxiques à effet stabilisant de membrane [13-15], rejet aigu de greffe cardiaque [3], insuffisance cardiaque terminale sur cardiomyopathie dilatée idiopathique ou ischémique, arrêt cardio-circulatoire [15-19] et plus exceptionnellement, embolie pulmonaire grave [20], hypothermies profondes [21], et défaillance cardiaque sévère dans le cadre d'un choc septique. Le choc cardiogénique à la phase aiguë de l'infarctus représente la pathologie faisant le plus fréquemment discuter une assistance en urgence [22]. L'incidence du choc cardiogénique est stable depuis 20 ans touchant 5 à 7 % des infarctus du myocarde admis en unité de soins intensifs [22, 23]. Sa survenue demeure une complication redoutable avec une mortalité extrêmement élevée de l'ordre de 60 à 70 % [22-26].

3. L'ECMO EST L'ASSISTANCE CIRCULATOIRE DE PREMIÈRE LIGNE

L'assistance cardio-respiratoire 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 (Figure 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 (Figure 1).

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 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. Cepen-

dant, d'autres signes de gravité doivent être reconnus précocement : douleurs abdominales, nausées, baisse du niveau de conscience, tachycardie majeure ou troubles du rythme sous 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 médico-chirurgical de référence [27]. Par ailleurs, la mise en place d'une ECMO à visée thérapeutique en cas d'arrêt cardiaque intra-hospitalier ou a fortiori extra-hospitalier doit être discutée sur des critères très stricts [15-19], 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 multi-disciplinaire français [28] a récemment proposé un algorithme définissant les situations où l'implantation d'une ECMO est raisonnable dans ces situations (Figure 8).

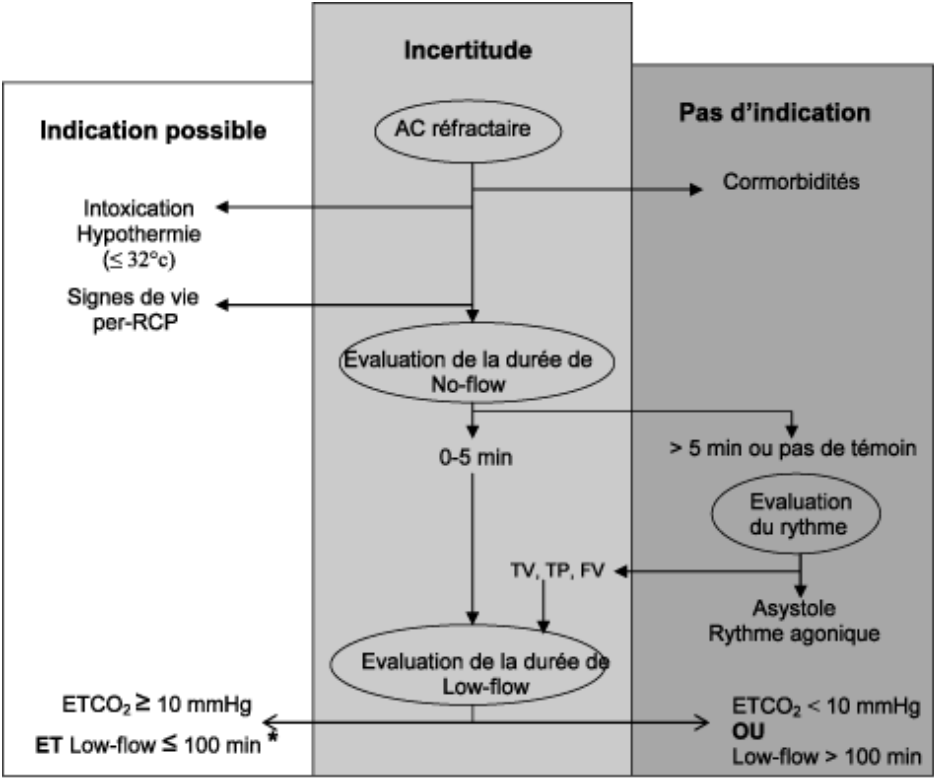


Figure 8 : Proposition d'algorithme de décision d'une assistance circulatoire devant un arrêt cardiaque (AC) réfractaire [28]. RCP réanimation cardiopulmonaire ; TV : tachycardie ventriculaire ; FV : fibrillation ventriculaire ; TP : torsade de pointes ; ETCO₂ : concentration télé-expiratoire de CO₂ (évaluée 20 min après le début de la RCP médicalisée). * : une durée de RCP > 100 min 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.

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 le 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 ».
- La transplantation cardiaque, ou « bridge to transplantation ».

4. PRISE EN CHARGE EN RÉANIMATION D'UN MALADE SOUS ECMO

Le circuit d'ECMO doit être surveillé de manière pluri-quotidienne 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 SpO_2 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 2 et 2,5 fois le témoin ou une héparinémie entre 0,3 et 0,5 UI.ml⁻¹. Il n'est pas pratiqué de bolus d'héparine lors de la mise en place du circuit. De l'aspirine à dose anti-agrégante plaquettaire est prescrite lorsque le taux de plaquettes est > 75-100 G.l⁻¹ et en l'absence de saignement. Une association aspirine/clopidogrel est possible si le taux de plaquettes est > 500 G.l⁻¹ 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 < 50 G.l⁻¹ ou < 100 G.l⁻¹ en cas de saignement. 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⁻¹ 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, FiO_2 30-50 %, PEP à 10-15 cmH₂O, Vt réduit pour obtenir une pression de plateau < 20 cmH₂O, 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 CO_2 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 (PaO_2 < 200 mmHg) en sortie d'oxygénateur malgré une FiO_2 à 100 %, il est proposé de changer le circuit.

5. COMPLICATIONS SOUS ASSISTANCE

Les complications liées à la présence d'une assistance circulatoire sont nombreuses, parfois graves, voire fatales dans un délai extrêmement bref, motivant la prise en charge de ces malades au sein d'équipes médico-chirurgicales expérimentées et rompues à la mise en place et à la surveillance du dispositif [3, 18, 20, 27, 29-31].

5.1. HÉMORRAGIES

Les complications hémorragiques sont les complications les plus fréquentes sous assistance [32]. Selon les séries 30 à 60 % des malades devront être réopérés pour hémorragie [1]. Ces hémorragies sont à l'origine de transfusions massives elles-mêmes associées à des complications infectieuses, immunologiques et pulmonaires [32]. La nécessité d'un traitement antiagrégant et anticoagulant puissant majore par ailleurs ce risque hémorragique.

5.2. ACCIDENTS THROMBO-EMBOLIQUES

Les accidents thrombo-emboliques sont également très fréquents (entre 20 et 25 %) et responsables d'une morbidité importante sous assistance [1, 33].

Des examens Doppler transcrâniens ont même enregistré des embolies intracérébrales infracliniques pour 67 à 84 % des malades implantés [34].

5.3. ISCHÉMIE DE MEMBRE SOUS ECMO PÉRIPHÉRIQUE

Les complications ischémiques au niveau du membre où a été mise en place l'ECMO périphérique surviennent dans 10 à 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.

5.4. OAP SOUS ECMO

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 post-charge 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 post-charge ventriculaire gauche [35]. 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™ [36]. 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.

5.5. INFECTIONS

Les infections sous assistance peuvent être soit des infections nosocomiales (pulmonaire, urinaire, septicémies, endocardites sur les valves artificielles des machines), soit des infections du site opératoire (médiastinites), ou des infections locales liées à la présence de matériel étranger, de canules et lignes d'activation transcutanées. Selon les séries 25 à 75 % des patients bénéficiant de la mise en place d'une assistance développeront une infection [33, 37-42]. 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). Ces infections, en particulier locales, sont associées à une augmentation de la mortalité des malades mais ne constituent pas une contre-indication à la transplantation, qui est en fait le meilleur traitement de l'infection [38, 40, 41].

5.6. DYSFONCTION DE LA MACHINE

Les dysfonctions du système peuvent être dues à la pompe, à son contrôleur, ou aux lignes d'activations. L'incidence de ces complications semble relativement rare, au moins dans les premiers mois suivant l'implantation. Ainsi, dans l'essai REMATCH, aucun dysfonctionnement de la pompe n'est survenu dans les 12 premiers mois [33]. Par contre dans ce même essai, la probabilité de dysfonction de la machine à 2 ans, était de 35 % et la machine a dû être partiellement ou totalement remplacée chez 10 des 68 patients implantés [33]. Ces accidents semblent toutefois plus rares avec les nouvelles pompes à débit continu [42].

5.7. AUTRES COMPLICATIONS

Les autres complications rencontrées sous assistance sont l'hémolyse, les troubles neuro-psychiques (état dépressif, en particulier), les insuffisances cardiaques droites lors d'une implantation d'une assistance monoventriculaire gauche et les défaillances multiviscérales, précoces en cas d'implantation de la machine chez un patient ayant des signes de retentissement majeur du choc cardiogénique ou plus tardives, en cas de sepsis sévère par exemple.

6. 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 [2, 3, 10, 20]. 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 [43]. 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 [20] ont étudié 46 patients ayant bénéficié d'une ECMO, 25 pour choc cardiogénique et 21 dans les suites d'un arrêt cardio-circulatoire. Dans cette cohorte, 61 % des patients ont pu être sevrés 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 taïwanaise de Chen et al a montré qu'une durée de « low-flow » de plus de 90 minutes dans le cadre d'un arrêt cardiaque intra-hospitalier était associée un pronostic très péjoratif [17, 18]. 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 (Figure 8). 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 un recul médian de 11 mois, tout en bénéficiant d'une qualité de vie tout à fait satisfaisante [27]. 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 [27], 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 équipe mobile d'assistance circulatoire (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.

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 médico-chirurgical 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 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 médico-chirurgical 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.

RÉFÉRENCES BIBLIOGRAPHIQUES

- [1] Goldstein DJ, Oz MC, Rose EA. Implantable left ventricular assist devices. *N Engl J Med* 1998;339:1522-33.
- [2] 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(19 Suppl):II206-10.
- [3] Magovern GJ, Jr., Simpson KA. Extracorporeal membrane oxygenation for adult cardiac support: the Allegheny experience. *Ann Thorac Surg* 1999;68:655-61.
- [4] McBride LR, Naunheim KS, Fiore AC, Moroney DA, Swartz MT. Clinical experience with 111 thoratec ventricular assist devices. *Ann Thorac Surg* 1999;67:1233-8.
- [5] Burke DJ, Burke E, Parsaie F, Poirier V, Butler K, Thomas D, et al. The Heartmate II: design and development of a fully sealed axial flow left ventricular assist system. *Artif Organs* 2001;25:380-5.
- [6] Westaby S, Banning AP, Jarvik R, Frazier OH, Pigott DW, Jin XY, et al. First permanent implant of the Jarvik 2000 Heart. *Lancet* 2000;356:900-3.
- [7] Copeland JG, Smith RG, Arabia FA, Nolan PE, Sethi GK, Tsau PH, et al. Cardiac replacement with a total artificial heart as a bridge to transplantation. *N Engl J Med* 2004;351:859-67.
- [8] Copeland JG, 3rd, Smith RG, Arabia FA, Nolan PE, Mehta VK, McCarthy MS, et al. Comparison of the CardioWest total artificial heart, the novacor left ventricular assist system and the thoratec ventricular assist system in bridge to transplantation. *Ann Thorac Surg* 2001;71:S92-7.
- [9] Aaronson KD, Patel H, Pagani FD. Patient selection for left ventricular assist device therapy. *Ann Thorac Surg* 2003;75:S29-35.
- [10] 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.
- [11] 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.

- [12] Feldman AM, McNamara D. Myocarditis. *N Engl J Med* 2000;343:1388-98.
- [13] 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.
- [14] Goodwin DA, Lally KP, Null DM, Jr. Extracorporeal membrane oxygenation support for cardiac dysfunction from tricyclic antidepressant overdose. *Crit Care Med* 1993;21:625-7.
- [15] 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.
- [16] 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.
- [17] 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.
- [18] 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.
- [19] 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.
- [20] 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.
- [21] Vretenar DF, Urschel JD, Parrott JC, Unruh HW. Cardiopulmonary bypass resuscitation for accidental hypothermia. *Ann Thorac Surg* 1994;58:895-8.
- [22] Goldberg RJ, Samad NA, Yarzebski J, Gurwitz J, Bigelow C, Gore JM. Temporal trends in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *N Engl J Med* 1999;340:1162-8.
- [23] Carnendran L, Abboud R, Sleeper LA, Gurunathan R, Webb JG, Menon V, et al. Trends in cardiogenic shock: report from the SHOCK Study. *Eur Heart J* 2001;22:472-8.
- [24] Hochman JS, Sleeper LA, Webb JG, Sanborn TA, White HD, Talley JD, et al. Early revascularization in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. SHOCK Investigators. *N Engl J Med* 1999;341:625-34.
- [25] Babaev A, Frederick PD, Pasta DJ, Every N, Sichrovsky T, Hochman JS. Trends in management and outcomes of patients with acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *JAMA* 2005;294:448-54.
- [26] Fox KA, Steg PG, Eagle KA, Goodman SG, Anderson FA, Jr., Granger CB, et al. Decline in rates of death and heart failure in acute coronary syndromes, 1999-2006. *JAMA* 2007;297:1892-900.
- [27] 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.
- [28] 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>
- [29] 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.
- [30] Magovern GJ, Jr., Magovern JA, Benckart DH, Lazzara RR, Sakert T, Maher TD, Jr., et al. Extracorporeal membrane oxygenation: preliminary results in patients with postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg* 1994;57:1462-8; discussion 69-71.
- [31] Pagani FD, Aaronson KD, Dyke DB, Wright S, Swaniker F, Bartlett RH. Assessment of an extracorporeal life support to LVAD bridge to heart transplant strategy. *Ann Thorac Surg* 2000;70:1977-84; discussion 84-5.
- [32] Goldstein DJ, Beauford RB. Left ventricular assist devices and bleeding: adding insult to injury. *Ann Thorac Surg* 2003;75:S42-7.
- [33] Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ, Heitjan DF, Stevenson LW, Dembitsky W, et al. Long-term mechanical left ventricular assistance for end-stage heart failure. *N Engl J Med* 2001;345:1435-43.

- [34] Nabavi DG, Georgiadis D, Mumme T, Schmid C, Mackay TG, Scheld HH, et al. Clinical relevance of intracranial microembolic signals in patients with left ventricular assist devices. A prospective study. *Stroke* 1996;27:891-6.
- [35] 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.
- [36] 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.
- [37] Gordon SM, Schmitt SK, Jacobs M, Smedira NM, Goormastic M, Banbury MK, et al. Nosocomial bloodstream infections in patients with implantable left ventricular assist devices. *Ann Thorac Surg* 2001;72:725-30.
- [38] Prendergast TW, Todd BA, Beyer AJ, 3rd, Furukawa S, Eisen HJ, Addonizio VP, et al. Management of left ventricular assist device infection with heart transplantation. *Ann Thorac Surg* 1997;64:142-7.
- [39] Mekontso-Dessap A, Kirsch M, Vermes E, Brun-Buisson C, Loisançe D, Houel R. Nosocomial infections occurring during receipt of circulatory support with the paracorporeal ventricular assist system. *Clin Infect Dis* 2002;35:1308-15.
- [40] Herrmann M, Weyand M, Greshake B, von Eiff C, Proctor RA, Scheld HH, et al. Left ventricular assist device infection is associated with increased mortality but is not a contraindication to transplantation. *Circulation* 1997;95:814-7.
- [41] Sinha P, Chen JM, Flannery M, Scully BE, Oz MC, Edwards NM. Infections during left ventricular assist device support do not affect posttransplant outcomes. *Circulation* 2000;102:III194-9.
- [42] Miller LW, Pagani FD, Russell SD, John R, Boyle AJ, Aaronson KD, et al. Use of a continuous-flow device in patients awaiting heart transplantation. *N Engl J Med* 2007;357:885-96.
- [43] Pages ON, Aubert S, Combes A, Luyt CE, Pavie A, Leger P, et al. Paracorporeal pulsatile bi-ventricular assist device versus extracorporeal membrane oxygenation-extracorporeal life support in adult fulminant myocarditis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137:194-7.