



**HAL**  
open science

# Extracorporeal life support dans la prise en charge du choc cardiogénique et arrêt cardiaque réfractaire

Matteo Pozzi

► **To cite this version:**

Matteo Pozzi. Extracorporeal life support dans la prise en charge du choc cardiogénique et arrêt cardiaque réfractaire. Cardiologie et système cardiovasculaire. Université de Lyon, 2019. Français. NNT : 2019LYSE1002 . tel-02021165

**HAL Id: tel-02021165**

**<https://theses.hal.science/tel-02021165>**

Submitted on 15 Feb 2019

**HAL** is a multi-disciplinary open access archive for the deposit and dissemination of scientific research documents, whether they are published or not. The documents may come from teaching and research institutions in France or abroad, or from public or private research centers.

L'archive ouverte pluridisciplinaire **HAL**, est destinée au dépôt et à la diffusion de documents scientifiques de niveau recherche, publiés ou non, émanant des établissements d'enseignement et de recherche français ou étrangers, des laboratoires publics ou privés.



N°d'ordre NNT : 2019LYSE1002

## **THESE de DOCTORAT DE L'UNIVERSITE DE LYON**

opérée au sein de  
**l'Université Claude Bernard Lyon 1**

**Ecole Doctorale N° 205**  
**Ecole Doctorale Interdisciplinaire Sciences-Santé (EDISS)**

**Spécialité de doctorat** : Physiologie cardiovasculaire, métabolisme,  
endocrinologie, nutrition

**Discipline** : Recherche Clinique

Soutenue publiquement le 10/01/2019, par :

**Matteo POZZI**

---

# **Extracorporeal life support dans la prise en charge du choc cardiogénique et arrêt cardiaque réfractaire**

---

Devant le jury composé de :

**VINCENELLI, André** - Professeur des Universités - Praticien Hospitalier - Université Lille Nord de France - **Rapporteur**

**DERUMEAUX, Geneviève** - Professeur des Universités - Praticien Hospitalier - Université Paris Est Créteil - **Rapporteur**

**LEPRINCE, Pascal** - Professeur des Universités - Praticien Hospitalier - Université Pierre et Marie Curie - **Examineur**

**THIBAULT, Hélène** - Professeur des Universités - Praticien Hospitalier - Université Claude Bernard Lyon 1 - **Examinatrice**

**OBADIA, Jean François** - Professeur des Universités - Praticien Hospitalier - Université Claude Bernard Lyon 1 - **Directeur de Thèse**

## UNIVERSITE CLAUDE BERNARD - LYON 1

### **Président de l'Université**

Président du Conseil Académique

Vice-président du Conseil d'Administration

Vice-président du Conseil Formation et Vie Universitaire

Vice-président de la Commission Recherche

Directeur Général des Services

**M. le Professeur Frédéric FLEURY**

M. le Professeur Hamda BEN HADID

M. le Professeur Didier REVEL

M. le Professeur Philippe CHEVALIER

M. Fabrice VALLÉE

M. Alain HELLEU

### ***COMPOSANTES SANTE***

Faculté de Médecine Lyon Est – Claude Bernard

Faculté de Médecine et de Maïeutique Lyon Sud – Charles Mérieux

Faculté d'Odontologie

Institut des Sciences Pharmaceutiques et Biologiques

Institut des Sciences et Techniques de la Réadaptation

Département de formation et Centre de Recherche en Biologie Humaine

Directeur : M. le Professeur J. ETIENNE

Directeur : Mme la Professeure C. BURILLON

Directeur : M. le Professeur D. BOURGEOIS

Directeur : Mme la Professeure C. VINCIGUERRA

Directeur : M. le Professeur Y. MATILLON

Directeur : Mme la Professeure A-M. SCHOTT

### ***COMPOSANTES ET DEPARTEMENTS DE SCIENCES ET TECHNOLOGIE***

Faculté des Sciences et Technologies

Département Biologie

Département Chimie Biochimie

Département GEP

Département Informatique

Département Mathématiques

Département Mécanique

Département Physique

UFR Sciences et Techniques des Activités Physiques et Sportives

Observatoire des Sciences de l'Univers de Lyon

Polytech Lyon

Ecole Supérieure de Chimie Physique Electronique

Institut Universitaire de Technologie de Lyon 1

Ecole Supérieure du Professorat et de l'Education

Institut de Science Financière et d'Assurances

Directeur : M. F. DE MARCHI

Directeur : M. le Professeur F. THEVENARD

Directeur : Mme C. FELIX

Directeur : M. Hassan HAMMOURI

Directeur : M. le Professeur S. AKKOUICHE

Directeur : M. le Professeur G. TOMANOV

Directeur : M. le Professeur H. BEN HADID

Directeur : M. le Professeur J-C PLENET

Directeur : M. Y. VANPOULLE

Directeur : M. B. GUIDERDONI

Directeur : M. le Professeur E. PERRIN

Directeur : M. G. PIGNAULT

Directeur : M. le Professeur C. VITON

Directeur : M. le Professeur A. MOUGNIOTTE

Directeur : M. N. LEBOISNE

## REMERCIEMENTS

### **Professeur Jean François OBADIA**

Je vous suis infiniment reconnaissant pour vos enseignements, vos conseils et votre soutien depuis mon arrivée dans votre service. Je vous remercie très sincèrement pour tout ce que vous m'avez appris au fil du temps et la possibilité de travailler avec vous m'apporte un enrichissement professionnel constant. Votre force de travail a toujours été pour moi un véritable modèle. Je vous remercie d'avoir cru en ce travail et de m'avoir guidé tout au long de sa réalisation. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de ma sincère reconnaissance, de mon admiration et de mon profond respect.

**Professeur André VINCENTELLI**

Je vous remercie très sincèrement pour votre disponibilité et je vous suis reconnaissant du grand honneur que vous me faites de participer à mon jury de thèse. Votre gentillesse et votre disponibilité resteront pour moi des exemples. Votre expertise des assistances circulatoires mécaniques et de la transplantation cardiaque viendra enrichir ce travail de thèse.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de ma sincère gratitude et de mon profond respect.

**Professeur Geneviève DERUMEAUX**

Je vous suis reconnaissant du grand honneur que vous me faites de participer à mon jury de thèse. En acceptant de juger ce travail, vous me permettez de vous remercier pour votre disponibilité malgré votre énorme charge de travail. Veuillez trouver dans ce travail le témoignage de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

**Professeur Pascal LEPRINCE**

Je vous suis reconnaissant pour votre disponibilité à participer à mon jury de thèse, malgré votre énorme charge de travail.

Votre rencontre lors de mon expérience à l'Hôpital de la Pitié-Salpêtrière, votre force de travail et votre enthousiasme m'ont fait découvrir l'univers des assistances circulatoires mécaniques.

Votre expertise des assistances circulatoires mécaniques et de la transplantation cardiaque rend votre présence primordiale.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de ma sincère reconnaissance et de mon profond respect.

**Professeur Hélène THIBAULT**

Je vous remercie pour votre disponibilité à participer à mon jury de thèse.

Votre professionnalisme, votre humanité, votre gentillesse et votre simplicité  
m'ont toujours impressionné.

Soyez assurée de ma grande admiration et de mon profond respect.

Veillez trouver dans ce travail le témoignage de ma sincère reconnaissance et de  
mon profond respect.



## RESUME

L'insuffisance cardiaque aigue est une émergence médicale qui nécessite une prise en charge multidisciplinaire. L'*Extracorporeal Life Support* (ECLS) peut être envisagé comme option thérapeutique pour les formes d'insuffisance cardiaque aigue réfractaire au traitement conventionnel. L'objectif de ce projet de recherche clinique est de fournir une vue d'ensemble de l'ECLS dans la prise en charge du choc cardiogénique et de l'arrêt cardiaque réfractaire. L'intoxication médicamenteuse et la myocardite sont les meilleures indications à l'implantation de l'ECLS en considération de leur potentiel de récupération myocardique très élevé. La défaillance primaire du greffon après transplantation cardiaque et l'infarctus du myocarde présentent des résultats plus mitigés avec l'ECLS en raison d'une physiopathologie plus complexe. Le choc cardiogénique postcardiotomie après une intervention de chirurgie cardiaque montre des résultats décevants en raison du profil préopératoire des patients. L'arrêt cardiaque aussi exige une prise en charge immédiate et l'ECLS peut être considéré comme une solution thérapeutique de sauvetage. Une meilleure sélection des patients s'impose afin d'améliorer les résultats de l'ECLS pour l'arrêt cardiaque réfractaire intrahospitalier. Les résultats de l'ECLS pour l'arrêt cardiaque réfractaire extrahospitalier sont dictés principalement par le temps de réanimation cardio-pulmonaire et le rythme cardiaque. Les rythmes non choquables pourraient être considérés comme une contre-indication formelle à l'utilisation de l'ECLS autorisant une concentration de nos efforts sur les rythmes choquables où les chances de survie sont plus importantes.

**MOTS CLES:** choc cardiogénique, arrêt cardiaque réfractaire, réanimation cardio-pulmonaire, assistance circulatoire mécanique, *extracorporeal life support*, *extracorporeal membrane oxygenation*, transplantation cardiaque.

## **EXTRACORPOREAL LIFE SUPPORT IN THE MANAGEMENT OF REFRACTORY CARDIOGENIC SHOCK AND CARDIAC ARREST**

### **ABSTRACT**

Acute heart failure is a clinical situation requiring a prompt multidisciplinary approach. Extracorporeal Life Support (ECLS) could represent a therapeutic option for acute heart failure refractory to standard maximal treatment. The aim of this report is to offer an overview of ECLS in the management of refractory cardiogenic shock and cardiac arrest. Drug intoxication and myocarditis are the best indications of ECLS in consideration of their high potential of myocardial recovery. Primary graft dysfunction after heart transplantation and acute myocardial infarction show reduced survival rates owing to their more complex pathophysiology. Postcardiotomy cardiogenic shock after cardiac surgery operations displays poor outcomes due to the preoperative profile of the patients. ECLS could be also considered as a rescue solution for refractory cardiac arrest. A better selection of in-hospital cardiac arrest patients is mandatory to improve ECLS outcomes. In-hospital cardiac arrest patients with a reversible cause like drug intoxication and acute coronary syndrome should benefit from ECLS whereas end-stage cardiomyopathy and postcardiotomy patients with an unclear cause of cardiac arrest should be contraindicated to avoid futile support. ECLS for refractory out-of-hospital cardiac arrest should be limited in consideration of its poor, especially neurological, outcome and the results are mainly limited by the low-flow duration and cardiac rhythm. Non-shockable rhythms could be considered as a formal contraindication to ECLS for refractory out-of-hospital cardiac arrest allowing a concentration of our efforts on the shockable rhythms, where the chances of success are substantial.

**KEYWORDS:** cardiogenic shock, refractory cardiac arrest, cardiopulmonary resuscitation, mechanical circulatory support, extracorporeal life support, extracorporeal membrane oxygenation, heart transplantation.

## TABLE DES MATIERES

<b>1) Introduction</b>	page 12
<b>2) Assistances circulatoires mécaniques</b>	
2.1) <i>Définition</i>	page 13
2.2) <i>Classification</i>	page 13
<b>3) Extracorporeal life support</b>	
3.1) <i>Techniques d'implantation</i>	page 14
3.2) <i>Gestion</i>	page 19
3.3) <i>Sevrage</i>	page 20
<b>4) Indications</b>	
4.1) <i>Collection des données et analyse statistique</i>	page 21
<b>5) Choc cardiogénique</b>	
5.1) <i>Intoxication médicamenteuse</i>	page 23
5.2) <i>Myocardite</i>	page 29
5.3) <i>Défaillance primaire du greffon</i>	page 36
5.4) <i>Infarctus du myocarde</i>	page 45
5.5) <i>Syndrome postcardiotomie</i>	page 52
5.6) <i>Cardiomyopathie</i>	page 60
5.7) <i>Indications marginales</i>	page 61
<b>6) Arrêt cardiaque réfractaire</b>	
6.1) <i>Arrêt cardiaque réfractaire intrahospitalier</i>	page 61
6.2) <i>Arrêt cardiaque réfractaire extrahospitalier</i>	page 70
<b>7) Conclusions</b>	page 77
<b>8) Références</b>	page 79
<b>9) Annexes</b>	page 97

## LISTE DES ABBREVIATIONS ET ACRONYMES

ACM = Assistance Circulatoire Mécanique

ACR = Arrêt Cardiaque Réfractaire

AVC = Accident Vasculaire Cérébral

CPBIA = Contre-Pulsion par Ballon Intra-Aortique

CPC = *Cerebral Performance Category*

DPG = Défaillance Primaire du Greffon

DPG-D = Défaillance Primaire du Greffon Monoventriculaire Droite Isolée

DPG-G = Défaillance Primaire du Greffon Monoventriculaire Gauche ou Biventriculaire

ECLS = *Extracorporeal Life Support*

ECMO = *Extracorporeal Membrane Oxygenation*

ELSO = *Extracorporeal Life Support Organization*

$E_TCO_2$  = *End-Tidal Carbon Dioxide*

ETO = Echographie Transœsophagienne

FEVG = Fraction d'Ejection du Ventricule Gauche

IDM = Infarctus du Myocarde

INTERMACS = *Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support*

ISHLT = *International Society for Heart and Lung Transplantation*

ITV = Intégral Temps-Vélocité

NSTEMI = Syndrome Coronarien Aigu sans Sus-décalage du Segment ST

RC = Rythme Choquable

RCP = Réanimation Cardio-Pulmonaire

RNC = Rythme Non-Choquable

STEMI = Syndrome Coronarien Aigu avec Sus-décalage du Segment ST

SvO<sub>2</sub> = Saturation Veineuse Mixte en Oxygène

UMAC = Unité Mobile d'Assistance Circulatoire

## 1) INTRODUCTION

La pathologie cardiovasculaire intéresse approximativement 11% de la population adulte américaine et est actuellement la principale cause de mortalité à l'échelle mondiale [1]. En 2013, les décès attribuables aux maladies cardiovasculaires représentaient 31% du total des décès mondiaux [2].

Dans ce contexte, l'insuffisance cardiaque aigue et chronique occupe une place remarquable car sa prévalence est d'environ 1-2% de la population adulte dans les pays développés, passant à  $\geq 10\%$  chez les sujets au-delà de 70 ans [3]. Les prévisions statistiques montrent aussi que la prévalence de l'insuffisance cardiaque va augmenter de 46% entre 2012 et 2030, ce qui entraîne 8 millions de personnes de  $\geq 18$  ans souffrant d'insuffisance cardiaque [4].

En particulier, l'insuffisance cardiaque aigue peut se manifester sous la forme ou d'une décompensation aigue d'une cardiomyopathie terminale ou d'un choc cardiogénique d'apparition brutale. Dans tous les deux scénarios, il s'agit d'une émergence médicale qui nécessite une prise en charge multidisciplinaire rapide. Le traitement médical vise à améliorer la perfusion des organes en augmentant le débit cardiaque et la pression artérielle. Après remplissage volémique, le traitement médical prévoit l'utilisation d'un agent inotrope et/ou un vasopresseur en fonction du tableau clinique. L'épisode d'insuffisance cardiaque aigue peut se montrer réfractaire au traitement médical maximal et à la contre-pulsion par ballon intra-aortique (CPBIA) et, dans certains cas, les assistances circulatoires mécaniques (ACM) temporaires peuvent être utilisées comme solution thérapeutique de sauvetage. La Société Européenne de Cardiologie assigne une classe de recommandation IIb aux ACM de courte durée dans la prise en charge du choc cardiogénique réfractaire [5]. Les ACM temporaires sont donc indiquées comme « *bridge to decision* » afin de stabiliser l'état hémodynamique du patient et permettre une amélioration des fonctions rénale et hépatique. Leur utilisation est limitée à quelque semaine, période pendant laquelle on pourra évaluer la récupération myocardique qui nous amènera soit vers un sevrage du support circulatoire soit vers une transplantation cardiaque ou la mise en place d'une ACM de longue durée.

L'*Extracorporeal Life Support* (ECLS), ou autrement connu comme *Extracorporeal Membrane Oxygenation* (ECMO) véino-artérielle, est désormais l'ACM de choix dans ces situations d'urgence immédiate en considération de sa simplicité de mise en place, gestion et sevrage.

L'objectif de ce projet de recherche clinique est de fournir une vue d'ensemble de l'ECLS dans la prise en charge du choc cardiogénique et arrêt cardiaque réfractaires. Dans la première partie, nous définirons les principaux types d'ACM et décrirons les techniques d'implantation et les principes de la gestion de l'ECLS. La deuxième partie sera consacrée aux indications et résultats de l'ECLS en analysant les résultats de notre centre et en les comparant aux données de la littérature scientifique.

## 2) ASSISTANCES CIRCULATOIRES MECANIQUES

### 2.1) Définition

Une ACM est un dispositif artificiel qui permet de suppléer ou de remplacer la fonction cardiaque et/ou respiratoire, c'est-à-dire de fournir un débit sanguin et une oxygénation adaptés aux besoins du patient.

### 2.2) Classification

Bien qu'ils existent différents types de classification des ACM, la classification la plus utile sur le plan clinique les sépare en ACM temporaires et ACM de longue durée. Les ACM temporaires sont indiquées comme « *bridge to decision* » dans la prise en charge du choc cardiogénique sévère et de l'arrêt cardiaque réfractaire (ACR). Les ACM de longue durée trouvent leur place dans la prise en charge de l'insuffisance cardiaque terminale réfractaire au traitement médical maximal soit en amenant les patients à la transplantation cardiaque dans des meilleures conditions cliniques, fonctionnelles et biologiques (stratégie « *bridge to transplantation* ») soit comme traitement définitif pour les patients non éligibles à une transplantation cardiaque (stratégie « *destination therapy* »). Le Tableau 1 résume les principaux systèmes de classification des ACM.

**Tableau 1.** Classification des ACM.

Assistances circulatoires mécaniques	
Indication clinique	- Temporaire ou de courte durée - Durable ou de longue durée
Support ventriculaire	- Assistance monoventriculaire gauche - Assistance monoventriculaire droite - Assistance biventriculaire - Cœur total artificiel
Stratégie d'implantation	- <i>Bridge to recovery</i> - <i>Bridge to transplantation</i> - <i>Bridge to bridge</i> - <i>Bridge to candidacy</i> - <i>Destination therapy</i>
Flux	- Pulsatile - Continu → - Axial - Centrifuge

Site d'implantation	- Extracorporelle - Paracorporelle - Intracorporelle
Alimentation	- Pneumatique - Electrique

### 3) EXTRACORPOREAL LIFE SUPPORT

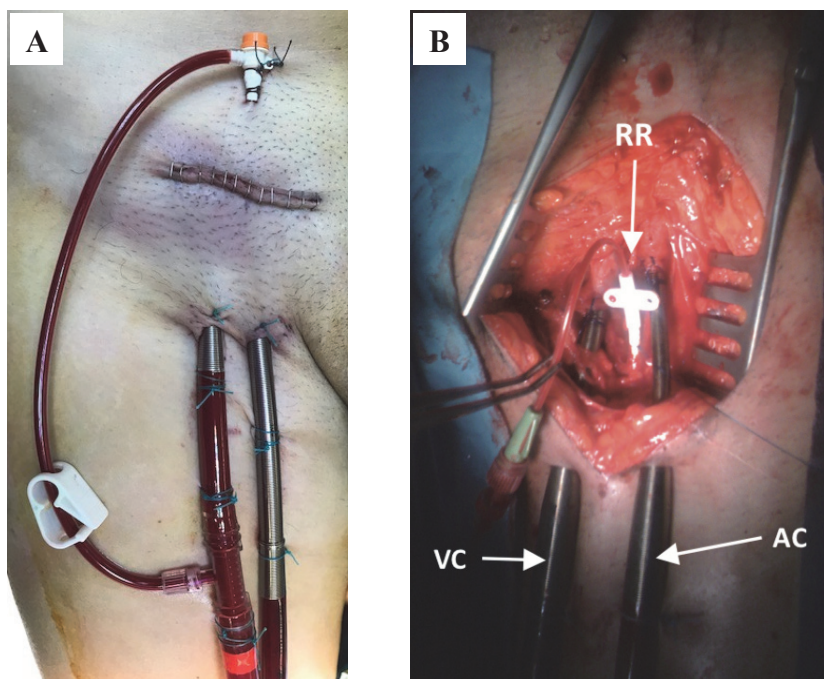
#### 3.1) Techniques d'implantation

L'ECLS est l'ACM de courte durée la plus utilisée. Son principe de fonctionnement ressemble à celui d'une circulation extracorporelle avec un drainage veineux, une pompe centrifuge, un oxygénateur et une réinjection artérielle. Son implantation peut être effectuée par voie périphérique ou centrale [6].

- **ECLS périphérique** : la voie d'abord classiquement utilisée est la voie fémorale. Traditionnellement il s'agit d'une **voie chirurgicale** réalisée après dissection des vaisseaux fémoraux au Triangle de Scarpa. Le type d'incision cutanée (longitudinale ou transversale) est laissé à la préférence du chirurgien (Figure 1). Les vaisseaux fémoraux sont exposés suffisamment (3-4 cm) pour permettre l'insertion des canules. Une bourse en polypropylène 4/0 est ensuite effectuée sur la veine et artère fémorale. Avant de procéder à la canulation des vaisseaux fémoraux, il est primordial de faire deux incisions longitudinales séparées (1 cm) à distance de la voie d'abord principale. Ces deux incisions supplémentaires représentent le site de sortie percutanée de chaque canule et doivent être idéalement effectuées selon l'axe longitudinal des vaisseaux fémoraux afin d'éviter tout *kinking* ou traction excessive. Le trajet sous-cutané qui sépare le site de sortie percutanée de chaque canule et les vaisseaux fémoraux doit être fermement disséqué afin de permettre une introduction harmonieuse des canules. Les canules veineuse et artérielle sont placées avec la technique de Seldinger modifiée. Cette technique hybride couple une approche chirurgicale directe et une technique percutanée : ponction du vaisseau, introduction du guide, dilatation progressive de l'orifice et, enfin, introduction de la canule sur le guide. Il est fortement conseillé de commencer par la canule veineuse. La canule veineuse (au moins 23 Fr pour assurer un débit satisfaisant) est remontée jusqu'à la jonction veine cave inférieure-oreillette droite et la canule artérielle (de 15 à 19 Fr) jusqu'à l'artère iliaque primitive. La canule artérielle doit être fixée solidement à la peau avant de la brancher au circuit afin d'éviter tout déplacement ou décanulation. Un cathéter artériel (5-7 Fr) est systématiquement implanté dans l'artère fémorale superficielle distalement au site d'entrée de la canule artérielle afin de

réduire le risque d'ischémie du membre inférieur. Ce cathéter est ensuite connecté en dérivation à la canule artérielle.

**Figure 1.** ECLS périphérique par voie chirurgicale. L'incision cutanée peut être (A) transversale ou (B) longitudinale.



AC = canule artérielle, RR = cathéter de perfusion du membre inférieur distal, VC = canule veineuse (modifié à partir de : Banfi C, Pozzi M, Brunner ME, et al. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: an overview of different cannulation techniques. J Thorac Dis 2016;8:E875-E885 [6]).

Il y a cependant quelques variantes de cette configuration chirurgicale traditionnelle. Par exemple, certaines équipes couplent une canulation veineuse percutanée avec une canulation artérielle chirurgicale controlatérale.

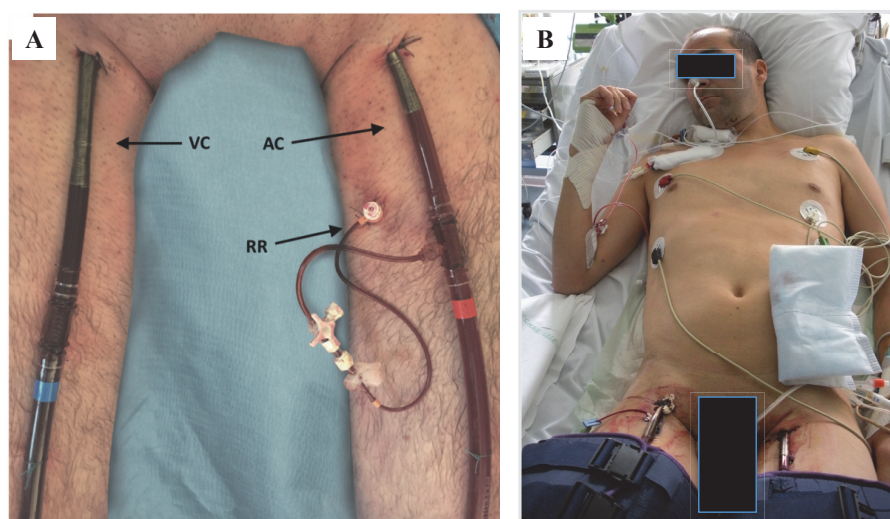
L'amélioration du profil des canules et des kits de ponction a permis une augmentation des implantations de l'ECLS périphérique par **voie percutanée** avec une collaboration de plus en plus étroite entre chirurgiens cardiaques, urgentistes, médecins réanimateurs et cardiologues. La procédure commence normalement par la ponction percutanée sous contrôle échographique de la veine fémorale droite et le guide est avancé de la veine fémorale à la veine cave supérieure avec la technique de Seldinger. Quand l'échographie transœsophagienne (ETO) est disponible, il est impératif de bien visualiser le guide dans la veine cave supérieure pendant la procédure afin de confirmer qu'il n'est pas passé à travers la valve tricuspide dans le ventricule droit, à travers le septum inter-auriculaire ou dans le sinus coronaire. Le site de ponction veineuse est dilaté progressivement et ensuite la canule



veineuse est remontée jusqu'à la jonction veine cave inférieure-oreillette droite. Pour la canulation artérielle, il est recommandé de ponctionner l'artère fémorale controlatérale. Si disponible, l'ETO confirme le passage du guide dans l'aorte thoracique descendante. La procédure est complétée par la mise en place d'un cathéter artériel (5-7 Fr) après repérage échographique de l'artère fémorale superficielle afin de réduire le risque d'ischémie du membre inférieur (Figure 2).

Le matériel et les instruments chirurgicaux ainsi que le circuit de l'ECLS sont généralement arrangés sur deux chariots transportables afin de permettre la pose directement au lit du patient en cas d'extrême instabilité hémodynamique. En outre, certaines équipes ont développé de véritables Unités Mobiles d'Assistance Circulatoire (UMAC) pour permettre l'implantation d'un ECLS périphérique à distance d'un centre de chirurgie cardiaque.

**Figure 2.** ECLS périphérique par voie percutanée.

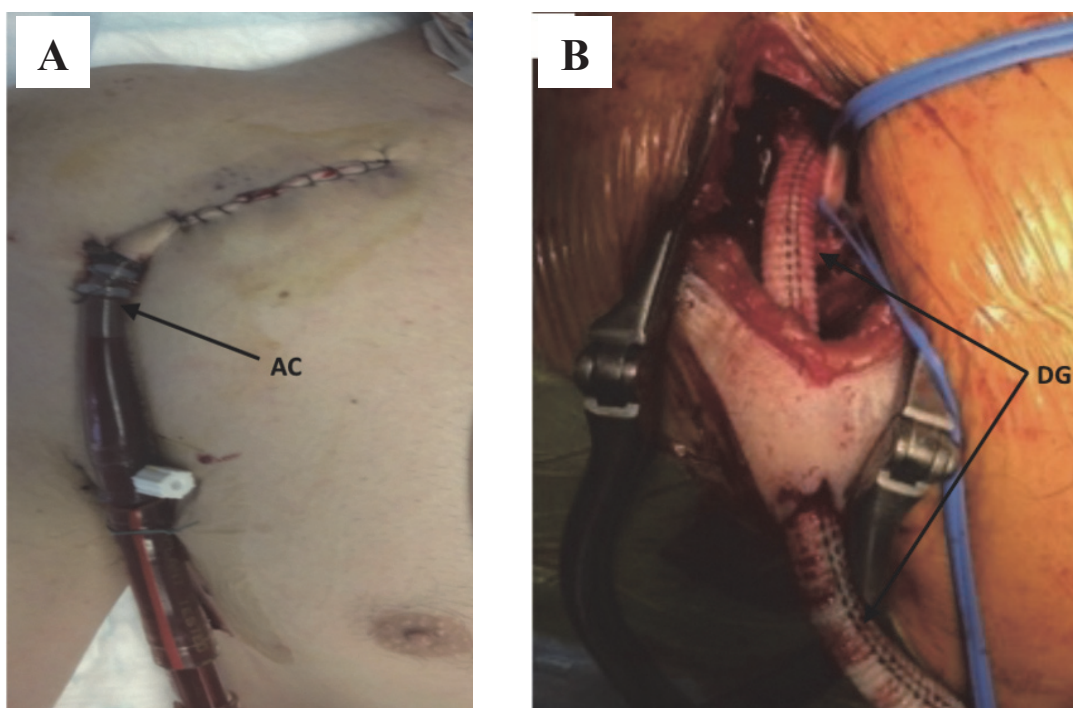


AC = canule artérielle, RR = cathéter de perfusion du membre inférieur distal, VC = canule veineuse (modifié à partir de : Banfi C, Pozzi M, Brunner ME, et al. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: an overview of different cannulation techniques. J Thorac Dis 2016;8:E875-E885 [6]).

La canulation chirurgicale ou percutanée de l'artère fémorale expose aux risques d'ischémie du membre inférieur, dissection, thrombose ou hémorragie rétro-péritonéale. En outre, la voie fémorale est formellement contre-indiquée en cas d'artériopathie ilio-fémorale sévère ou d'antécédents de chirurgie vasculaire. Dans ces circonstances, l'artère sous-clavière représente une **voie alternative** élégante et efficace pour l'implantation d'un ECLS périphérique [7,8]. L'artère sous-clavière (de préférence la droite) est exposée chirurgicalement au sillon delto-pectoral après section des muscles grand et petit pectoral. La canulation de l'artère sous-clavière peut être directe ou avec l'interposition d'une

prothèse vasculaire (Figure 3). Comme pour l'ECLS périphérique fémoral chirurgical, la canule artérielle (ou la prothèse vasculaire) dispose d'un orifice de sortie à travers une incision séparée à distance de la voie d'abord principale. Certaines équipes préconisent l'implantation d'un cathéter artériel (5-7 Fr) dans l'artère sous-clavière distalement au site d'entrée de la canule artérielle afin de réduire le risque d'ischémie du membre supérieur [9]. La canulation veineuse est réalisée d'habitude par voie veineuse fémorale percutanée. Autrement, la veine jugulaire interne droite peut être également envisagée pour le drainage veineux en autorisant une mobilisation plus précoce des patients [10]. L'ECLS périphérique sous-clavier présente certains avantages et inconvénients : 1) l'artère sous-clavière est rarement affectée par des lésions athéromateuses par rapport à l'artère fémorale; 2) la présence d'une circulation collatérale riche réduit le risque d'ischémie du membre supérieur; 3) la contamination bactérienne est moins probable dans cette région anatomique; 4) il assure un flux artériel antérograde; 5) la dissection chirurgicale pourrait être techniquement difficile chez les patients obèses; 6) il ne peut pas être utilisé chez les patients très instables en choc cardiogénique ou en ACR.

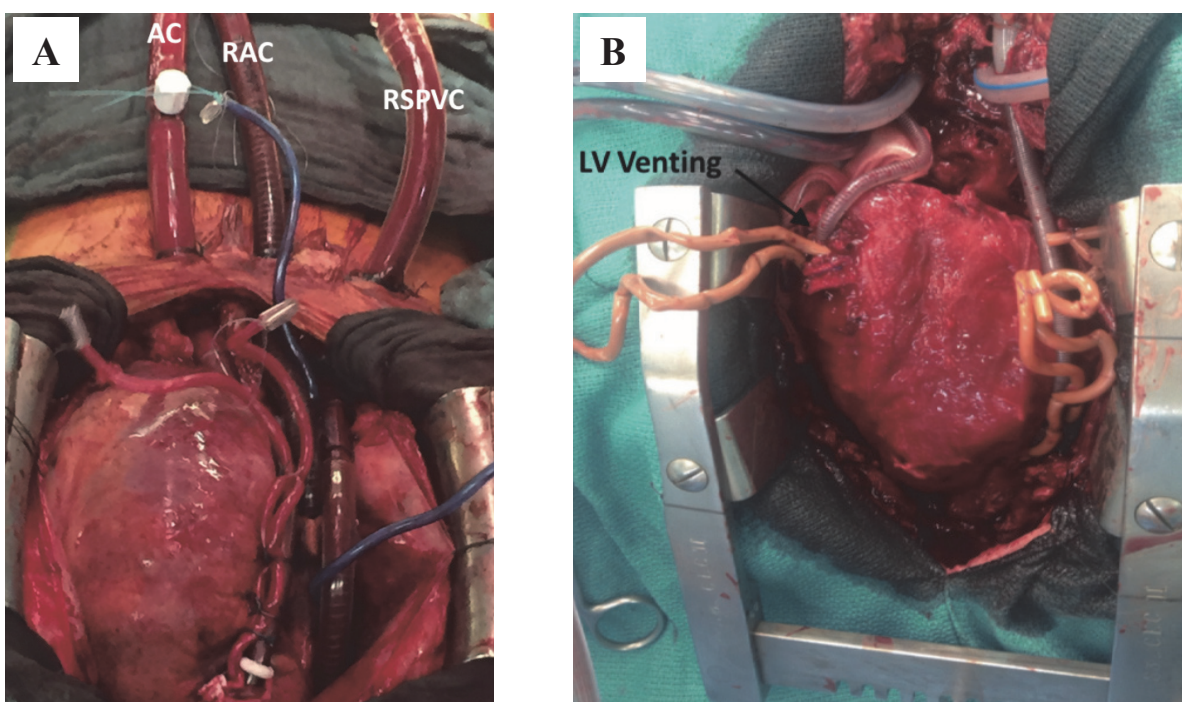
**Figure 3.** ECLS périphérique sous-clavier. La canulation de l'artère sous-clavière peut être (A) directe ou (B) avec l'interposition d'une prothèse vasculaire.



AC = canule artérielle, DG = prothèse vasculaire en Dacron (modifié à partir de : Banfi C, Pozzi M, Brunner ME, et al. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: an overview of different cannulation techniques. J Thorac Dis 2016;8:E875-E885 [6]).

- **ECLS central** : l'ECLS central ou intrathoracique est moins utilisé par rapport à l'ECLS périphérique. Il est généralement réservé au choc cardiogénique postcardiotomie ou à la défaillance primaire du greffon après transplantation cardiaque car la sternotomie médiane a déjà été réalisée. De plus, l'ECLS central est une solution efficace pour décharger le ventricule gauche des patients sous ECLS périphérique fémorale en œdème aigu du poumon. Une canule artérielle (18-20 Fr) est mise en place au niveau de l'aorte ascendante avec la technique de Seldinger modifiée. Le drainage veineux peut être assuré avec une canulation chirurgicale de l'oreillette droite ou percutanée de la veine fémorale. Si indiqué, une canule de décharge des cavités gauches peut être implantée à travers la veine pulmonaire supérieure droite ou à l'apex du ventricule gauche (Figure 4). La canule de décharge est connectée avec un raccord en Y à la ligne veineuse. Les canules sont ensuite toutes tunnellisées vers le bas dans la région épigastrique afin de permettre une fermeture sternale complète.

**Figure 4.** ECLS central. La canule de décharge des cavités gauches peut être implantée (A) à travers la veine pulmonaire supérieure droite ou (B) à l'apex du ventricule gauche.



AC = canule artérielle, LV venting = canule de décharge du ventricule gauche, RAC = canule dans l'oreillette droite, RSPVC = canule dans la veine pulmonaire supérieure droite (modifié à partir de : Banfi C, Pozzi M, Brunner ME, et al. Venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation: an overview of different cannulation techniques. J Thorac Dis 2016;8:E875-E885 [6]).

### 3.2) *Gestion*

L'indication à la pose d'un ECLS doit toujours faire l'objet d'une concertation pluridisciplinaire entre au moins un chirurgien cardiaque, un cardiologue et un médecin anesthésiste-réanimateur. L'âge >65 ans est une contre-indication relative à la pose d'un ECLS (en dehors de l'ACR extrahospitalier pour lequel nous avons un protocole spécifique qui sera détaillé ultérieurement). Par contre, la présence d'une séquelle neurologique irréversible connue et certaines comorbidités qui peuvent compromettre l'espérance de vie à court terme (<1 an) du patient sont de contre-indications absolues. L'équipe pour l'implantation d'un ECLS inclut : 1) un chirurgien cardiaque senior et un interne; 2) un médecin anesthésiste-réanimateur; 3) un perfusionniste pour la préparation et gestion du circuit; 4) deux infirmiers du bloc opératoire. L'ECLS périphérique implanté par voie chirurgicale représente notre technique de choix. Par contre, l'ECLS central est utilisé chez les patients avec des artères fémorales de très petit calibre ou en cas d'altération très sévère de la fonction ventriculaire gauche sans éjection ni ouverture de la valve aortique imposant la mise en place d'une canule de décharge des cavités gauches. L'anticoagulation systémique est réalisée immédiatement avant la canulation avec l'injection d'un bolus d'héparine (5000 UI). L'héparine n'est pas administrée si l'ECLS est implanté : 1) sous massage cardiaque en cas d'ACR intra ou extrahospitalier en raison de la présence d'anomalies spontanées de la coagulation; 2) directement de la circulation extracorporelle si le sevrage de celle-ci s'avère impossible.

A la fin de la procédure, après l'avoir complètement équipé et stabilisé sur le plan hémodynamique et respiratoire, le patient peut être amené à réaliser des examens diagnostiques et thérapeutiques complémentaires dictés en fonction du tableau clinique (coronarographie et éventuelle angioplastie primaire, scanner injecté, etc.).

A l'arrivée dans notre Service de Réanimation, le débit de l'ECLS est initialement adapté au débit cardiaque théorique du patient en fonction de sa surface corporelle. Un support inotrope avec de la dobutamine (associé à une optimisation du remplissage volémique) est normalement utilisé afin de conserver une éjection ventriculaire avec ouverture de la valve aortique et réduire le risque d'œdème aigu du poumon et thrombose intracardiaque. En outre, un support vasopresseur avec de la noradrénaline est nécessaire pour corriger les résistances vasculaires périphériques et maintenir une pression artérielle moyenne entre 60 et 80 mmHg. L'efficacité du support hémodynamique assuré par l'ECLS est ensuite monitoré avec : 1) pression artérielle moyenne et pression veineuse centrale; 2) saturation veineuse mixte en oxygène (SvO<sub>2</sub>); 3) lactates; 4) diurèse [11]. L'administration intraveineuse continue d'héparine non fractionnée vise un objectif de facteur anti-Xa entre 0.3 et 0.7 UI/mL pendant la période de support circulatoire mécanique. Pour les patients

sous ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie dans les suites d'une intervention de chirurgie cardiaque ou pour une défaillance primaire du greffon après transplantation cardiaque, l'anticoagulation est démarrée 6 heures après la fin de l'intervention chirurgicale si le saignement par les drains thoraciques est  $<50$  ml/heure. Enfin, le changement du circuit de l'ECLS est recommandé en cas de formation de thrombi dans le circuit, hémolyse et/ou oxygénation insatisfaisante.

### 3.3) *Sevrage*

L'évaluation neurologique est un des premiers objectifs de la prise en charge médicale d'un patient sous ECLS. Elle est réalisée cliniquement le plus rapidement possible à l'exception des patients qui ont reçu un ECLS pour un ACR, pour lesquels on préconise une période d'hypothermie ( $32-34^{\circ}\text{C}$ ) de 24 heures.

La réalisation quotidienne d'une ETO permet d'évaluer l'ouverture de la valve aortique, la distension des cavités gauches et la récupération myocardique. En cas d'absence de contractilité ventriculaire gauche avec stase sanguine intracardiaque et œdème pulmonaire, l'ECLS périphérique est converti à une configuration centrale avec une canule de décharge implantée à travers la veine pulmonaire supérieure droite ou à l'apex du ventricule gauche. Un test de sevrage de l'ECLS commence à être considéré après au moins 24 heures de stabilité hémodynamique et respiratoire [12]. Pendant le test de sevrage, le débit de l'ECLS est réduit de façon progressive (66% du débit pour 10-15 minutes, ensuite 33% du débit et/ou à un minimum de 1-1.5 L/min pendant 10-15 minutes) et une ETO est répétée à chaque palier du test. Les patients qui présentent pendant le test de sevrage des conditions hémodynamiques stables, une fraction d'éjection du ventricule gauche (FEVG)  $>25\%$  et un intégral temps-vitesse (ITV)  $>10$  cm peuvent être sevrés de l'ECLS. Nous considérons une récupération de la fonction ventriculaire droite comme satisfaisante si : 1) la pression artérielle systémique reste stable sans augmentation de la pression veineuse centrale ; 2) un support inotrope majeur ou une escalade du support inotrope ne sont pas nécessaires; 3) les données échographiques montre une fonction systolique acceptable sans dilatation ventriculaire droite. Les paramètres hémodynamiques du cathétérisme cardiaque droit ne sont pas intégrés de routine dans le test de sevrage des patients sous ECLS. Si le test de sevrage est toléré sur le plan hémodynamique et respiratoire et les critères échographiques ont été satisfaits, la procédure de décanulation est réalisée de façon chirurgicale. Nous définissons un sevrage avec succès si il n'y a pas la nécessité de poser à nouveau un ECLS ou en cas d'absence de mortalité du patient pendant les premières 48 heures après la décanulation. Au contraire, si le test de sevrage n'est pas toléré sur le plan hémodynamique et/ou les critères échographiques ne sont pas satisfaits, les patients sont adressés à la

transplantation cardiaque ou à l'implantation d'une ACM de longue durée sous réserve d'une récupération neurologique complète et en fonction de l'âge, état général, fonction d'organes (respiratoire, hépatique et rénale) et espérance de vie du patient. Enfin, l'ECLS est considéré comme futile et arrêté en cas de défaillance multiviscérale, mort encéphalique ou sepsis incontrôlable avec syndrome vasoplégique majeur.

#### **4) INDICATIONS**

L'ECLS a connu une utilisation de plus en plus croissante au cours de la dernière décennie et actuellement est une option thérapeutique efficace et précieuse dans la prise en charge du choc cardiogénique réfractaire. En accord avec les recommandations du 2016 de la Société Européenne de Cardiologie concernant l'insuffisance cardiaque aiguë et chronique, les ACM temporaires pourraient être considérées dans le choc cardiogénique réfractaire en fonction de l'âge, les comorbidités et l'état neurologique du patient [5]. La mise en place d'un ECLS peut aussi être prise en considération comme solution de sauvetage pour l'ACR. Les résultats de l'ECLS pour l'ACR intrahospitalier sont encourageants compte tenu de l'état très critique de ces patients et la survie avec un bon état neurologique est comprise entre 20% et 45%. Néanmoins, l'utilisation de l'ECLS dans cette indication doit prendre en compte quelques considérations. En effet, malgré les efforts d'une approche pluridisciplinaire, les décès sous ECLS surviennent souvent pendant les premières 24-48 heures, transformant l'espoir des familles en souffrance et déception. De plus, les équipes qui démarrent cette expérience doivent être conscientes de la possibilité de prendre en charge des patients avec un potentiel de récupération neurologique faible. Enfin, les résultats obtenus en milieu hospitalier ne peuvent pas être élargis à la population extrahospitalière en raison d'un profil et d'une prise en charge différents. Dans le contexte de l'ECLS pour ACR extrahospitalier, les expériences publiées jusqu'à présent sont contrastantes car la survie avec un bon état neurologique dépend surtout de la durée et qualité de la réanimation cardio-pulmonaire (RCP).

Une analyse approfondie des résultats de l'ECLS doit être réalisée en fonction des différentes indications cliniques, en commençant en particulier avec une claire distinction entre le choc cardiogénique et l'ACR.

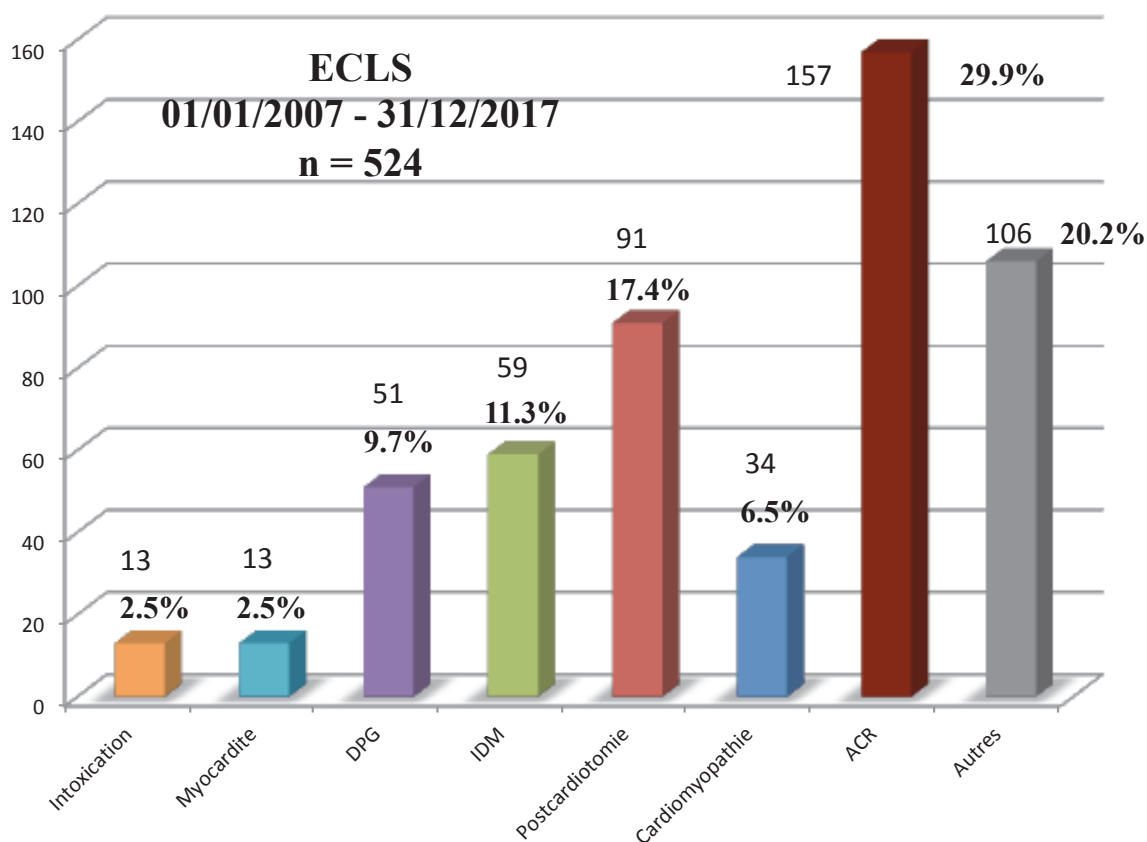
##### *4.1) Collection des données et analyse statistique*

Nous avons démarré le programme d'implantation des ECLS dans notre hôpital en Janvier 2007 et une base des données dédiée a été instituée. La Figure 5 illustre les indications à l'implantation de l'ECLS dans notre expérience. Les données ont été d'abord récupérées de façon prospective à partir des dossiers médicaux informatiques de l'hôpital et, ensuite, colligées dans la base des données. Les patients qui correspondaient aux critères d'inclusion

de chaque étude ont été sélectionnés de la base des données et utilisés pour l'analyse statistique. Le suivi clinique a été réalisé par appel téléphonique avec chaque patient et, en cas de décès, avec la famille du patient ou le cardiologue correspondant. En accord avec la réglementation nationale en matière de « recherche clinique non interventionnelle » (articles L.1121-1 et R.1121-2 du Code de la Santé Publique), l'autorisation du Comité d'Ethique pour chaque étude et le consentement éclairé de chaque patient participant n'ont pas été nécessaires.

L'analyse statistique a été réalisée en utilisant le logiciel SPSS, version 19.0 et suivantes (IBM Corp., Armonk, NY, USA). Les variables continues ont été présentées comme moyenne  $\pm$  écart type et comparées en utilisant le test t de Student ou le test U de Mann-Whitney en fonction de leur normalité, qui a été évaluée avec le test de Kolmogorov-Smirnov. Les variables qualitatives ont été présentées comme chiffres et pourcentages et comparées en utilisant le test  $\chi^2$  de Pearson ou le test exact de Fisher. La survie a été calculée avec la méthode de Kaplan-Meier et comparée avec le test du log-rank. Une valeur p bilatéral  $<0.05$  a été considérée pour indiquer la signification statistique.

**Figure 5.** Indications à l'implantation de l'ECLS dans notre expérience.



ACR = arrêt cardiaque réfractaire, DPG = défaillance primaire du greffon, ECLS = *extracorporeal life support*, IDM = infarctus du myocarde.

Les indications à la pose de l'ECLS identifiées comme « Autres » comprennent : ECMO droite-droite (n=26), syndrome de détresse respiratoire aiguë (n=17), cause non identifiée (n=13), choc septique (n=13), défaillance secondaire du greffon (n=8), embolie pulmonaire (n=7), défaillance cardio-pulmonaire après transplantation pulmonaire (n=4), hypothermie (n=5), phéochromocytome (n=4), rejet aigu après transplantation cardiaque (n=3), choc cardiogénique après ACR (n=3), syndrome de Tako-tsubo (n=2), syndrome de Clarkson (n=1).

## 5) CHOC CARDIOGENIQUE

En accord avec les recommandations du 2016 de la Société Européenne de Cardiologie concernant l'insuffisance cardiaque aiguë et chronique, le choc cardiogénique est défini comme un état d'hypotension (tension artérielle systolique <90 mmHg), malgré de conditions de remplissage adéquates, avec de signes d'hypoperfusion [5].

Le principe général qu'un patient en choc cardiogénique réfractaire devrait être supporté initialement avec une ACM temporaire en « *bridge to decision* » avant de le considérer éligible à une ACM de longue durée est désormais bien accepté [13]. Ce changement du paradigme a été régulièrement mis en évidence par les rapports annuels de l'*Interagency Registry for Mechanically Assisted Circulatory Support* (INTERMACS) [14,15]. Les implantations des ACM de longue durée chez les patients en choc cardiogénique (INTERMACS 1) sont tombées depuis 2006 de 41% à 14%. En conséquence, il y a eu une augmentation considérable passant de 8% à 30% des implantations des ACM de longue durée chez les patients en classe INTERMACS 3, c'est-à-dire les insuffisants cardiaques stables mais dépendants du support inotrope.

Pour les patients très instables en choc cardiogénique, l'ECLS est l'ACM temporaire de choix car elle: 1) stabilise rapidement l'état hémodynamique du patient, 2) permet d'améliorer la fonction hépatique et rénale, 3) nous donne du temps afin de réaliser des investigations complémentaires qui puissent nous guider vers la meilleure stratégie thérapeutique, 4) a un cout raisonnable.

### 5.1) Intoxication médicamenteuse

Les intoxications médicamenteuses représentent toujours une condition potentiellement mortelle malgré une meilleure connaissance des mécanismes physiopathologiques et une amélioration significative de leur prise en charge au cours des 40 dernières années [16]. Les intoxications avec les médicaments cardiotoxiques représentent aussi un problème de santé publique car elles ont contribué à 4.6% d'environ 2.2 millions d'empoisonnements aux USA en 2014 [17]. Les manifestations cliniques des intoxications avec les médicaments



cardiotoxiques sont larges, englobant les arythmies ventriculaires malignes, l'hypotension ou le choc cardiogénique et l'insuffisance cardiaque reste une des principales causes de mortalité [18]. L'ECLS s'est affirmé au cours de la dernière décennie comme une option thérapeutique efficace pour les patients en choc cardiogénique réfractaire au traitement conventionnel optimal [19]. De plus, comme il a été indiqué dans les recommandations de RCP avancée à visé toxicologique, l'utilisation des ACM temporaires devrait être considérée comme une option pour les intoxications médicamenteuses en choc cardiogénique réfractaire au traitement maximal [20]. Enfin, plusieurs études expérimentales ont confirmé que l'ECLS offre une meilleure survie par rapport à la RCP avancée dans le traitement des animaux empoisonnés avec des médicaments avec un effet stabilisant de membrane [21,22]. L'analyse de la littérature scientifique s'avère pauvre de données concernant l'utilisation de l'ECLS pour les intoxications avec des médicaments cardiotoxiques et la majorité des papiers publiés jusqu'à présent sont des *case reports* [18] ou de séries avec un nombre limité de patients [23-27].

Nous avons donc effectué une analyse observationnelle concernant les résultats de l'ECLS pour les intoxications médicamenteuses en utilisant notre base des données institutionnelle [28]. Nous avons inclus dans cette analyse tous les patients qui ont reçu un ECLS pour un choc cardiogénique ou un ACR intrahospitalier dus à une intoxication médicamenteuse entre Janvier 2010 et Décembre 2015. Le critère de jugement principal de l'étude était la survie intrahospitalière avec un bon état neurologique. Les critères de jugement secondaires étaient le taux des complications pendant le période de support avec l'ECLS, le taux de sevrage avec succès de l'ECLS, le temps d'hospitalisation en réanimation et le temps d'hospitalisation total.

Pendant la période de l'étude nous avons implanté 12 ECLS pour intoxication médicamenteuse. L'âge moyen de la population était de  $44.2 \pm 17.8$  (14-71) ans et il y avait 8 (66.7%) femmes. Le Tableau 2 montre les caractéristiques des patients avant la pose de l'ECLS. Neuf (75%) patients souffraient d'une pathologie psychiatrique sous traitement médical et 6 (50%) avaient déjà essayé au moins un tentative de suicide.

Les inhibiteurs calciques et/ou les bêtabloquants avaient été utilisés en 10 (83.3%) cas et les médicaments avec un effet stabilisant de membrane en 8 (66.7%) cas. Le Tableau 3 présente les médicaments utilisés dans nos cas d'intoxication. Tous les patients ont nécessité un support inotrope et/ou vasopresseur à l'admission dans notre Service de Réanimation avant la pose de l'ECLS et 4 (33.3%) patients ont été équipés avec une sonde d'électro-entraînement systolique en raison d'une bradycardie extrême ou d'un bloc auriculo-ventriculaire complet. La FEVG moyenne avant la pose de l'ECLS était  $18.3 \pm 7.6$  (10-25) %.

**Tableau 2.** Caractéristiques des patients avant la pose de l'ECLS pour intoxication médicamenteuse.

Variable	Patients (n=12)
Age, ans	44.2 ± 17.8
Sexe masculin, %	33.3
Surface corporelle, m <sup>2</sup>	1.6 ± 0.1
Facteurs de risque cardiovasculaire, %	
Hypertension artérielle	41.6
Diabète	16.6
Dyslipidémie	8.3
Tabagisme actif	41.6
Obésité (IMC ≥30 Kg/m <sup>2</sup> )	8.3
ACOMI, %	8.3
Pathologie psychiatrique, %	75
Tentative de suicide précédent, %	50
Intoxication médicamenteuse, %	
Un seul médicament	58.3
Plusieurs médicaments	41.7
Présentation clinique, %	
Choc cardiogénique	75
Arrêt cardiaque réfractaire intra-hospitalier	25
SAVE-score <sup>a</sup>	-2.5 ± 5.6
Classe de risque du SAVE-score, %	
I	11.1
II	11.1
III	55.6
IV	11.1
V	11.1
Lactates, mEq/L	9.1 ± 5.2

<sup>a</sup>Le SAVE-score a été calculé pour 9 (75%) patients; le SAVE-score ne peut pas être calculé pour les patients âgés de moins de 18 ans ou ayant reçu l'ECLS sous massage cardiaque.

ACOMI = artériopathie chronique obstructive des membres inférieurs, IMC = indice de masse corporelle, SAVE = *Survival After Veno-arterial-ECMO*.

Neuf (75%) patients ont développé un choc cardiogénique réfractaire aux traitements conventionnelles alors que l'ECLS a été implanté sous massage cardiaque pour un ACR intrahospitalier dans les trois (25%) autres patients (temps de *no-flow* moyen=0 minutes, temps de *low-flow* moyen=67.5 minutes).

Trois (25%) patients (ACR intrahospitalier n=2, choc cardiogénique réfractaire n=1) sont décédés sous ECLS pendant les premières 48 heures de support (mort encéphalique n=2, défaillance multiviscérale n=1). Neuf (75%) patients ont été sevrés avec succès de l'ECLS après une période de support moyenne de  $2.4 \pm 1.1$  (1-5) jours et ensuite extubés après une période de ventilation mécanique moyenne de  $6.7 \pm 2.4$  (3-10) jours. Quatre (33.3%) patients ont nécessité des séances de dialyse sous ECLS et 2 (16.7%) d'entre eux ont continué après le sevrage de l'ECLS (durée maximale de la dialyse=25 jours). Un (8.3%) patient a été victime d'un accident vasculaire cérébral (AVC) ischémique massif dû à une occlusion de l'artère cérébrale moyenne gauche pendant les premières 24 heures de support. Trois (25%) patients ont développé une pneumopathie acquise sous ventilation mécanique. Les agents pathogènes responsables étaient *Pseudomonas aeruginosa* (n=2) et *Klebsiella pneumoniae* (n=1). Enfin, 6 (50%) patients ont développé une ischémie du membre inférieur (Figure 6A). Chaque patient a été géré avec la décanulation de l'ECLS : 2 (16.7%) patients ont aussi nécessité une thrombectomie ilio-fémorale selon Fogarty, une aponévrotomie de décharge a été secondairement réalisée pour 3 (25%) patients afin de traiter un syndrome de loge (Figure 6B) et le dernier (8.3%) patient a été amputé au-dessus du genou (Figure 6C). Nous n'avons pas eu des saignements nécessitant une reprise de l'abord chirurgical ni d'infections du Scarpa. La durée moyenne du séjour en réanimation a été de  $7.4 \pm 7.2$  (médiane=5.5; 1-26) jours et la durée moyenne d'hospitalisation totale de  $38.7 \pm 60.8$  (médiane=11; 5-175) jours. Les 9 (75%) patients survivants ont quitté l'hôpital sans aucune séquelle neurologique. Le contrôle échographique effectué avant la sortie de l'hôpital a retrouvé une FEVG moyenne de  $56.6 \pm 15.2$  (40-70) %.

Dans notre étude, l'ECLS a assuré un taux de survie intrahospitalière avec une bonne récupération neurologique de 75%. Nos résultats sont en accord avec d'autres expériences précédentes car les articles publiés jusqu'à présent ont rapporté une survie avec un bon état neurologique après ECLS entre 66% et 85% [18,23-27]. Masson *et al.* ont retrouvé un bénéfice statistiquement significatif en terme de survie dans les intoxications médicamenteuses traitées par ECLS par rapport au traitement conventionnel [26]. Mohan *et al.* ont atteint la même conclusion dans une analyse comparative entre ECLS et traitement médical optimal dans une série d'intoxications médicamenteuses causées par le phosphore d'aluminium [27].

**Tableau 3.** Médicaments utilisés dans notre population de patients avec une intoxication médicamenteuse traitée par ECLS.

Patient	Médicament
#1	Vérapamil
#2	Acebutolol
#3	Diltiazem, Fluoxétine, Lorazépam
#4	Amlodipine, Escitalopram, Aliskiren
#5	Acebutolol, Aténolol
#6	Nadoxolol
#7	Diltiazem, Paracétamol
#8	Vérapamil
#9	Venlafaxine
#10	Propranolol, Diazépam
#11	Flécaïnide
#12	Diltiazem

Cependant, le support mécanique temporaire par ECLS présente quelques inconvénients. Une récente méta-analyse de la littérature avec vingt études et 1866 patients a identifié une morbidité importante associée à l'ECLS : insuffisance rénale aiguë, saignement, infections, ischémie du membre inférieur et complications neurologiques [29]. Les taux d'insuffisance rénale aiguë avec recours à la dialyse (33%) et d'AVC ischémique (8%) dans notre série sont cohérents avec cette méta-analyse. Par contre, nos patients ont présenté un taux très élevé (50%) des complications artérielles. Ce taux est évidemment supérieur à celui rapporté dans la littérature, qui est compris entre 10% et 20% [30-35].

La physiopathologie de l'ischémie du membre inférieur chez les patients avec un ECLS périphérique fémoro-fémoral est multifactorielle et plusieurs facteurs de risque ont été identifiés au fil du temps comme le jeune âge, une artériopathie périphérique préexistante et l'absence du cathéter de perfusion distale [30,31,33]. D'autres facteurs de risque comme le sexe, la surface corporelle, l'indice de masse corporelle, l'indication à l'ECLS (choc cardiogénique ou arrêt cardiaque), la technique d'implantation (chirurgicale ou percutanée), la taille de la canule et la durée de l'ECLS n'ont pas une corrélation statistique avec le développement de l'ischémie du membre inférieur. Dans notre expérience, plusieurs facteurs pourraient expliquer ce taux disproportionné des complications artérielles. Tout d'abord, le dosage des agents inotropes et surtout vasopresseurs a été aggravé par l'ingestion principalement d'inhibiteurs calciques (66% des cas présentant une ischémie du membre

**Figure 6.** Complications artérielles chez les patients avec un ECLS pour intoxication médicamenteuse. (A) Ischémie du membre inférieur. (B) Aponévrotomie de décharge pour un syndrome de loge. (C) Amputation au-dessus du genou.



(modifié à partir de: Pozzi M, Koffel C, Djaref C, et al. High rate of arterial complications in patients supported with extracorporeal life support for drug intoxication-induced refractory cardiogenic shock or cardiac arrest. *J Thorac Dis* 2017;9:1988-1996 [28]).

inférieur) nécessitant un support vasoactif (noradrénaline) important. En outre, la présence d'une canule pratiquement occlusive dans l'artère fémorale commune et d'une possible artériopathie ilio-fémorale sous-jacente méconnue pourrait aussi expliquer ce taux élevé d'ischémie du membre inférieur.

Bien que les complications vasculaires artérielles soient un inconvénient majeur de l'ECLS périphérique fémorale, il manque encore une approche intégrée et standardisée pour leur prise en charge. L'utilisation du cathéter de perfusion distale antérograde est encore un sujet controversé. Certaines équipes ne l'utilisent pas systématiquement mais seulement secondairement en cas d'apparition d'une ischémie du membre inférieur. L'explication de cette stratégie vient du fait que ces équipes n'ont pas trouvé une différence statistiquement significative en ce qui concerne le taux d'ischémie du membre inférieur en comparant une approche systématique et une approche attentiste [30,34]. D'autres l'utilise seulement si la pression moyenne dans l'artère fémorale superficielle (2-3 cm en aval du site de canulation) est inférieure à 50 mmHg après le démarrage de l'ECLS [36]. Nous sommes de l'avis que le cathéter de perfusion du membre inférieur devrait être systématiquement utilisé car il s'agit d'un geste techniquement simple qui est réalisé après la canulation des vaisseaux fémoraux, donc sans retarder la stabilisation hémodynamique du patient. Cette attitude est partagée par d'autres équipes très impliquées dans le programme d'implantation des ECLS [31,33]. Il faut aussi savoir qu'il y a d'autres techniques pour la prévention de l'ischémie du membre inférieur qui ne semblent pas indiquées dans la pratique quotidienne (utilisation de l'artère tibiale antérieure pour perfuser le membre inférieur [37]) ou en cas d'urgence immédiate (canule artérielle insérée dans une prothèse en Dacron anastomosée à l'artère fémorale

commune [38]). Enfin, l'artère sous-clavière est une solution élégante pour réduire le risque d'ischémie du membre inférieur [8]. Toutefois, cette approche présente certains inconvénients. Il s'agit d'une technique qui prend plus de temps que l'abord fémoral et elle ne semble pas appropriée pour être utilisée de façon systématique, même dans le cadre du choc cardiogénique. En effet, dans une des plus grandes séries publiées à ce jour concernant les résultats de la canulation de l'artère sous-clavière pour l'ECLS, l'indication plus fréquente était la défaillance cardiaque postcardiotomie (61% des cas), qui pourrait être considéré comme un état de choc cardiogénique plus stable en raison de la présence de la circulation extracorporelle. Enfin, cette technique peut causer un syndrome d'hyperperfusion du membre supérieur chez environ 25% des patients.

Dans notre série, nous avons géré l'ischémie du membre inférieur avec 1) la décanulation de l'ECLS dans tous les six cas en considération du potentiel de récupération myocardique très élevé après intoxication médicamenteuse et 2) le traitement de la cause sous-jacente. Chez les patients (n=2) avec une ischémie du membre inférieur sur base embolique, nous avons réalisé aussi une thrombectomie ilio-fémorale selon Fogarty. Les autres quatre patients avec une hypoperfusion du membre inférieur ont nécessité soit une aponévrotomie de décharge (n=3) soit une amputation (n=1). Dans le cas (non rencontré dans cette série) d'une ischémie du membre inférieur sans une récupération myocardique complète, notre approche de choix est de déplacer le site de canulation artérielle au niveau de l'artère sous-clavière droite.

Notre étude présente plusieurs limitations. Le petit effectif est un facteur limitant qui pourrait réduire la puissance statistique de notre analyse. Cependant, notre population est comparable à celle des articles déjà publiés sur l'ECLS et les intoxications médicamenteuses [23-27]. Nos conclusions sont recueillies à partir d'une expérience monocentrique observationnelle et ne sont pas représentatives de la population générale. Nous n'avons pas inclus dans notre analyse les intoxications médicamenteuses traitées de façon conventionnelle comme groupe de comparaison. En raison du petit effectif, nous n'avons pas effectué une comparaison entre les patients avec et sans ischémie du membre inférieur afin de trouver un potentiel effet négatif sur la survie. L'absence d'un groupe avec une canulation percutanée (technique non utilisée dans notre centre) ne permet pas une comparaison en terme de complications vasculaires artérielles avec la technique standard de canulation chirurgicale.

## 5.2) Myocardite

La myocardite est définie comme une maladie inflammatoire du muscle cardiaque dont le diagnostic doit répondre à des critères histologiques, immunologiques et

immunohistochimiques bien définis [39]. Plusieurs facteurs pourraient être considérés comme étiologies possibles de la myocardite: infections, médicaments, maladies auto-immunes systémiques, réactions toxiques [40]. Sur le plan clinique, la myocardite peut être complètement asymptomatique ou se présenter sous la forme d'un choc cardiogénique [41]. En outre, la myocardite représente environ 10% des cas de mort subite chez les jeunes adultes [42] et peut se développer à long terme sous la forme d'une cardiomyopathie dilatée chez 20% des patients [43]. Le pronostic des patients avec une myocardite dépend principalement de la sévérité du tableau clinique et, en particulier, les patients en choc cardiogénique réfractaire au traitement médical maximal optimal peuvent bénéficier de l'utilisation de l'ECLS. Nous avons donc réalisé une *review* descriptive des articles plus importants de la littérature analysant les résultats de l'ECLS dans le cadre spécifique du choc cardiogénique due à une myocardite chez l'adulte [44].

- **Expériences monocentriques** : Chen *et al.* ont décrit dans un papier capital publié en 2005 leurs résultats avec l'ECLS pour le choc cardiogénique induit par une myocardite fulminante [45]. Le recours à l'ECLS a permis une survie globale intrahospitalière de 73% dans une cohorte de 15 patients. Ces résultats étaient tout à fait mieux par rapport à une expérience précédente avec une ACM de longue durée pulsatile externe [46]. Même si d'autres auteurs avaient déjà souligné auparavant l'utilité clinique de l'ECLS [47-49], l'étude de Chen *et al.* a été la première à décrire clairement l'avantage de l'ECLS sur les dispositifs d'assistance ventriculaire de longue durée dans le cadre spécifique du choc cardiogénique lié à la myocardite, c'est-à-dire la possibilité de fournir un support biventriculaire d'installation simple et rapide, même en cours de RCP. En effet, l'implantation d'une ACM de longue durée mono ou biventriculaire est une opération plus compliquée et longue et bien plus chère et invasive. En outre, l'évaluation de la récupération myocardique chez les patients sous ACM de longue durée est un peu compliquée et la décision finale du sevrage peut parfois s'avérer un défi dangereux.

L'expérience préliminaire de Chen *et al.* a ouvert la voie à plusieurs autres études confirmant le rôle de l'ECLS comme option thérapeutique précieuse et efficace pour le choc cardiogénique réfractaire due à une myocardite. Le Tableau 4 résume les résultats des études monocentriques plus représentatives de la littérature publiées jusqu'à présent concernant l'utilisation de l'ECLS dans le cadre spécifique du choc cardiogénique lié à la myocardite.

Asami *et al.* se sont concentrés sur la survie et les résultats cliniques des patients avec une myocardite fulminante (définis comme ceux qui ont nécessité de la pose d'un ECLS pour un choc cardiogénique réfractaire au traitement médical maximal comme des doses élevées de catécholamines intraveineuses ou ceux qui ont présenté une tachyarythmie ventriculaire

**Tableau 4.** Résumé des résultats des études monocentriques plus représentatives de la littérature concernant l'utilisation de l'ECLS pour le choc cardiogénique lié à la myocardite.

<b>Auteur [Reference]</b> <b>Période</b>	<b>Patients,</b> <b>n</b>	<b>Age</b> <b>moyen,</b> <b>ans</b>	<b>Diagnostic de</b> <b>myocardite</b>	<b>Durée</b> <b>moyenne de</b> <b>l'ECLS, jours</b>	<b>Survie</b> <b>hospitalière</b>
Kato <i>et al.</i> [47] 01/1992 - 09/1996	9	49	Clinique BEM (100%)	6.4	77.7%
Maejima <i>et al.</i> [49] 1991 - 2000	8	44	Clinique BEM (100%)	NR	75%
Asaumi <i>et al.</i> [50] 01/1993 - 12/2001	14	38	Clinique BEM (64.2%)	5.4 (médiane)	71.4%
Mirabel <i>et al.</i> [52] 01/2002 - 03/2009	35	NR	Clinique BEM (NR)	NR	68.5%
Hsu <i>et al.</i> [53] 1994 - 2009	51	NR	Clinique BEM (90.1%)	NR	60.8%
Nakamura <i>et al.</i> [54] 1999 - 2013	22	NR	Clinique BEM (NR)	NR	54.5%
Liao <i>et al.</i> [55] 01/2006 - 01/2015	33	33	Clinique BEM (0%)	3	78.7%
Matsumoto <i>et al.</i> [56] 1995 - 2014	37	NR	Clinique BEM (0%)	6.5	70.2%

BEM = biopsie endomyocardique, ECLS = *extracorporeal life support*, NR = non rapporté (modifié à partir de : Pozzi M, Banfi C, Grinberg D, et al. Venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock due to myocarditis in adult patients. *J Thorac Dis* 2016;8:E495-E502 [44]).

maligne réfractaire; n=14) et les ont comparés avec ceux des patients avec une myocardite aiguë non fulminante (définis comme ceux qui avaient une apparition brutale de symptômes mais qui n'avaient pas une hémodynamique instable suite au traitement médical



conventionnel; n=13) [50]. Les auteurs ont démontré qu'environ 70% des patients avec une myocardite fulminante prise en charge par ECLS percutané ont pu être sauvés.

L'équipe de la Pitié-Salpêtrière a publié en 2009 la première étude comparative entre ECLS (n=6) et ACM durable biventriculaire (n=5) chez les patients avec une myocardite fulminante [51]. Les auteurs ont trouvé le même taux de survie chez les deux groupes (83.3% vs 80%, respectivement) mais l'implantation de l'ECLS était associée à un taux sensiblement inférieur des transfusions de concentrés de globules rouges. En outre, la durée du support circulatoire mécanique et le taux de complications infectieuses, insuffisance rénale et insuffisance hépatique avaient la tendance à être moins importants dans le groupe de patients traités par ECLS. Les autres avantages potentiels de l'ECLS étaient la possibilité d'une anesthésie locale pour l'implantation et l'ablation et la mise en place à l'extérieur d'un centre de chirurgie cardiaque avec transfert secondaire. Deux ans plus tard, le même groupe a décrit les résultats à court et à long terme de 41 patients avec myocardite fulminante traitée avec une ACM [52]. Parmi leurs patients, les 6 premiers de la série ont été pris en charge avec une ACM biventriculaire tandis que les 35 patients suivants ont reçu un ECLS. Dans le groupe ECLS, 24 (68.5%) patients ont survécu à la sortie de l'hôpital mais la survie sans transplantation cardiaque était de 57.1% (n=20).

Enfin, Chen *et al.* ont mis à jour en 2011 les résultats de leur expérience avec l'ECLS pour la myocardite fulminante aiguë [53]. Au mieux de notre connaissance, il s'agit de la plus grande expérience monocentrique adulte comprenant 75 patients (51 adultes et 24 patients pédiatriques). Le taux de survie était de 60.8% chez les patients adultes et 70.8% pour les patients pédiatrique, mais la différence entre les deux groupes n'était pas statistiquement significative.

- **Expériences multicentriques** : le Tableau 5 résume les résultats des études multicentriques plus représentatives de la littérature publiées jusqu'à présent concernant l'utilisation de l'ECLS dans le cadre spécifique du choc cardiogénique lié à la myocardite.

Le comité scientifique de la Société Japonaise de Circulation a publié en 2002 une enquête nationale en collectant les informations sur les patients avec une myocardite fulminante qui ont été traités avec un ECLS pendant une période de 3 ans [57]. Cinquante-deux patients ont été inclus dans cette enquête et, parmi eux, 30 (57.7%) patients ont survécu et repris une vie normale. Par ailleurs, les auteurs ont effectué plusieurs comparaisons entre différents sous-groupes de patients afin d'identifier des éventuels facteurs pronostiques. Les patients qui n'ont pas pu être sevrés de l'ECLS et sont décédés par la suite présentaient une atteinte myocardique plus sévère et avaient plus fréquemment des complications associées à l'ECLS, surtout ischémie du membre inférieur et défaillance multiviscérale.

**Tableau 5.** Résumé des résultats des études multicentriques plus représentatives de la littérature concernant l'utilisation de l'ECLS pour le choc cardiogénique lié à la myocardite.

<b>Auteur</b> [Reference] Période	<b>Patients, n</b>	<b>Age</b> moyen, ans	<b>Diagnostic de</b> myocardite	<b>Taux de</b> sevrage	<b>Durée</b> moyenne de l'ECLS, jours	<b>Survie</b> hospitallière
Aoyama et al. [57] 04/1997 - 03/2000	52	47.9	Clinique BEM (82.6%)	80.7%	7.8	57.7%
Diddle et al. [58] 1995 - 2011	147	31 (médiane)	Clinique BEM (NR)	68.7%	5.7 (médiane)	56.4%
Lorusso et al. [59] 01/2008 - 12/2013	57	37.6	Clinique BEM (26.3%)	75.5%	9.9	66.6%
Sawamura et al. [60] 01/2000 - 08/2016	99	52	Clinique BEM (100%)	52.5%	5.8	51.5%

BEM = biopsie endomyocardique, ECLS = *extracorporeal life support*, NR = non rapporté (modifié à partir de : Pozzi M, Banfi C, Grinberg D, et al. Venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock due to myocarditis in adult patients. *J Thorac Dis* 2016;8:E495-E502 [44]).

Diddle *et al.* ont publié en 2015 les données collectées dans le registre de l'*Extracorporeal Life Support Organisation* (ELSO) [58]. Les auteurs ont inclus dans l'analyse les données provenant de tous les patients de 16 ans ou plus à qui on avait assigné un diagnostic primaire ou secondaire de myocardite dans plus de 230 centres américains et internationaux membres de l'ELSO. Ainsi, la population étudiée était formée de 147 patients et, parmi eux, 134 (91.1%) ont été pris en charge avec un ECLS tandis que les autres avec un ECMO veino-veineuse. Parmi les 147 patients, 101 (68.7%) ont été sevrés de l'ECLS et 83 (56.4%) ont survécu sans recours à la transplantation cardiaque. En particulier, la survie sans recours à la transplantation était de 62% chez les patients avec une durée de l'ECLS inférieure ou égale à 1 semaine mais elle descendait à 45% chez les patients sous ECLS pendant plus de 1 semaine. Enfin, un premier modèle de régression logistique multivariée a été créé pour évaluer l'association des variables avant et pendant le support mécanique par ECLS et a démontré que l'arrêt cardiaque avant la pose de l'ECLS et la nécessité d'un débit élevé de l'ECLS étaient indépendamment associées à la mortalité intrahospitalière. Un deuxième modèle de régression a été créé pour évaluer les complications sous ECLS et a démontré que les complications neurologiques, l'insuffisance rénale, les arythmies et l'hyperbilirubinémie étaient des facteurs indépendants de mortalité.

Plus récemment, Lorusso *et al.* ont analysé à travers une enquête pluri-institutionnelle italienne les résultats de l'ECLS dans le cadre des patients avec une myocardite fulminante aiguë [59]. Les auteurs avaient délibérément choisi une période d'inclusion plus récente (entre Janvier 2008 et Décembre 2013) afin d'évaluer les modalités de prise en charge et les systèmes d'ECLS plus modernes. Cinquante-sept patients ont été inclus dans cette analyse et 43 (75.5%) ont montré une récupération myocardique complète autorisant l'ablation de l'ECLS. Au total, la survie intrahospitalière (en excluant trois patients ayant reçu finalement une transplantation cardiaque) était de 66.6%. L'analyse multivariée a montré qu'un pH bas avant l'implantation de l'ECLS, un temps de normalisation des lactates long ou absent et l'absence de récupération myocardique sous ECLS étaient de facteurs prédictifs de mortalité.

Compte tenu des données collectées dans cette *review*, l'ECLS permet une survie globale intrahospitalière comprise entre 51% et 78% chez les patients avec une myocardite fulminante/aiguë en choc cardiogénique. Dans une récente méta-analyse de la littérature qui a évalué les résultats cliniques des myocardites fulminantes nécessitant un ECLS, les taux minimum et maximum de survie intrahospitalière étaient 58% et 88%, respectivement, après avoir exclu les patients pédiatriques [61]. Ces résultats sont similaires à ceux des patients en état de choc cardiogénique par intoxication médicamenteuse et s'expliquent probablement par le très élevé potentiel de récupération myocardique partagé par ces deux conditions pathologiques.

La fréquence relativement faible de la myocardite parmi la population générale et le développement encore plus rare d'un choc cardiogénique nécessitant une ACM temporaire rend toute tentative statistique d'identifier des potentiels facteurs prédictifs de récupération myocardique sous ECLS difficile et précieuse. Chen *et al.* ont identifié pour la première fois la troponine T comme un indicateur possible de récupération myocardique [62]. Les auteurs ont constaté que de taux élevés de troponine T avant l'implantation de l'ECLS reflétaient l'état de choc cardiogénique des patients et les niveaux rapidement baissaient après l'implantation de l'ECLS correspondant à une amélioration du tableau clinique. En outre, ils ont insisté sur l'observation que les taux de troponine T baissaient rapidement (dans les trois premiers jours) chez les survivants. Dans leur papier suivant les mêmes auteurs ont également montré que de taux initiaux très élevés de troponine n'empêchaient pas la possibilité de récupération myocardique, mettant ainsi en évidence le rôle bien plus important du délai de normalisation de la troponine [45]. Cela signifie que la tendance à la baisse de la troponine représente un indicateur plus spécifique pour évaluer la récupération myocardique et estimer le moment du sevrage de l'ECLS plutôt que le pic absolu. Enfin,

dans leur expérience mise à jour et publiée en 2011, ils ont confirmé le rôle du taux de troponine comme un indicateur important de la récupération myocardique [53]. Ils ont constaté qu'il y avait une augmentation statistiquement significative de la mortalité lorsque le taux de troponine ne diminuait pas dans les premières 72 heures après l'implantation de l'ECLS. Malheureusement, les différents paramètres de laboratoire utilisés au fil du temps (au départ troponine T et puis troponine I) limitent les possibilités de produire un outil pronostique standardisé [45]. Dans l'étude comparative publiée par Asaumi *et al.*, les patients qui n'ont pas été sevrés de l'ECLS et sont décédés présentaient un pic plus élevé de CK-MB et une fonction systolique ventriculaire gauche plus altérée par rapport à ceux qui ont été sevrés de l'ECLS [50]. Dans l'expérience de la Pitié-Salpêtrière, un état plus sévère au moment de l'hospitalisation (exprimé par un *Simplified Acute Physiology Score II*  $\geq 56$ ) et de taux élevés de troponine I au moment de la pose de l'ECLS ( $\geq 12 \mu\text{g/L}$ ) étaient associés aux échecs de sevrage et à la mortalité [52]. Toutefois, dans une récente étude prospective observationnelle, les taux des marqueurs cardiaques (NT-proBNP, troponine I, pro-ANP, proadrenomedulline, copeptine) n'étaient pas utiles pour identifier les patients en choc cardiogénique sous ECLS qui présentaient une récupération myocardique [63]. En particulier, ni les valeurs absolues de ces marqueurs aux jours 1, 3 ou 7 ni leur cinétique pendant la première semaine du support mécanique par ECLS présentaient des différences entre les patients sevrés ou non.

D'un point de vue hémodynamique, l'ECLS périphérique fémoral entraîne une augmentation de la post-charge du ventricule gauche jusqu'à arriver, dans certains cas, à l'œdème pulmonaire [64]. Cette condition hémodynamique est encore plus aggravée en cas de myocarde extrêmement sidéré avec une éjection du ventricule gauche sévèrement déprimée et absence d'ouverture de la valve aortique. Enfin, la présence d'une distension ventriculaire gauche est une limitation majeure à la récupération myocardique. Dans les articles publiés fournissant des informations détaillées, le recours à la décharge du ventricule gauche s'avère nécessaire entre 15% et 30% des patients sous ECLS pour un choc cardiogénique du à une myocardite [45,51,52,59,62]. Lorsque l'augmentation du support inotrope ne suffit pas à prévenir l'œdème pulmonaire, la décharge du ventricule gauche pourrait être réalisée à l'aide des différentes techniques :

1) **Conversion d'ECLS périphérique à ECLS central** : il s'agit probablement de la technique la plus invasive mais la plus efficace pour obtenir une bonne décharge du ventricule gauche. La canule de décharge des cavités gauches peut être implantée à travers la veine pulmonaire supérieure droite [65] ou à l'apex du ventricule gauche. En outre, la canulation de l'aorte ascendante permet d'avoir un flux artériel antérograde réduisant ainsi la

post-charge ventriculaire gauche. Cette technique nécessite bien entendu une sternotomie médiane avec un risque augmenté des complications hémorragiques et infectieuses;

2) **Canulation de l'apex du ventricule gauche** : dans cette technique la canule de décharge est insérée dans l'apex ventriculaire gauche à travers une minithoracotomie antérolatérale au 4<sup>ème</sup>-5<sup>ème</sup> espace intercostal gauche. La canule de décharge est ensuite connectée avec un raccord en Y à la ligne veineuse de l'ECLS périphérique. Cette technique moins invasive offre une bonne décharge ventriculaire gauche mais présente un risque élevé de saignement avec des hémothorax gauches récurrentes. Certains auteurs ont également proposé une canulation de l'apex ventriculaire gauche grâce à une approche mini-invasive sous-xiphoïdienne [66];

3) **Impella** : l'Impella (Abiomed, Danvers, MA, USA) est une ACM monoventriculaire gauche temporaire. Il est positionné à travers la valve aortique et assure un support circulatoire en déchargeant au même temps le ventricule gauche [67]. Ils existent 3 types d'Impella pour le support du ventricule gauche : Impella 2.5, Impella CP et Impella 5.0/LD. L'artère sous-clavière droite est aujourd'hui la voie d'abord de choix pour la mise en place d'une Impella 5.0. D'autres auteurs ont décrit la possibilité d'utiliser l'Impella 2.5 en combinaison d'un ECLS périphérique afin de décharger le ventricule gauche [68]. L'Impella 2.5 percutané offre seulement une décharge partielle du ventricule gauche qui n'est souvent pas suffisante chez les patients avec une fonction ventriculaire gauche gravement altérée. Enfin, le plus récent Impella CP pourrait être une alternative à l'Impella 5.0/LD grâce à sa capacité de débit jusqu'à 4 L/min et son implantation totalement percutanée;

4) **Atrioseptostomie percutanée selon Rashkind** : il s'agit de créer une communication interauriculaire qui puisse permettre de décharger les cavités gauches à travers un shunt gauche-droit. L'efficacité de l'atrioseptostomie percutanée dépend principalement de l'expertise technique des cardiologues interventionnels qui la réalisent [69];

5) **Autres techniques percutanées** : dans la littérature il y a plusieurs articles décrivant d'autres techniques percutanées pour décharger le ventricule gauche. Ces techniques comprennent une canule trans-septale atriale ou ventriculaire gauche [70,71] par voie veineuse antérograde, une canule trans-aortique ventriculaire gauche par voie artérielle rétrograde [72], un cathéter *pigtail* trans-aortique [73] et une canule dans l'artère pulmonaire [74]. Ces techniques alternatives percutanées sont jusqu'à présent limitées à des *case reports* ou petites séries et d'autres études sont nécessaires pour mieux définir leur rôle.

### 5.3) Défaillance primaire du greffon

Bien que la survie globale après transplantation cardiaque ait continué de s'améliorer au cours des trois dernières décennies, la défaillance primaire du greffon (DPG) reste encore

une des principales causes de mortalité dans la période postopératoire immédiate [75]. La littérature autour de la DPG montre des résultats et conclusions hétérogènes en raison des définitions incohérents utilisées par les différents auteurs [76]. Ce manque de standardisation de la définition, des critères diagnostiques et des stratégies de traitement a conduit l'*International Society for Heart and Lung Transplantation* (ISHLT) à élaborer un document de consensus en 2014 [77].

La DPG est maintenant clairement différenciée de la défaillance secondaire du greffon, dans laquelle une cause spécifique (rejet hyperaigu, hypertension pulmonaire, complications chirurgicales) peut être identifiée. En outre, le diagnostic de DPG doit être effectué pendant les premières 24 heures après la fin de la transplantation et devrait faire la distinction entre défaillance monoventriculaire gauche ou biventriculaire (DPG-G) et monoventriculaire droite isolée (DPG-D). Enfin, l'introduction d'un système de classement de la gravité de la DPG pourrait orienter l'algorithme décisionnel [77]. Le traitement médical semble utile dans les formes de DPG légère ou modérée alors que l'ECLS pourrait être suggéré comme une option thérapeutique pour les formes sévères de DPG qui sont réfractaires au traitement classique maximal, y compris les inotropes, les vasodilatateurs et l'oxyde nitrique [78-90].

Nous avons donc réalisé une analyse observationnelle afin d'évaluer les résultats de l'ECLS pour la DPG après transplantation cardiaque selon la classification ISHLT [91].

Les patients adultes qui ont reçu un ECLS pour une DPG après transplantation cardiaque dans notre Service de Chirurgie Cardiaque entre Janvier 2010 et Décembre 2016 ont été inclus dans cette étude. Nous avons exclu les patients : 1) de moins de 18 ans (n=29), 2) nécessitant un ECLS pour une défaillance secondaire à une hypertension pulmonaire isolée (n=2), 3) qui ont reçu l'ECLS plus de 24 heures après la fin de la transplantation (n=4). La DPG a été définie selon les critères ISHLT [77]. En particulier, la DPG-G sévère a été définie comme la nécessité d'une ACM monoventriculaire gauche ou biventriculaire. Au contraire, il n'y a aucun grade pour classifier la sévérité de la DPG-D car elle peut être souvent plus difficile à quantifier.

L'ECLS a été implanté en cas de : 1) impossibilité de sevrer le patient de la circulation extracorporelle malgré le support inotrope, 2) choc cardiogénique réfractaire postopératoire pendant les premières 24 heures après la fin de la transplantation. L'impossibilité de sevrer la circulation extracorporelle a été confirmée avec l'ETO peropératoire (FEVG  $\leq$ 40% et/ou dysfonction systolique du ventricule droit) et les données du cathétérisme cardiaque droit (index cardiaque  $<$ 2 l/min/m<sup>2</sup>).

La population objet de l'étude a été divisée en 2 groupes selon les paramètres échographiques et hémodynamiques définis dans la classification ISHLT : patients avec une défaillance monoventriculaire gauche ou biventriculaire (groupe DPG-G) et patients avec

une défaillance monoventriculaire droite isolée (groupe DPG-D). Le critère de jugement principal de l'étude était la survie intrahospitalière. Les critères de jugement secondaires étaient le taux des complications pendant le période de support avec l'ECLS, le taux de sevrage avec succès de l'ECLS et les résultats à court terme.

Parmi les 212 patients qui ont effectué une transplantation cardiaque pendant la période de l'étude, 38 (17.9%) patients ont développé une DPG (DPG-G n=22, 57.9%; DPG-D n=16, 42.1%) nécessitant la mise en place d'un ECLS et ont satisfait les critères d'inclusion de l'étude. L'âge moyen était 50.8±12.4 (22-64) ans et 78.9% des patients étaient du sexe masculin. Le Tableau 6 montre les caractéristiques préopératoires. La cardiomyopathie ischémique était l'indication la plus fréquente (47.4%) conduisant à la transplantation cardiaque et 14 (36.8%) patients ont été amenés à la transplantation cardiaque avec une ACM temporaire (n=6, 15.7%) ou de longue durée (n=8, 21.1%). Les caractéristiques préopératoires étaient comparables entre les deux groupes.

**Tableau 6.** Caractéristiques préopératoires des patients qui ont reçu un ECLS pour une DPG après transplantation cardiaque.

Variable	Patients (n=38)	Groupe DPG-G (n=22)	Groupe DPG-D (n=16)	p-value
Age, ans	50.8 ± 12.4	50.4 ± 10.5	51.4 ± 14.9	0.814
Sexe masculin, n (%)	30 (78.9)	18 (81.8)	12 (75)	0.453
Surface corporelle, m <sup>2</sup>	1.8 ± 0.2	1.8 ± 0.2	1.7 ± 0.2	0.265
Facteurs de risque CV, n (%)				
Hypertension	10 (26.3)	6 (27.2)	4 (25)	0.589
Diabète	8 (21.1)	6 (27.2)	2 (12.5)	0.245
Dyslipidémie	11 (28.9)	6 (27.2)	5 (31.2)	0.790
Antécédents de tabagisme	20 (52.6)	11 (50)	9 (56.2)	0.480
Obésité (IMC ≥30 Kg/m <sup>2</sup> )	4 (10.5)	3 (13.6)	1 (6.2)	0.433
Réopération, n (%)	17 (44.7)	9 (40.9)	8 (50)	0.578
DAI, n (%)	23 (60.5)	12 (54.5)	11 (68.7)	0.376
Resynchronisation, n (%)	10 (26.3)	6 (27.2)	4 (25)	0.589
Indication, n (%)				0.369
CMD	18 (47.4)	11 (50)	7 (43.7)	
CMI	10 (26.3)	4 (18.1)	6 (37.5)	
Autres	10 (26.3)	7 (31.8)	3 (18.7)	
Temps en liste d'attente, mois	41.1 ± 207.2	5.5 ± 7.7	13.3 ± 24.2	0.228

Super urgence, n (%)	25 (65.7)	14 (63.6)	11 (68.7)	0.743
Etat clinique, n (%)				
Support inotrope	15 (39.4)	9 (40.9)	6 (37.5)	0.832
Ventilation mécanique	5 (13.1)	4 (18.1)	1 (6.2)	0.286
CPBIA	10 (26.3)	6 (27.2)	4 (25)	0.589
ECLS	6 (15.7)	5 (22.7)	1 (6.2)	0.180
ACM de longue durée	8 (21.1)	6 (27.2)	2 (12.5)	0.245
Bilan biologique				
Urée, mmol/L	12.5 ± 9.0	11.9 ± 8.1	13.4 ± 10.3	0.611
Créatinine, µmol/L	116.6 ± 15.5	110.4 ± 40.3	124.5 ± 61.9	0.430
Bilirubine totale, µmol/L	23.6 ± 21.6	28.4 ± 26.9	16.9 ± 7.7	0.069
ASAT, U/L	83.0 ± 137.0	79.2 ± 130.9	88.1 ± 149.1	0.847
ALAT, U/L	81.5 ± 169.2	95.0 ± 209.6	63.1 ± 92.1	0.573
Bilan hémodynamique				
PAPm, mmHg	30.3 ± 11.4	29.8 ± 12.4	31.0 ± 10.5	0.798
RVP, Unités Wood	2.5 ± 1.5	2.3 ± 1.4	2.9 ± 1.7	0.337
<b>Caractéristiques des donneurs</b>	<b>Patients (n=38)</b>	<b>Groupe DPG-G (n=22)</b>	<b>Groupe DPG-D (n=16)</b>	<b>p-value</b>
Age, ans	41.3 ± 12.6	41.7 ± 12.8	40.9 ± 12.8	0.841
Sexe masculin, n (%)	26 (68.4)	15 (68.1)	11 (68.7)	0.970
Surface corporelle, m <sup>2</sup>	1.9 ± 0.2	1.9 ± 0.2	1.8 ± 0.2	0.450
FEVG, %	62.1 ± 6.2	61.3 ± 5.5	63.0 ± 7.2	0.424
<sup>a</sup> Mismatch du sexe, n (%)	9 (23.6)	5 (22.7)	4 (25)	0.584
Cause du décès, n (%)				0.447
Trauma	15 (39.4)	10 (45.4)	5 (31.2)	
AVC	11 (28.9)	7 (31.8)	4 (25)	
Autre	12 (31.5)	5 (22.7)	7 (43.7)	

<sup>a</sup>Donneur de sexe féminin pour un receveur de sexe masculin.

ACM = assistance circulatoire mécanique, ALAT = alanine aminotransférases, ASAT = aspartate aminotransférases, AVC = accident vasculaire cérébral, CMD = cardiomyopathie dilatée, CMI = cardiomyopathie ischémique, CPBIA = contre-pulsion par ballon intra-aortique, CV = cardiovasculaire, DAI = défibrillateur automatique implantable, DPG-D = défaillance monoventriculaire droite isolée, DPG-G = défaillance monoventriculaire gauche ou biventriculaire, ECLS = *extracorporeal life support*, FEVG = fraction d'éjection du ventricule gauche, IMC = indice de masse corporelle, PAPm = pression artérielle pulmonaire moyenne, RVP = résistances vasculaires pulmonaires.



L'âge moyen des donneurs était 41.3±12.6 (21-63) ans et 68.4% des donneurs étaient du sexe masculin. Les caractéristiques des donneurs sont résumées dans le Tableau 6. Les caractéristiques des donneurs étaient comparables entre les deux groupes. En particulier, il n'y avait pas de différence en terme de *mismatch* du sexe (donneur de sexe féminin pour un receveur de sexe masculin).

Le Tableau 7 présente les résultats opératoires et postopératoires. L'ECLS a été implanté directement au bloc opératoire quand le sevrage de la circulation extracorporelle s'était avéré impossible chez 30 (78.9%) patients (DPG-G=86.3% vs. DPG-D=68.7%; p=0.189). Aucun patient n'a reçu l'ECLS sous massage cardiaque. L'ECLS périphérique a été utilisé pour 25 (65.7%) patients (DPG-G=63.6% vs. DPG-D=68.7%; p=0.743). Les patients dans le group DPG-G ont montré un taux de mortalité sous ECLS significativement supérieur par rapport aux patients dans le groupe DPG-D (45.4% vs. 12.5%, p=0.033). Le taux des complications pendant le période de support avec l'ECLS était comparable entre les deux groupes.

**Tableau 7.** Résultats opératoires et postopératoires des patients qui ont reçu un ECLS pour une DPG après transplantation cardiaque.

Variable	Patients (n=38)	Groupe DPG-G (n=22)	Groupe DPG-D (n=16)	p-value
Temps d'ischémie totale, minutes	273.6 ± 57.8	280.9 ± 66.4	263.6 ± 43.2	0.369
Mortalité sous ECLS, n (%)	12 (31.5)	10 (45.4)	2 (12.5)	<b>0.033</b>
Complications sous ECLS, n (%)				
Ischémie du membre inférieur	3 (7.8)	2 (9)	1 (6.2)	0.621
<sup>a</sup> Complications neurologiques	5 (13.1)	3 (13.6)	2 (12.5)	0.654
Dialyse	25 (65.7)	14 (63.6)	11 (68.7)	0.743
Reprise pour saignement	20 (52.6)	12 (54.5)	8 (50)	0.520
<sup>b</sup> Infection	14 (36.8)	7 (31.8)	7 (43.7)	0.452
Taux de sevrage avec succès, n (%)	23 (60.5)	11 (50)	12 (75)	0.111
Survie intrahospitalière, n (%)	17 (44.7)	9 (40.9)	8 (50)	0.410

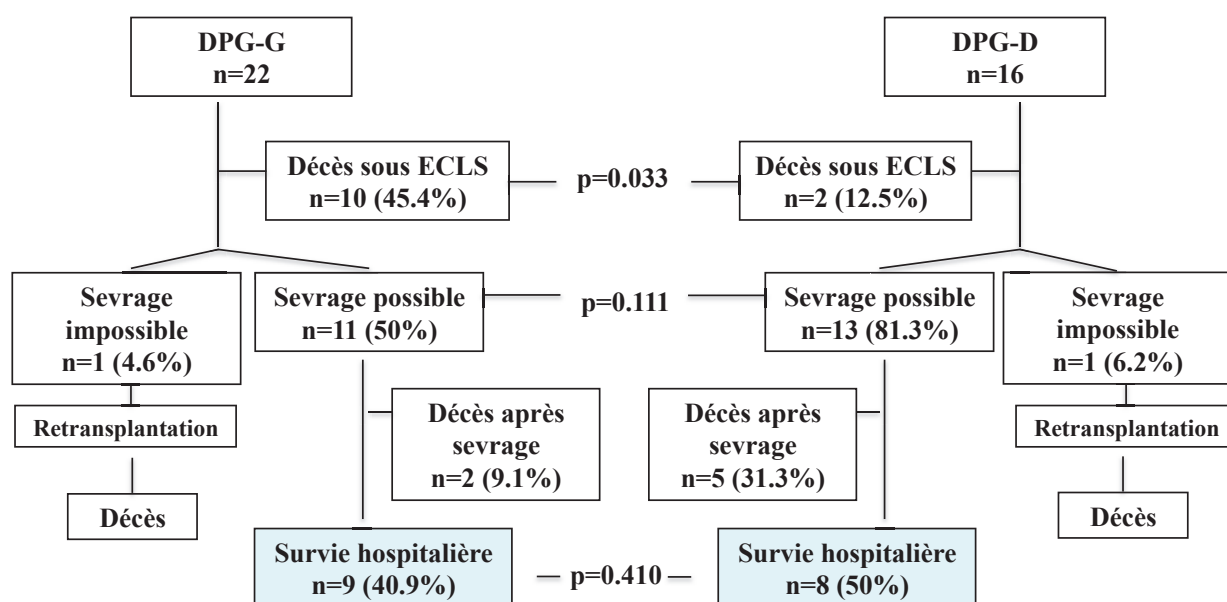
<sup>a</sup>Les complications neurologiques incluent les convulsions, l'infarctus cérébral et l'hémorragie intracérébrale.

<sup>b</sup>Seulement les infections survenant 24 heures après le début de l'ECLS et pendant les premières 48 heures après le sevrage de l'ECLS ont été définies comme associées à l'ECLS [92].

DPG-D = défaillance monoventriculaire droite isolée, DPG-G = défaillance monoventriculaire gauche ou biventriculaire, ECLS = *extracorporeal life support*.

Vingt-trois (60.5%) patients ont été sevrés avec succès de l'ECLS (DPG-G=50% vs. DPG-D=75%, p=0.111) après une période moyenne de support de 9.0±6.4 (3-32) jours (DPG-G=7.5 jours vs. DPG-D=9.3 jours, p=0.429). Un (2.6%) patient est décédé dans les premières 24 heures après le sevrage de l'ECLS pour une défaillance multiviscérale et 2 (5.2%) patients ont été amenés à la rétransplantation cardiaque en raison de l'absence de récupération myocardique sous ECLS. La survie hospitalière a été de 44.7% (n=17) (DPG-G=40.9% vs DPG-D=50%, p=0.410). La Figure 7 illustre les résultats de notre étude. La survie globale à 1 an était de 43% (intervalle de confiance à 95% 27.2–59.4%). Le test du log-rank n'a montré aucune différence significative sur la survie globale entre les deux groupes (p=0.315; Figure 8).

**Figure 7.** Illustration schématique des résultats de l'ECLS pour une DPG après transplantation cardiaque.

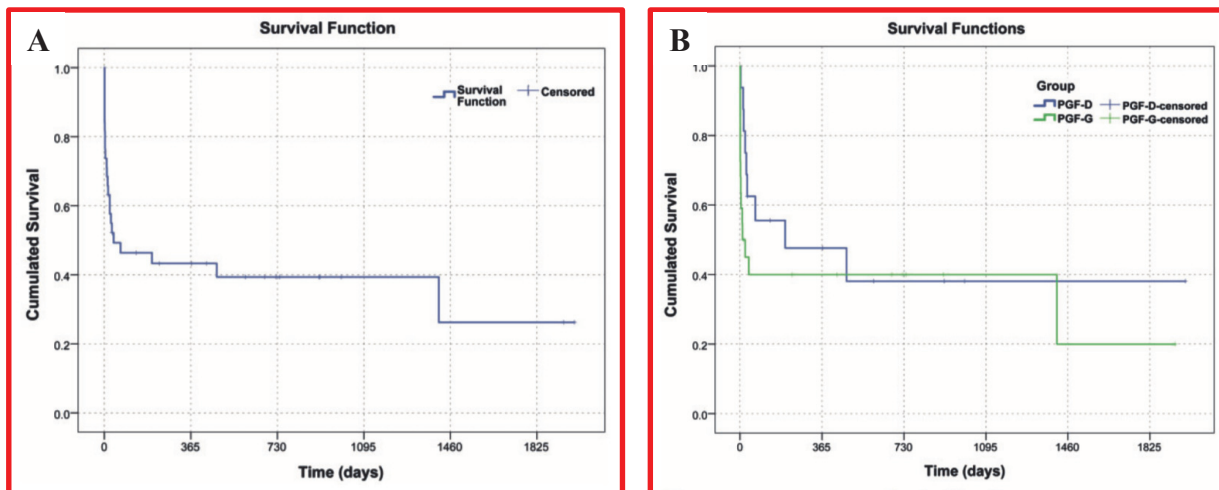


DPG-D = défaillance monoventriculaire droite isolée, DPG-G = défaillance monoventriculaire gauche ou biventriculaire, ECLS = *extracorporeal life support* (modifié à partir de: Pozzi M, Bottin C, Armoiry X, et al. Extracorporeal life support for primary graft dysfunction after heart transplantation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2018;27:778-784 [91]).

La DPG est une complication potentiellement mortelle après une transplantation cardiaque et affecte négativement les résultats à court et à long terme. Elle représente approximativement 40% des décès dans les premiers 30 jours de la transplantation cardiaque [93]. Par ailleurs, la survie globale à long terme est significativement inférieure chez les patients qui ont présenté une DPG [81,82,84,85,88,94]. La physiopathologie est

multifactorielle et plusieurs facteurs de risque concernant le donneur, le receveur et l'intervention chirurgicale ont été identifiés au fil du temps [77,88,94].

**Figure 8.** Survie selon la méthode de Kaplan-Meier des patients qui ont reçu un ECLS pour une DPG après transplantation cardiaque : (A) population générale, (B) analyse par groupes.



A droite : DPG-D = défaillance monoventriculaire droite isolée (ligne bleue), DPG-G = défaillance monoventriculaire gauche ou biventriculaire (ligne verte) (modifié à partir de: Pozzi M, Bottin C, Armoiry X, et al. Extracorporeal life support for primary graft dysfunction after heart transplantation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2018;27:778-784 [91]).

L'incidence d'une DPG sévère nécessitant un ECLS était assez élevée (18%) au cours de notre expérience. Bien que les définitions de la DPG étaient hétérogènes rendant toute comparaison difficile à réaliser, cette incidence était comparable avec les articles précédents de la littérature. Dans les articles fournissant des informations détaillées, l'incidence de la DPG traitée par ECLS se situait entre 7% et 23% [79,81-89,94]. En outre, D'Alessandro *et al.* ont remarqué une tendance temporelle de la DPG après transplantation cardiaque [81]. L'augmentation de son incidence pendant ces dernières années s'explique par un différent profil des donneurs et receveurs, avec des receveurs de plus en plus graves qui sont transplantés avec des donneurs marginaux. Cette augmentation du taux de la DPG après transplantation cardiaque reflète un effort plus général de chaque équipe pour surmonter la pénurie des donneurs de cœur. Cet effort est aussi témoigné par nos temps d'ischémie totale du greffon. Le temps d'ischémie du greffon a un impact principalement sur les résultats à court terme et un temps d'ischémie <4 heures est associé à une meilleure survie [95]. L'incidence élevée de DPG sévère nécessitant un ECLS dans notre série pourrait s'expliquer en partie par la présence de plusieurs facteurs de risque connus comme les donneurs âgés

[95], les temps d'ischémie totale prolongés, un taux préopératoire élevé d'ACM temporaires et de longue durée, les réinterventions et les transplantations en super urgence [77].

Notre analyse a montré que l'ECLS a permis un taux de survie intrahospitalière de 45%. Ces résultats se comparent de manière favorable aux autres séries précédentes qui ont publié de taux de survie entre 44% et 81% [79,81,82,84-89,90,94]. Dans une seule petite étude (11 patients), ce résultat était arrivé à 91% [80] alors que d'autres ont atteint un taux de survie de 82% adoptant une stratégie d'implantation systématique de l'ECLS dans le cadre d'une dysfonction cardiaque connue chez le greffon du donneur [83]. Cette extrême variabilité en ce qui concerne la survie dans toutes les études pourrait s'expliquer en partie par la physiopathologie complexe et multifactorielle de la DPG après transplantation cardiaque, contrairement aux autres conditions avec un fort potentiel de récupération myocardique et des résultats bien plus reproductibles comme les intoxications médicamenteuses et les myocardites.

Dans notre expérience l'ECLS a été le plus souvent implanté directement au bloc opératoire et par voie périphérique fémorale. Notre attitude est d'être aussi agressif que possible dans l'implantation de l'ECLS avant l'apparition des dysfonctions d'organes. En fait, parmi les 8 patients qui n'ont pas été implantés directement au bloc opératoire, 6 (75%) patients sont décédés. L'implantation rapide d'un ECLS permet de réduire la dose du support inotrope, ce qui augmente la consommation d'oxygène du myocarde et limite les chances de récupération myocardique. En outre, nous préférons une approche périphérique fémoro-fémorale plutôt qu'une implantation centrale car sa décanulation ne nécessite pas une rentrée sternale, ce qui pourrait comporter un risque potentiellement plus élevé de saignement et d'infection. Cependant, toute tentative précédente de comparer l'ECLS périphérique et central n'a trouvé aucune différence significative en terme des résultats à la seule exception d'une augmentation du taux d'ischémie du membre inférieur dans le groupe périphérique fémoral [81,94]. L'ischémie du membre inférieur a été rencontrée chez 12% des patients dans notre sous-groupe d'ECLS périphérique et ce taux de complication est comparable à celui rapporté dans la littérature [31,33,35] et dans les expériences précédentes d'ECLS pour la DPG après transplantation cardiaque [81,82].

Nous avons observé un taux disproportionné (approximativement de 50%) des reprises chirurgicales pour saignement. Ce taux de complication était de 26-38% dans les articles publiés jusqu'à présent [81,82,88]. Une explication possible pour ces complications hémorragiques pourrait être la proportion élevée (21%) des patients amenés à la transplantation cardiaque avec une ACM de longue durée.

Dans notre étude, la DPG-G était la manifestation la plus fréquente (58%) de la DPG après transplantation cardiaque. Malgré un profil préopératoire comparable entre les deux groupes,

les patients dans le groupe DPG-G ont montré un taux de mortalité sous ECLS significativement plus élevé par rapport aux patients dans le groupe DPG-D. La défaillance multiviscérale était la principale (60%) cause de mortalité sous ECLS dans le groupe DPG-G. Cependant, il n'y avait aucune différence entre les deux groupes sur la survie globale intrahospitalière et à court terme. En fait, 4 patients dans le groupe DPG-D ont été sevrés de l'ECLS mais sont décédés avant la sortie de l'hôpital. Par contre, dans une étude récente de Loforte *et al.* sur la défaillance primaire et secondaire du greffon après transplantation cardiaque, les patients présentaient principalement une défaillance biventriculaire (93%) et rarement une défaillance monoventriculaire droite isolée (7%).

Sur la base des nos résultats et ceux des articles précédents [78-90], l'ECLS peut être considéré comme une option thérapeutique dans le cadre de la DPG après transplantation cardiaque. La rétransplantation cardiaque ne peut plus être considérée comme une option acceptable en raison de la pénurie des donneurs entraînant des considérations éthiques et la survie lamentable. Dans notre expérience, deux patients ont été rétransplantés compte tenu de l'absence de récupération myocardique sous ECLS et sont décédés. Récemment, Takeda *et al.* [89] ont mené une étude comparative entre l'ECLS (n=27) et les ACM monoventriculaires temporaires (n=17) pour les patients avec une DPG sévère : l'utilisation de l'ECLS a montré moins complications postopératoires, un meilleur taux de récupération myocardique du greffon et un taux de mortalité intrahospitalière inférieur par rapport aux ACM monoventriculaires. Taghavi *et al.* [96] ont analysé de façon rétrospective leur expérience avec les ACM monoventriculaires droites (n=15) et l'ECLS (n=13) pour traiter l'insuffisance ventriculaire droite aigue après transplantation cardiaque. Bien qu'aucune différence en terme de survie n'a été observée entre les 2 groupes, le taux de sevrage et de survie du greffon était significativement supérieur dans le groupe ECLS. En fait, les ACM monoventriculaires droites ne permettaient pas une récupération complète de la fonction du greffon et la plupart des patients soit sont décédés pendant la période de support mécanique (47%) soit ont été amenés à une rétransplantation cardiaque en urgence (40%).

Cette étude présente plusieurs limitations. Le petit effectif est un facteur limitant qui pourrait réduire la puissance statistique de notre analyse. Nos conclusions sont recueillies à partir d'une expérience monocentrique observationnelle et ne sont pas représentatives de la population générale. Les critères ISHLT pour la définition et la classification de la DPG ont été appliqués de manière rétrospective à notre base de données avec des limites intrinsèques évidentes. Nous n'avons pas considéré comme groupe de comparaison les patients avec une DPG ne nécessitant pas un ECLS ou traités avec un autre type d'ACM temporaire. D'un point de vue statistique, les estimations des survies ont été évaluées à partir d'un échantillon

très limité de patients et l'absence de différence statistique en utilisant le test du log-rank se traduit par l'absence de pouvoir de notre étude.

#### 5.4) *Infarctus du myocarde*

Malgré une réduction de la mortalité de la cardiopathie ischémique au cours des trois dernières décennies en Europe [97], le choc cardiogénique est toujours une des principales causes de mortalité de l'infarctus du myocarde (IDM) [98]. Le traitement agressif du choc cardiogénique après IDM avec l'angioplastie primaire, le traitement antiagrégant et les inotropes est invariablement lié à des taux de mortalité supérieurs à 50% [99]. En raison des avantages limités de la CPBIA en l'absence des complications mécaniques de l'IDM [100], l'ECLS peut être considéré en *bridge to decision* dans le cadre de l'IDM compliqué par un choc cardiogénique réfractaire à la prise en charge conventionnelle [98]. L'ECLS a montré des résultats encourageants pour les patients en choc cardiogénique post IDM et les articles de la littérature ont publié des taux de survie après ECLS entre 33% et 66% [101-115].

Nous avons donc réalisé une étude observationnelle afin d'évaluer les résultats de l'ECLS pour l'IDM compliqué d'un choc cardiogénique en utilisant notre base des données institutionnelle [116].

Nous avons inclus dans cette étude les patients traités avec un ECLS pour un choc cardiogénique réfractaire dans le cadre d'un syndrome coronarien aigu avec sus-décalage du segment ST (STEMI) entre Janvier 2007 et Décembre 2017. Nous avons exclu les patients ayant reçu un ECLS pour : 1) un choc cardiogénique dans le cadre d'un syndrome coronarien aigu sans sus-décalage du segment ST (NSTEMI), 2) un choc cardiogénique postcardiotomie dans les suites d'une intervention de chirurgie cardiaque, 3) un ACR extrahospitalier. En accord avec les recommandations de la Société Européenne de Cardiologie, un syndrome coronarien aigu de type STEMI a été défini en cas de : 1) douleur thoracique persistante ou autres symptômes évocateurs d'ischémie myocardique, 2) sus-décalage du segment ST en au moins deux dérivations contiguës [98].

L'ECLS a été implanté en cas de : 1) choc cardiogénique réfractaire au traitement médical maximal avec au moins 2 agents inotropes et l'utilisation de la CPBIA associé à des signes échographiques de dysfonction ventriculaire gauche et/ou droite, 2) ACR intrahospitalier devant témoin pendant l'hospitalisation pour l'IDM. Une FEVG <30% indiquait une dysfonction systolique du ventricule gauche alors que la dysfonction ventriculaire droite a été définie par un TAPSE <16 mm et/ou une onde S' <10 cm/s [117].

Le critère de jugement principal de l'étude était la survie intrahospitalière. Les critères de jugement secondaires étaient le taux des complications pendant le période de support avec

l'ECLS, le taux de sevrage avec succès de l'ECLS et les résultats à long terme. Toutes les variables ont été comparées entre les survivants et non-survivants à la sortie de l'hôpital.

Pendant la période de l'étude, 524 patients ont reçu un ECLS dans notre Service de Chirurgie Cardiaque. Parmi ces patients, 56 (10.6%) ont été assistés pour un choc cardiogénique lié à un IDM et ont satisfait les critères d'inclusion de cette étude. L'âge moyen était  $56.7 \pm 9.7$  (27-71) ans et 89.3% des patients étaient de sexe masculin. Le Tableau 8 montre les caractéristiques des nos patients avant la pose de l'ECLS. Les conditions hémodynamiques instables avant la pose de l'ECLS ont imposé un support inotrope chez 52 (92.9%) patients et l'utilisation de la CPBIA en 46 (82.1%) cas. Vingt et un (37.5%) patients ont eu au moins un épisode d'arrêt cardiaque nécessitant la RCP dans les 24 heures précédant l'implantation de l'ECLS. Les caractéristiques avant la pose de l'ECLS étaient comparables entre les deux groupes.

Cinquante-quatre (96.4%) patients ont reçu un ECLS périphérique alors que 2 (3.6%) ont nécessité un ECLS central. L'implantation de l'ECLS pendant la RCP a été réalisée chez 3 (5.4%) patients. Le Tableau 9 résume les caractéristiques angiographiques des nos patients. L'occlusion de l'artère interventriculaire antérieure (58.9%) dans un contexte de coronaropathie monotronculaire (46.4%) était la lésion coupable plus fréquente. Les non-survivants ont montré une incidence numériquement plus élevée d'une coronaropathie intéressant le tronc commun de la coronaire gauche mais la différence n'était pas statistiquement significative (36.4% vs. 13.0%,  $p=0.069$ ). Parmi les 50 angioplasties primaires qui ont été effectuées, 44 (88%) ont été réalisées avec succès.

Trois (5.4%) patients (complication mécanique de l'IDM  $n=2$ , angioplastie sans succès  $n=1$ ) ont été opérés de pontage coronarien. Neuf (16.1%) patients ont présenté une complication mécanique de l'IDM (communication interventriculaire  $n=7$ , rupture de la paroi libre du ventricule gauche  $n=1$ , rupture du pilier mitral  $n=1$ ). Parmi ces patients, 5 (8.9%) ont été opérés (fermeture d'une communication interventriculaire  $n=3$ , fermeture d'une rupture de la paroi libre du ventricule gauche  $n=1$ , remplacement valvulaire mitral  $n=1$ ) tandis que les autres 4 patients avec des larges communications interventriculaires sont décédés sous ECLS avant l'intervention chirurgicale.

Le Tableau 10 montre les résultats à court terme des nos patients. Vingt-trois (41.1%) patients sont décédés sous ECLS. La principale cause de décès était la défaillance multiviscérale ( $n=12$ ). Le taux des complications pendant le période de support avec l'ECLS était comparable entre les deux groupes. Vingt-huit (50%) patients ont été sevrés avec succès de l'ECLS après une période moyenne de support de  $8.7 \pm 7.0$  jours. Huit (14.3%) patients sont décédés par la suite après le sevrage et avant la sortie de l'hôpital. Dans ce sous-groupe de patients, le choc septique ( $n=4$ ) a été la principale cause de décès.

**Tableau 8.** Caractéristiques des patients avant la pose de l'ECLS pour un choc cardiogénique lié à un IDM.

Variable	Patients (n=56)	Survivants (n=23)	Non-survivants (n=33)	p-value
Age, ans	56.7 ± 9.7	54.3 ± 8.3	58.4 ± 10.4	0.125
Sexe masculin, n (%)	50 (89.3)	20 (87.0)	30 (90.9)	0.681
Surface corporelle, m <sup>2</sup>	1.8 ± 0.1	1.7 ± 0.1	1.8 ± 0.1	0.168
Facteurs de risque CV, n (%)				
Hypertension	27 (48.2)	10 (43.5)	17 (51.5)	0.554
Diabète	8 (14.3)	4 (17.4)	4 (12.1)	0.704
Dyslipidémie	19 (33.9)	10 (43.5)	9 (27.3)	0.257
Tabagisme actif	32 (57.1)	12 (52.2)	20 (60.6)	0.590
Antécédents d'IDM, n (%)	9 (16.1)	5 (21.7)	4 (12.1)	0.335
Antécédents d'angioplastie, n (%)	6 (10.7)	3 (13.0)	3 (9.1)	0.681
FEVG, %	23.2 ± 12.7	21.1 ± 9.2	24.7 ± 14.6	0.312
Etat clinique, n (%)				
Support inotrope	52 (92.9)	22 (95.7)	30 (90.9)	0.636
Ventilation mécanique	45 (80.4)	18 (78.3)	27 (81.8)	0.742
CPBIA	46 (82.1)	20 (87.0)	26 (78.8)	0.500
Arrêt cardiaque	21 (37.5)	9 (39.1)	12 (36.4)	0.833
Complications mécaniques, n (%)	9 (16.1)	2 (8.7)	7 (21.2)	0.282
<sup>a</sup> SAVE-score	-5.9 ± 3.6	-5.1 ± 3.4	-6.4 ± 3.7	0.214
<sup>a</sup> ENCOURAGE score	13.9 ± 7.0	12.0 ± 7.3	15.2 ± 6.5	0.096
Bilan biologique				
Urée, mmol/L	9.9 ± 4.4	10.3 ± 5.4	9.6 ± 3.6	0.603
Créatinine, µmol/L	148.0 ± 76.9	139.5 ± 85.2	154.0 ± 71.2	0.506
Bilirubine totale, µmol/L	20.5 ± 26.1	27.8 ± 38.9	15.4 ± 8.7	0.262
Troponine, µg/L	283.8 ± 584.4	122.3 ± 145.0	415.3 ± 757.3	0.081
Lactates, mEq/L	6.3 ± 5.2	5.7 ± 5.3	6.6 ± 5.2	0.546
pH	7.2 ± 0.1	7.2 ± 0.2	7.2 ± 0.1	0.353

<sup>a</sup>L'état clinique des patients avant la pose de l'ECLS a été évalué avec les scores SAVE [118] et ENCOURAGE [109].

CPBIA = contre-pulsion par ballon intra-aortique, CV = cardiovasculaire, ENCOURAGE = *prEdiction* of *Cardiogenic shock* *OU*tcome foR *AMI* patients *salvaGE*d by *VA-ECMO*, FEVG = fraction d'éjection du ventricule gauche, IDM = infarctus du myocarde, SAVE = *Survival After Veno-arterial-ECMO*.



**Tableau 9.** Caractéristiques angiographiques des patients en choc cardiogénique après IDM et traités par ECLS.

Variable	Patients (n=56)	Survivants (n=23)	Non-survivants (n=33)	p-value
Lésion coupable, n (%)				0.270
TCCG	6 (10.7)	1 (4.3)	5 (15.2)	
IVA	33 (58.9)	17 (73.9)	16 (48.5)	
Cx	7 (12.5)	2 (8.7)	5 (15.2)	
CD	10 (17.9)	3 (13.0)	7 (21.2)	
Coronaropathie, n (%)				0.771
Monotronculaire	26 (46.4)	12 (52.2)	14 (42.4)	
Bitronculaire	22 (39.3)	8 (34.8)	14 (42.4)	
Tritronculaire	8 (14.3)	3 (13.0)	5 (15.2)	
<sup>a</sup> Angioplastie sans succès, n (%)	6 (12)	1 (4.8)	5 (17.2)	0.380

<sup>a</sup>Calculé uniquement chez les patients avec une tentative d'angioplastie primaire (n=50).

Une angioplastie primaire sans succès a été définie avec un flux TIMI  $\leq 2$ .

CD = artère coronaire droite, Cx = artère circonflexe, IVA = artère interventriculaire antérieure, TCCG = tronc commun de la coronaire gauche.

**Tableau 10.** Résultats à court terme des patients qui ont reçu un ECLS pour un choc cardiogénique après IDM.

Variable	Patients (n=56)	Survivants (n=23)	Non-survivants (n=33)	p-value
Complications sous ECLS, n (%)				
Ischémie du membre inférieur	12 (21.4)	4 (17.4)	8 (24.2)	0.743
<sup>a</sup> Complications neurologiques	16 (28.6)	4 (17.4)	12 (36.4)	0.145
Dialyse	20 (35.7)	5 (21.7)	15 (45.5)	0.092
<sup>b</sup> Infection	32 (57.1)	15 (65.2)	17 (51.5)	0.308
Taux de sevrage avec succès, n (%)	28 (50)	20 (87.0)	8 (24.2)	<b>0.000</b>
Durée du support, jours	8.1 $\pm$ 14.3	7.3 $\pm$ 3.4	8.6 $\pm$ 7.6	0.373

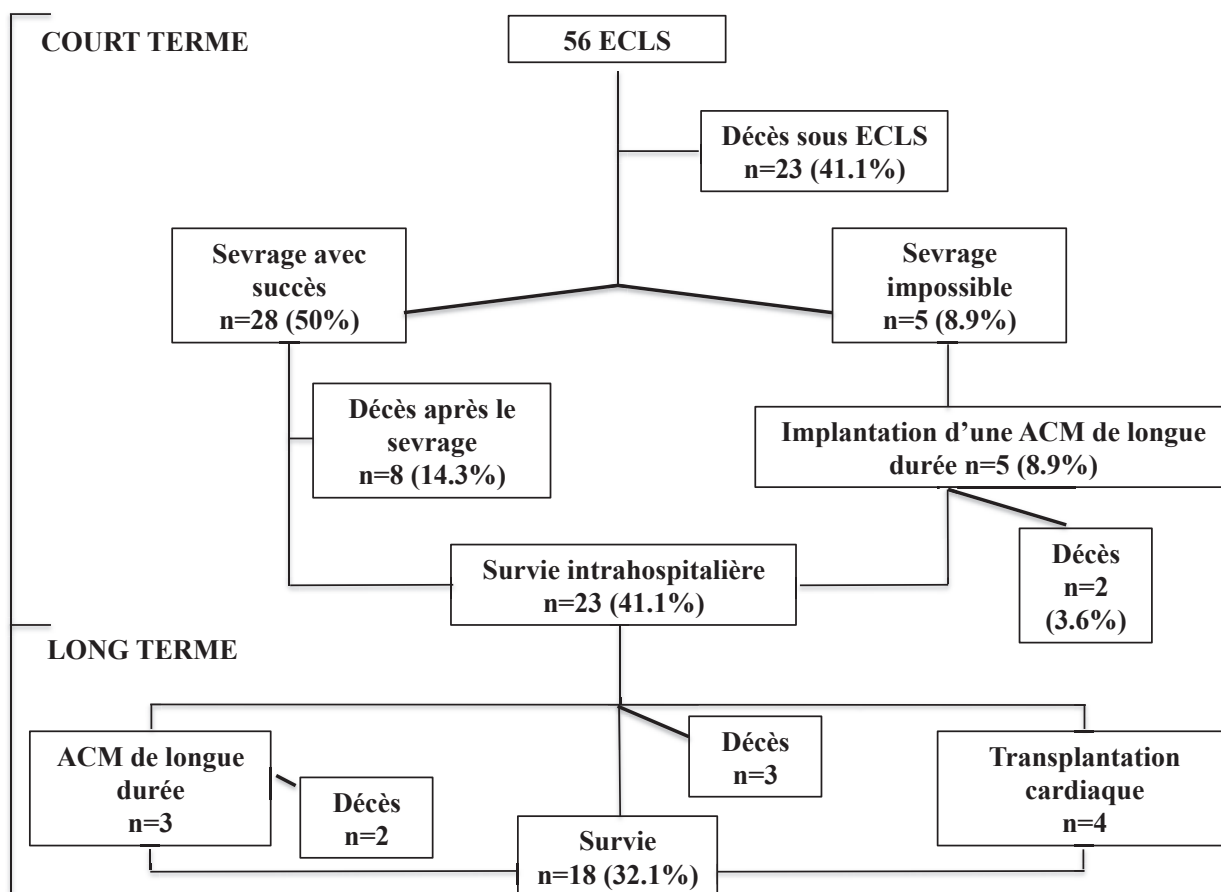
<sup>a</sup>Les complications neurologiques ont été classifiées en utilisant les codes des complications du Registre ELSO et incluent les convulsions, l'infarctus cérébral, l'hémorragie intracérébrale et la mort encéphalique [119].

<sup>b</sup>Les infections survenant 24 heures après le début de l'ECLS et pendant les premières 48 heures après le sevrage de l'ECLS ont été définies comme associées à l'ECLS [92].

ECLS = *extracorporeal life support*.

Dix-huit (32.1%) patients étaient encore vivants après un suivi moyen de 38.0±29.9 (4.2-95.4) mois. Parmi ces patients, 17 (94.4%) étaient en classe I-II de la classification New York Heart Association au dernier contact. Au cours de la période de suivi, 3 (5.4%) patients ont bénéficié d'une ACM de longue durée alors que 4 (7.1%) ont été transplantés. La Figure 9 illustre les résultats à court et long terme des nos patients.

**Figure 9.** Illustration schématique des résultats de l'ECLS pour le choc cardiogénique après IDM.



ACM = assistance circulatoire mécanique, ECLS = *extracorporeal life support* (modifié à partir de : Pozzi M, Flagiello M, Armoiry X, et al. Extracorporeal life support in the multidisciplinary management of cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *Catheter Cardiovasc Interv* [Paper under review] [116]).

L'angioplastie primaire a radicalement changé l'évolution clinique de la cardiopathie ischémique mais le choc cardiogénique reste la principale cause de mortalité chez les patients hospitalisés pour un IDM [120]. Le choc cardiogénique complique entre 6% et 10% de tous les cas de STEMI [98] et sa prise en charge médicale est associée à un mauvais pronostic [121].

Dans notre étude, l'ECLS a offert aux patients en choc cardiogénique post IDM une survie hospitalière d'environ 41% après un support mécanique moyen de 7 jours. En effet, le myocarde sidéré prend généralement 7 à 10 jours pour récupérer, même en présence d'une revascularisation efficace de la lésion coupable [122]. Nos résultats concordent avec les articles publiés jusqu'à présent qui ont signalé des taux de survie après ECLS pour les STEMI compliqués par un choc cardiogénique compris entre 33% et 66% [101-115]. L'Annexe I reprend les résultats des études plus importantes de la littérature sur l'ECLS pour le choc cardiogénique réfractaire après IDM. Le taux des complications sous ECLS était acceptable et comparable à celui rapporté dans une méta-analyse récente avec 1866 patients [29]. Le taux de survie a été assez stable (32%) lors du suivi à long terme mais environ 40% des survivants ont nécessité soit l'implantation d'une ACM de longue durée soit une transplantation cardiaque dans ce contexte de cardiomyopathie ischémique progressive. Récemment, Chung *et al.* ont observé un taux de survie cumulée de 32% après un suivi moyen de 2 ans dans une étude rétrospective incluant 65 patients [112].

Des études préliminaires ont identifié l'ECLS pour l'angioplastie primaire comme un facteur important pour la réduction de la mortalité chez les patients avec un choc cardiogénique au cours d'un IDM [101]. Le moment idéal - avant ou après l'angioplastie primaire - pour la pose d'un ECLS pour les patients en choc cardiogénique post IDM est encore controversé. L'implantation de l'ECLS avant l'angioplastie primaire stabilise l'hémodynamique des patients en donnant le temps nécessaire pour réaliser une revascularisation myocardique complète et efficace. Environ 90% des nos patients ont reçu l'ECLS après la réalisation de l'angioplastie primaire et cette stratégie a donné un taux acceptable (12%) d'échec d'angioplastie primaire. La mise en place de l'ECLS après l'angioplastie primaire a également été utilisée chez 124 patients sur 138 qui ont été inclus dans une des plus grandes séries publiées jusqu'à présent [109]. Compte tenu de ces observations, l'angioplastie primaire ne devrait probablement pas être considérée comme la référence temporelle pour la pose de l'ECLS. L'ECLS devrait être implanté rapidement avant l'apparition clinique et biologique des dysfonctions d'organes. La défaillance multiviscérale a été la principale cause de mortalité (n=13, 39.3%) chez les non-survivants par rapport au choc cardiogénique réfractaire qui représentait seulement 2 cas. En outre, le taux des lactates avant l'implantation de l'ECLS, qui reflète la perfusion systémique, est probablement le plus fort facteur prédictif de mortalité chez les patients en choc cardiogénique post IDM [103,106,109].

L'analyse de la littérature concernant le choix de la revascularisation myocardique dans une telle population critique retrouve trois stratégies principales : 1) angioplastie primaire [101,107], 2) angioplastie primaire associée au pontage coronarien comme stratégie de

revascularisation complémentaire [103,105] et 3) angioplastie à distance de l'IDM associée au pontage coronarien comme stratégie de revascularisation complémentaire [123]. Notre attitude est de privilégier l'angioplastie primaire en réservant la revascularisation chirurgicale en cas d'angioplastie primaire non réalisable/inefficace ou en présence des complications mécaniques de l'IDM. La pierre angulaire de cette approche percutanée est le succès de l'angioplastie primaire car une revascularisation percutanée inefficace affecte négativement les résultats à court terme [101,112].

L'analyse statistique a été effectuée en considérant la survie hospitalière (survivants vs. non-survivants) et n'a pas trouvé des différences significatives. En conséquence, nous n'avons pas pu identifier un profil commun parmi les non-survivants, probablement en raison de la petite taille des échantillons. Ce résultat est différent par rapport aux études précédentes qui ont identifié plusieurs facteurs prédictifs de mortalité hospitalière [102,104,105,107,109,111,112,124]. Nos analyses en sous-groupes ont mis en évidence un avantage en terme de survie uniquement pour les patients âgés  $\leq 60$  ans. Muller *et al.* ont identifié un âge  $>60$  ans comme un facteur prédictif indépendant de mortalité en réanimation dans une des plus grandes séries publiées sur l'ECLS pour le choc cardiogénique dans le cadre de l'IDM [107]. Néanmoins, Lorusso *et al.* ont trouvé une augmentation globale de l'utilisation de l'ECLS chez les personnes âgées ces dernières années avec des taux de mortalité acceptables [125]. Toutefois, l'utilisation de l'ECLS chez les patients âgés avec un choc cardiogénique réfractaire qui complique un IDM nécessite une évaluation individualisée prudente afin d'éviter une utilisation inadéquate des ressources et des coûts hospitaliers excessifs. Bien que non statistiquement significative, les non-survivants ont montré dans notre série une tendance à une incidence plus élevée de coronaropathie intéressant le tronc commun de la coronaire gauche. Trzeciak *et al.* ont constaté une mortalité plus élevée chez les patients avec la lésion coupable au niveau du tronc commun de la coronaire gauche probablement en raison d'un plus grand territoire de l'IDM [126].

En raison de ces résultats et considérations, l'ECLS devrait être considéré comme une option thérapeutique dans le traitement du choc cardiogénique réfractaire du à l'IDM. Cependant, d'autres types d'ACM temporaire pourraient également être utilisés dans ce cadre particulier. Par exemple, l'Impella (Abiomed, Danvers, MA, USA) est une ACM monoventriculaire gauche temporaire positionnée de façon percutanée (Impella 2.5/CP) ou chirurgicale (Impella 5.0/LD) à travers la valve aortique. L'Impella assure un support circulatoire en déchargeant au même temps le ventricule gauche. Une étude observationnelle américaine récente a remarqué une utilisation croissante dans la dernière décennie de l'Impella pour le choc cardiogénique post IDM [127]. La *Detroit Cardiogenic Shock Initiative* a évalué les résultats de l'Impella dans une cohorte de 41 patients avec un IDM

compliqué par un choc cardiogénique [128]. La mise en place rapide de l'Impella (avant l'angioplastie primaire en 66% des cas) a permis une stabilisation hémodynamique immédiate et une revascularisation myocardique percutanée efficace, qui ont conduit à une survie hospitalière globale de 76%. Les résultats de cette étude sont frappants notamment en considération des conditions critiques des patients, qui étaient plus graves (plus âgés, plus d'antécédents d'IDM et angioplastie, plus d'implantation de l'Impella sous massage cardiaque) que celles des patients inclus dans la présente analyse. Malheureusement, le traitement systématique par Impella CP n'était pas associé à une réduction de la mortalité à 30 jours par rapport à la CPBIA dans une étude clinique randomisée portant sur 48 patients en choc cardiogénique dans les suites d'un IDM [129]. L'Impella 5.0 semble donc une option intéressante pour les patients plus stables en choc cardiogénique après IDM alors que l'ECLS devrait être le traitement de choix en cas de choc cardiogénique sévère [130].

Cette étude présente plusieurs limitations. Le caractère monocentrique et le petit effectif pourraient réduire la puissance statistique de notre analyse et la possibilité de produire des observations exhaustives. En outre, nous n'avons pas considéré dans la méthodologie de notre étude un groupe de comparaison de patients avec un IDM compliqué d'un choc cardiogénique traités avec un autre type d'ACM temporaire. Plusieurs stratégies de revascularisation myocardique et l'évolution de la prise en charge des patients sous ECLS sur une période de 11 ans pourraient avoir certaines conséquences sur les résultats de cette population extrêmement critique de patients. L'absence de recueil standardisé des examens sanguins et des paramètres hémodynamiques du cathétérisme cardiaque droit pourrait limiter l'interprétation de nos résultats. Nos conclusions sont recueillies à partir d'une expérience monocentrique observationnelle et ne sont pas généralisables.

#### 5.5) *Syndrome postcardiotomie*

Le choc cardiogénique postcardiotomie intéresse environ 1% des patients qui ont effectué une intervention de chirurgie cardiaque [131]. La prise en charge conventionnelle avec les inotropes et les vasopresseurs permet de sevrer la circulation extracorporelle dans la majorité des cas. Cependant, l'ECLS peut s'avérer nécessaire en *bridge to decision* pour les formes de choc cardiogénique postcardiotomie réfractaire au traitement médical maximal [132]. Les résultats de l'ECLS pour le choc cardiogénique postcardiotomie n'ont pas été satisfaisants au cours des deux dernières décennies et la survie dans ce contexte spécifique a été rapportée entre 24% et 50% [133-151].

Nous avons donc réalisé une étude pour évaluer les résultats de l'ECLS pour le choc cardiogénique postcardiotomie [152]. En outre, à partir de l'hypothèse que différentes

améliorations dans la sélection des patients, l'anesthésie cardiaque, les techniques opératoires et la gestion postopératoire devraient améliorer les résultats au fil du temps, un thème de discussion spécifique porte sur l'évaluation temporelle de l'ECLS pour le choc cardiogénique postcardiotomie.

Dans cette étude nous avons inclus les patients adultes qui ont reçu un ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie dans les suites d'une intervention de chirurgie cardiaque entre Janvier 2007 et Décembre 2017. Les patients opérés en urgence/urgence et ceux qui ont été opérés de pontage coronarien à cœur battant sans circulation extracorporelle n'ont pas été exclus. En accord avec la classification de l'ISHLT [77], nous avons exclu les patients ayant reçu un ECLS pour une défaillance primaire (n=54) ou secondaire (n=6) du greffon après transplantation cardiaque.

Le choc cardiogénique postcardiotomie nécessitant la mise en place d'un ECLS a été défini comme : 1) l'impossibilité de sevrer le patient de la circulation extracorporelle malgré au moins deux médicaments inotropes et/ou l'utilisation de la CPBIA avec une dysfonction ventriculaire gauche, droite ou biventriculaire à l'ETO peropératoire, 2) un choc cardiogénique réfractaire survenu à tout moment pendant la période postopératoire. Afin de réaliser une évaluation temporelle des résultats de l'ECLS pour le choc cardiogénique postcardiotomie, nos patients ont été divisés en 2 groupes en fonction de la période d'implantation de l'ECLS : I) de Janvier 2007 à Juin 2012 (groupe I), II) de Juillet 2012 à Décembre 2017 (groupe II). Le *cut-off* entre les deux groupes a été choisi de façon arbitraire afin d'avoir deux groupes homogènes sur le plan temporel. Le critère de jugement principal de l'étude était la survie intrahospitalière. Les critères de jugement secondaires étaient le taux des complications pendant le période de support avec l'ECLS et le taux de sevrage avec succès de l'ECLS.

Parmi les 11683 patients qui ont effectué une intervention de chirurgie cardiaque pendant la période de l'étude, 90 (0.7%) ont nécessité l'utilisation de l'ECLS pour un choc cardiogénique réfractaire postcardiotomie (groupe I n=29, 32.2%; groupe II n=61, 67.8%) et ont satisfait les critères d'inclusion de cette étude. Le Tableau 11 montre les caractéristiques préopératoires des patients. L'âge moyen était de  $57.5 \pm 15.0$  (20-83) ans et 62.2% des patients étaient de sexe masculin. Vingt-six (28.8%) patients avaient déjà été opérés au moins une fois auparavant. La FEVG préopératoire moyenne était de  $47.9 \pm 13.2$  (15-70) % et 26 (28.8%) patients présentaient des signes échographiques de dysfonction ventriculaire droite.

**Tableau 11.** Caractéristiques préopératoires des patients qui ont reçu un ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie.

Variable	Patients (n=90)	Groupe I (n=29)	Groupe II (n=61)	p- value
Age, ans	57.5 ± 15.0	55.6 ± 16.6	58.3 ± 14.3	0.427
Sexe masculin, n (%)	56 (62.2)	21 (72.4)	35 (57.3)	0.169
Indice de masse corporelle, m <sup>2</sup>	25.8 ± 6.3	25.5 ± 3.8	25.9 ± 6.9	0.810
Facteurs de risque CV, n (%)				
Hypertension	37 (41.1)	11 (37.9)	26 (42.6)	0.672
Diabète	13 (14.4)	2 (6.8)	11 (18.0)	0.210
Dyslipidémie	27 (30.0)	7 (24.1)	20 (32.7)	0.403
Antécédents de tabagisme	26 (28.8)	10 (34.4)	16 (26.2)	0.419
ACOMI, n (%)	8 (8.8)	4 (13.7)	4 (6.5)	0.266
Antécédents d'IDM, n (%)	22 (24.4)	5 (17.2)	17 (27.8)	0.273
Antécédents d'angioplastie, n (%)	13 (14.4)	3 (10.3)	10 (16.3)	0.537
Réopération, n (%)	26 (28.8)	8 (27.5)	18 (29.5)	0.851
FEVG, %	47.9 ± 13.2	49.2 ± 12.8	47.3 ± 13.4	0.529
FEVG ≤30%, n (%)	11 (12.2)	4 (13.7)	7 (11.4)	1.000
<sup>a</sup> Dysfonction ventriculaire droite, n (%)	26 (28.8)	6 (20.6)	20 (32.7)	0.237
Etat clinique, n (%)				
Œdème aigu du poumon	14 (15.5)	4 (13.7)	10 (16.3)	1.000
Choc cardiogénique	20 (22.2)	8 (27.5)	12 (19.6)	0.399
Arrêt cardiaque	7 (7.7)	2 (6.8)	5 (8.1)	1.000
Support inotrope	21 (23.3)	7 (24.1)	14 (22.9)	0.901
Ventilation mécanique	18 (20)	6 (20.6)	12 (19.6)	0.910
CPBIA	9 (10)	3 (10.3)	6 (9.8)	1.000
ECLS	3 (3.3)	0 (0)	3 (4.9)	0.548
EuroSCORE II, %	10.4 ± 12.3	9.4 ± 13.1	10.8 ± 12.0	0.618

<sup>a</sup>La dysfonction ventriculaire droite a été définie par un TAPSE <16 mm et/ou une onde S' <10 cm/s [117].

ACOMI = artériopathie chronique obstructive des membres inférieurs, CPBIA = contre-pulsion par ballon intra-aortique, CV = cardiovasculaire, ECLS = *extracorporeal life support*, EuroSCORE = *European System for Cardiac Operative Risk Evaluation*, FEVG = fraction d'éjection du ventricule gauche, IDM = infarctus du myocarde.

L'état critique préopératoire des nos patients était témoigné par une proportion élevée de patients opérés en classe fonctionnelle III-IV de la classification New York Heart Association (n=55, 61.1%) ou en choc cardiogénique (n=20, 22.2%). Douze (13.3%) patients étaient assistés en préopératoire avec une CPBIA (n=9, 10%) ou un ECLS (n=3, 3.3%). Les caractéristiques préopératoires étaient comparables entre les deux groupes.

**Tableau 12.** Types d'interventions réalisées chez les patients qui ont reçu un ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie.

Variable	Patients (n=90)	Groupe I (n=29)	Groupe II (n=61)	p- value
Pontage coronarien isolé, n (%)	12 (13.3)	4 (13.7)	8 (13.1)	1.000
RVA, n (%)	8 (8.8)	3 (10.3)	5 (8.1)	0.709
RVA + pontage coronarien, n (%)	3 (3.3)	1 (3.4)	2 (3.2)	1.000
RVM, n (%)	10 (11.1)	4 (13.7)	6 (9.8)	0.721
RVM + pontage coronarien, n (%)	4 (4.4)	0 (0)	4 (6.5)	0.301
PLM, n (%)	7 (7.7)	2 (6.8)	5 (8.1)	1.000
RVM/PLM + RVA, n (%)	8 (8.8)	4 (13.7)	4 (6.5)	0.266
RVM/PLM + RVT/PLT, n (%)	4 (4.4)	2 (6.8)	2 (3.2)	0.592
RVM/PLM + RVA + RVT/PLT, n (%)	1 (1.1)	1 (3.4)	0 (0)	0.322
Chirurgie de l'aorte ascendante, n (%)	13 (14.4)	4 (13.7)	9 (14.7)	1.000
CIV post-IDM, n (%)	5 (5.5)	3 (10.3)	2 (3.2)	0.323
Autres, n (%)	15 (16.6)	1 (3.4)	14 (22.9)	<b>0.031</b>

CIV = communication interventriculaire, IDM = infarctus du myocarde, PLM = plastie mitrale, PLT = plastie tricuspide, RVA = remplacement valvulaire aortique, RVM = remplacement valvulaire mitral, RVT = remplacement valvulaire tricuspide.

Le Tableau 12 montre les types d'interventions réalisées. Les interventions sur l'aorte ascendante étaient le principal (n=13, 14.4%) type d'intervention réalisée nécessitant un ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie. Treize (14.4%) patients ont été opérés pour une endocardite infectieuse alors que 1 (1.1%) patient a été opéré pour une dissection aortique de type A. Le sous-groupe d'interventions nommé « Autres » incluait plusieurs types d'opérations chirurgicales : chirurgie pour une cardiopathie congénitale de l'adulte (n=6), thrombectomie intracardiaque (n=2), exérèse d'un myxome (n=1), remplacement valvulaire mitro-aortique + pontage coronarien (n=1), remplacement valvulaire aortique + remplacement de l'aorte ascendante + pontage coronarien (n=1), explantation d'une ACM monoventriculaire gauche (n=1), intervention de Bentall + remplacement de la crosse +



pontage coronarien (n=1), remplacement valvulaire tricuspide + remplacement valvulaire pulmonaire (n=1), remplacement valvulaire aortique + plastie tricuspide (n=1). Les patients du groupe II présentaient un pourcentage significativement supérieur d'interventions chirurgicales incluses dans le sous-groupe « Autres » par rapport aux patients du groupe I (23% vs. 3%, p=0.031).

**Tableau 13.** Résultats intrahospitaliers des patients qui ont reçu un ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie.

Variable	Patients (n=90)	Groupe I (n=29)	Groupe II (n=61)	p-value
Temps de clampage, minutes	94.1 ± 46.6	114.2 ± 48.9	85.4 ± 43.2	<b>0.023</b>
Temps de CEC, minutes	150.7 ± 76.1	184.2 ± 91.8	135.2 ± 63.1	<b>0.022</b>
Implantation de l'ECLS, n (%)				0.324
Directement au bloc opératoire	63 (70)	22 (75.9)	41 (67.2)	
Secondairement en réanimation	27 (30)	7 (24.1)	20 (32.8)	
Type d'ECLS, n (%)				0.231
Périphérique	54 (60)	20 (68.9)	34 (55.7)	
Central	36 (40)	9 (31.1)	27 (44.3)	
Complications sous ECLS, n (%)				
Reprise pour saignement	28 (31.1)	7 (24.1)	21 (34.4)	0.324
<sup>a</sup> Ischémie du membre inférieur	7 (12.9)	3 (15.0)	4 (11.7)	1.000
Dialyse	53 (58.8)	16 (55.1)	37 (60.6)	0.621
Infection	16 (17.7)	5 (17.2)	11 (18.0)	1.000
Infarctus cérébral	12 (13.3)	2 (6.8)	10 (16.3)	0.324
Hémorragie intracérébrale	1 (1.1)	0 (0)	1 (1.6)	1.000
Mort encéphalique	7 (7.7)	2 (6.8)	5 (8.1)	1.000
Taux de sevrage avec succès, n (%)	45 (50)	15 (51.7)	30 (49.1)	0.822
Durée du support, jours	6.4 ± 6.3	7.9 ± 8.5	5.7 ± 4.9	0.123
Survie intrahospitalière, n (%)	35 (38.8)	12 (41.3)	23 (37.7)	0.738
FEVG à la sortie de l'hôpital, %	47.2 ± 12.9	45.7 ± 19.4	47.9 ± 8.3	0.713

<sup>a</sup>Calculé uniquement pour les patients avec un ECLS périphérique (n=54).

CEC = circulation extracorporelle, ECLS = *extracorporeal life support*, FEVG = fraction d'éjection du ventricule gauche.

Le Tableau 13 montre les résultats intrahospitaliers de notre étude. Les temps de clampage aortique et de circulation extracorporelle étaient significativement plus courts dans le plus

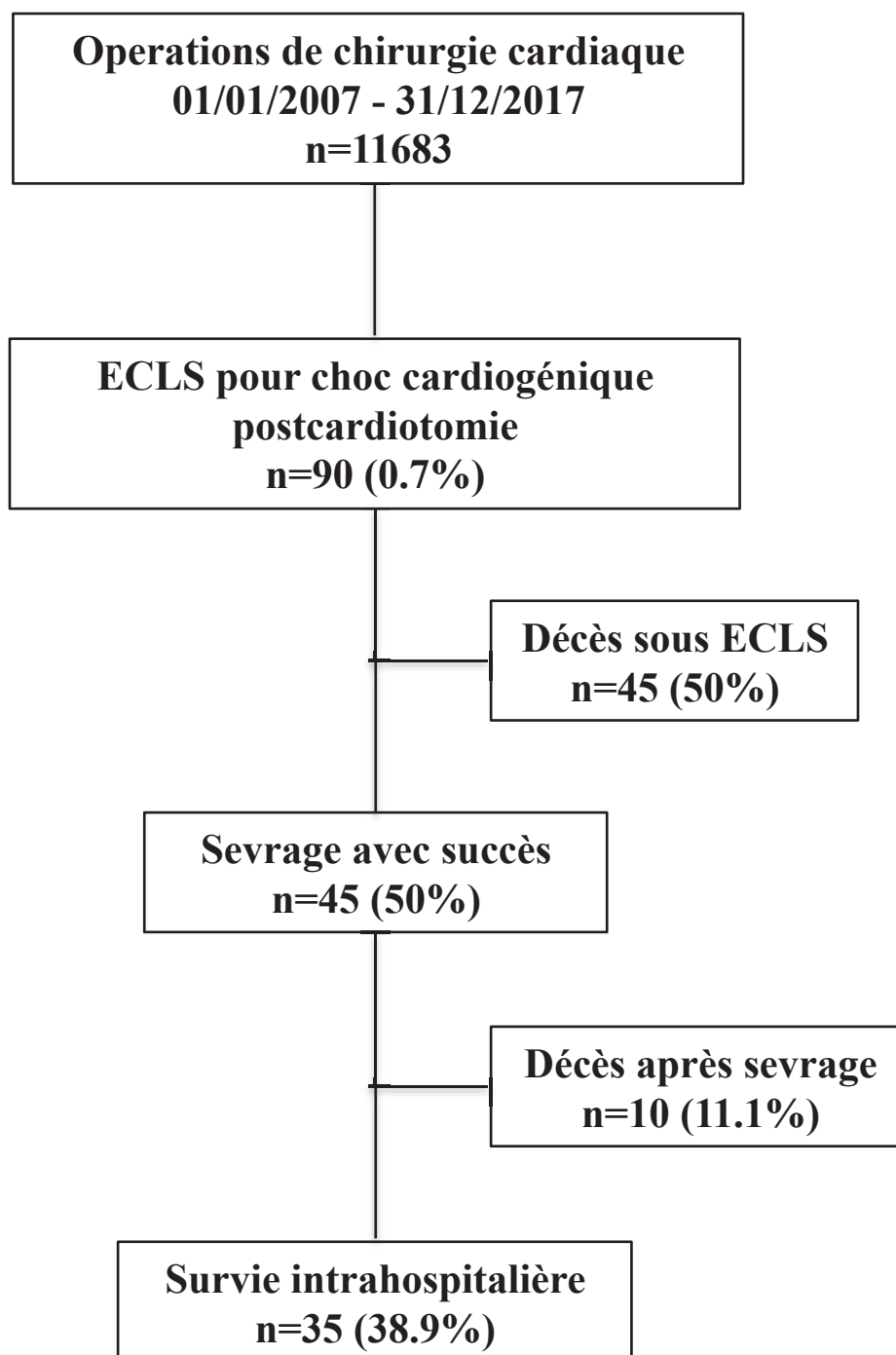
récent groupe II que dans le groupe I (85.4 vs. 114.2 minutes,  $p=0.023$  et 135.2 vs. 184.2 minutes,  $p=0.022$ , respectivement). Soixante-trois (70%) patients ont reçu l'ECLS directement au bloc opératoire car le sevrage de circulation extracorporelle n'était pas possible (groupe I=75.8% vs. groupe II=67.2%,  $p=0.324$ ) alors que 27 (30%) l'ont reçu secondairement en réanimation suite à l'apparition d'un choc cardiogénique réfractaire. Parmi ces patients implantés en réanimation, 10 (11.1%) ont été cannulés sous massage cardiaque. L'ECLS a été pour la plupart (60%) implanté par voie périphérique fémorale (groupe I=68.9% vs. groupe II=55.7%,  $p=0.231$ ). Le taux des complications pendant la période de support avec l'ECLS était comparable entre les deux groupes. Quarante-cinq (50%) patients ont été sevrés avec succès de l'ECLS (groupe I=51.7% vs. groupe II=49.1%,  $p=0.822$ ) après une période moyenne de support de  $6.4\pm 6.3$  jours (groupe I=7.9 jours vs. groupe II=5.7 jours,  $p=0.123$ ). Aucun patient n'a été transplanté ni implanté avec une ACM de longue durée. Dix (11.1%) patients ont été sevrés de l'ECLS mais ils sont décédés dans les suites avant la sortie de l'hôpital. Les causes de décès étaient : défaillance multiviscérale ( $n=5$ ), choc septique ( $n=2$ ), choc cardiogénique réfractaire ( $n=1$ ), ischémie intestinale ( $n=1$ ) et hémorragie incontrôlable ( $n=1$ ). La survie hospitalière était de 38.8% ( $n=35$ ; groupe I=41.3% vs. groupe II=37.7%,  $p=0.738$ ). L'analyse multivariée n'a trouvé aucun facteur prédictif indépendant de survie intrahospitalière (Annexe II). La Figure 10 illustre les résultats à court terme de notre étude.

La défaillance cardiaque postcardiotomie est une complication postopératoire majeure des interventions de chirurgie cardiaque, qui est associée à un taux de mortalité plus élevé par rapport aux autres étiologies du choc cardiogénique [153,154].

Dans notre analyse, la moitié de la population étudiée présentait des signes de récupération myocardique satisfaisante permettant le sevrage de l'ECLS mais seulement 39% des patients ont survécu. Nos résultats sont comparables à ceux des expériences précédentes qui ont rapporté des taux de survie entre 24% et 50% [133-151] (Annexe III). De plus, une méta-analyse récente a constaté que la survie hospitalière après ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie était de 36% (IC à 95% 31.5-40.8) [132]. Cependant, l'interprétation et la comparaison de ces résultats devraient être effectués avec prudence étant donné l'absence d'une définition claire et homogène de syndrome postcardiotomie.

Nous avons aussi effectué une comparaison en groupes en fonction de l'époque d'implantation de l'ECLS afin d'évaluer les résultats temporelles de l'ECLS pour le choc cardiogénique postcardiotomie. Le profil préopératoire des nos patients n'a pas modifié au fil du temps. En particulier, il n'y avait aucune différence statistique en terme d'âge entre les

**Figure 10.** Illustration schématique des résultats à court terme de l'ECLS pour le choc cardiogénique postcardiotomie.



ECLS = *extracorporeal life support* (modifié à partir de : Pozzi M, Alvau F, Armoiry X, et al. Clinical outcomes after extracorporeal life support for postcardiotomy cardiogenic shock. *J Card Surg* [Paper under review] [152]).

deux groupes. Cette tendance est en opposition à l'évolution naturelle générale des patients en chirurgie cardiaque. Brown *et al.* ont exploré les caractéristiques et les résultats du remplacement valvulaire aortique isolé dans la base de données de la *Society of Thoracic Surgeons* [155]. Au cours d'une période de 10 ans, les patients opérés de remplacement

valvulaire aortique étaient devenus plus âgés et présentaient plus de comorbidités mais, malgré ces changements, les résultats (y compris le taux de mortalité et d'AVC) s'étaient améliorés. En outre, le groupe plus récent présentait un pourcentage significativement plus élevé d'opérations de chirurgie cardiaque diverses et variées et la majorité (43%) ont été effectuées pour des cardiopathies congénitales adultes. Cette observation est en accord avec un article récent de l'*International Society for Adult Congenital Heart Disease* qui affirme que la prévalence des adultes atteints de cardiopathies congénitales est en train d'augmenter régulièrement au fil du temps dans les pays développés et dépasse actuellement la prévalence des enfants atteints de cardiopathies congénitales [156]. La chirurgie aortique était le principal type d'intervention nécessitant la mise en place de l'ECLS avec une fréquence stable dans le temps et le meilleur taux de survie (46%) par rapport à d'autres types d'opérations [148]. Enfin, notre analyse n'a pas trouvé un avantage quant à la survie dans la cohorte plus récente. Il pourrait être imaginé que la survie repose principalement sur la gravité préopératoire des patients plutôt que sur des facteurs peropératoires ou liés à la gestion postopératoire de l'ECLS. Cette observation est également corroborée par le fait que le taux de survie ne s'est pas amélioré malgré une réduction statistiquement significative des temps de clampage et circulation extracorporelle dans le groupe plus récent. Toutefois, cette absence d'amélioration de la survie au fil du temps chez les patients qui ont reçu un ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie a été déjà démontrée par plusieurs articles scientifiques [131,137,140].

L'implantation de l'ECLS directement au bloc opératoire par voie périphérique fémorale a été le choix plus fréquent, comme nous l'avons déjà montré dans le cadre de la DPG après transplantation cardiaque [91]. Notre stratégie est encouragée par des expériences précédentes montrant qu'une implantation retardée de l'ECLS chez les patients en choc cardiogénique postcardiotomie est associée à des faibles taux de survie [147,148]. La durée moyenne du support mécanique temporaire par ECLS dans notre étude était plus longue que celle rapportée dans les études précédentes [133-151] (Annexe III). Bien que plus prolongée, cette durée est toujours comprise dans une période sûre car Distelmaier et al. ont récemment montré que un support par ECLS de plus de 7 jours affecte négativement la survie à court et à long terme chez 354 patients en choc cardiogénique postcardiotomie [149]. Malgré une durée plus prolongée de l'ECLS, le taux des complications était tout à fait comparable à celui des expériences précédentes en termes de reprise chirurgicale pour saignement, ischémie du membre inférieur et insuffisance rénale aiguë avec recours à la dialyse [137,138,141,142,145]. Il nous semble difficile de pouvoir donner des conclusions exhaustives sur le taux d'infections et de complications neurologiques compte tenu de la variabilité des définitions utilisées entre les études.

D'autres études ont identifié plusieurs facteurs prédictifs indépendants de mortalité chez les patients en choc cardiogénique postcardiotomie traités par ECLS comme l'âge, le type d'intervention chirurgicale, les marqueurs biochimiques de métabolisme anaérobie persistant et de dysfonction d'organes, la dialyse, les complications associées à l'ECLS et la durée prolongée de l'ECLS [134,135,137,138,141,144,147,149,150]. Notre analyse n'a trouvé aucune variable indépendante associée à la mortalité, ce qui peut s'expliquer par notre petite population de patients.

Une analyse récente sur l'utilisation de l'ECLS aux États-Unis a mis en évidence une réduction significative des implantations dans le cadre du choc cardiogénique postcardiotomie pendant une période de 10 ans [154]. Dans ce contexte, l'Impella (Abiomed, Danvers, MA, USA) peut être considéré comme une alternative intéressante à l'ECLS. L'étude RECOVER I a publié des résultats très encourageants car 93% des patients ont survécu après une durée du support moyenne de 4 jours [157]. Une bonne décharge du ventricule gauche avec l'Impella pourrait expliquer au moins en partie ces résultats frappants car la distension ventriculaire gauche a des effets délétères qui pourraient limiter les chances de récupération myocardique. Toutefois, la physiologie monoventriculaire sans support respiratoire et le coût non négligeable sont les principaux facteurs qui limitent l'utilisation de l'Impella dans cette population de patients extrêmement vulnérables. Des études cliniques randomisées sont nécessaires afin de mieux définir les rôles de l'ECLS et de l'Impella dans le cadre du choc cardiogénique réfractaire postcardiotomie.

Notre étude présente plusieurs limitations. La petite taille des échantillons conduisant à une population hétérogène est une limitation importante avec des conséquences intrinsèques sur la puissance statistique de l'étude. Cette expérience monocentrique ne permet pas une généralisation des résultats. Dans la méthodologie de notre étude nous n'avons pas considéré un groupe de comparaison de patients traités médicalement ou avec un autre type d'ACM temporaire. Cette étude s'est concentrée sur les résultats à court terme et n'a pas analysé les résultats à long terme et les mesures de la qualité de vie.

#### 5.6) *Cardiomyopathie*

L'utilisation de l'ECLS dans la prise en charge d'un épisode d'insuffisance cardiaque aiguë d'une cardiomyopathie terminale doit s'inscrire uniquement dans une stratégie de « *bridge to transplantation* » ou « *bridge to bridge* » en raison du potentiel de récupération myocardique très faible [123].

### 5.7) *Indications marginales*

Le choc septique réfractaire sévère secondaire à une infection bactérienne est une indication émergente de l'ECLS chez l'adulte. Lorsque le sepsis est associé à une dysfonction myocardique sévère et réversible, avec ou sans atteinte respiratoire (bas débit cardiaque, résistances vasculaires systémiques élevées et pressions de remplissage élevées), il semble que la mise en place précoce d'un ECLS améliorerait la survie [165].

L'embolie pulmonaire massive avec instabilité hémodynamique est également une indication émergente de l'utilisation de l'ECLS. Sa rapidité d'initiation en fait la méthode de choix d'assistance circulatoire en cas de défaillance circulatoire secondaire à une dysfonction ventriculaire droite aigüe. L'ECLS peut être utilisé lorsque la thrombolyse ne suffit pas pour restaurer une hémodynamique satisfaisante ou pour stabiliser un patient en choc cardiogénique avant une embolectomie chirurgicale ou percutanée [166].

## **6) ARRET CARDIAQUE REFRACTAIRE**

Un arrêt cardiaque est considéré comme réfractaire en l'absence de retour à une circulation spontanée après au moins 30 minutes de RCP médicalisée [167]. Les recommandations internationales considèrent l'ECLS comme une solution thérapeutique de sauvetage dans la prise en charge des patients en ACR pour lesquels la RCP s'est avérée inefficace et la cause présumée de l'arrêt est potentiellement réversible [168].

### 6.1) *Arrêt cardiaque réfractaire intrahospitalier*

Un arrêt cardiaque est une situation catastrophique qui exige une prise en charge immédiate. La RCP offre de piètres résultats, surtout lorsque la durée de la réanimation dépasse 10 minutes [169]. Les résultats de l'ECLS pour l'ACR intrahospitalier sont encourageants et la survie avec un bon état neurologique est comprise entre 20% et 45% [170-176] alors que les résultats de l'ECLS pour l'ACR extrahospitalier sont plus hétérogènes [177-189].

Nous avons donc réalisé une étude afin d'évaluer les résultats de l'ECLS pour l'ACR intrahospitalier et les comparer avec ceux pour l'ACR extrahospitalier [190].

Nous avons inclus dans cette étude les patients adultes qui ont reçu un ECLS pour un ACR intrahospitalier ou extrahospitalier devant témoin entre Janvier 2007 et Décembre 2016. Nous avons exclus les patients : 1) en choc cardiogénique après un arrêt cardiaque récupéré qui ont reçu l'ECLS sans massage cardiaque, 2) qui ont reçu un ECLS pour un ACR extrahospitalier hypothermique (température <32°C).

Nous n'avons pas considéré une limite d'âge supérieure pour les ACR extrahospitaliers entre Janvier 2007 et Juillet 2012. Suite à une analyse nationale qui a montré de mauvais résultats pour les patients plus âgés, l'utilisation de l'ECLS pour les ACR extrahospitaliers a

été limitée aux patients  $\leq 55$  ans depuis Aout 2012. Par contre, notre protocole pour les ACR intrahospitaliers n'a pas établi une limite d'âge supérieure comme critère d'exclusion.

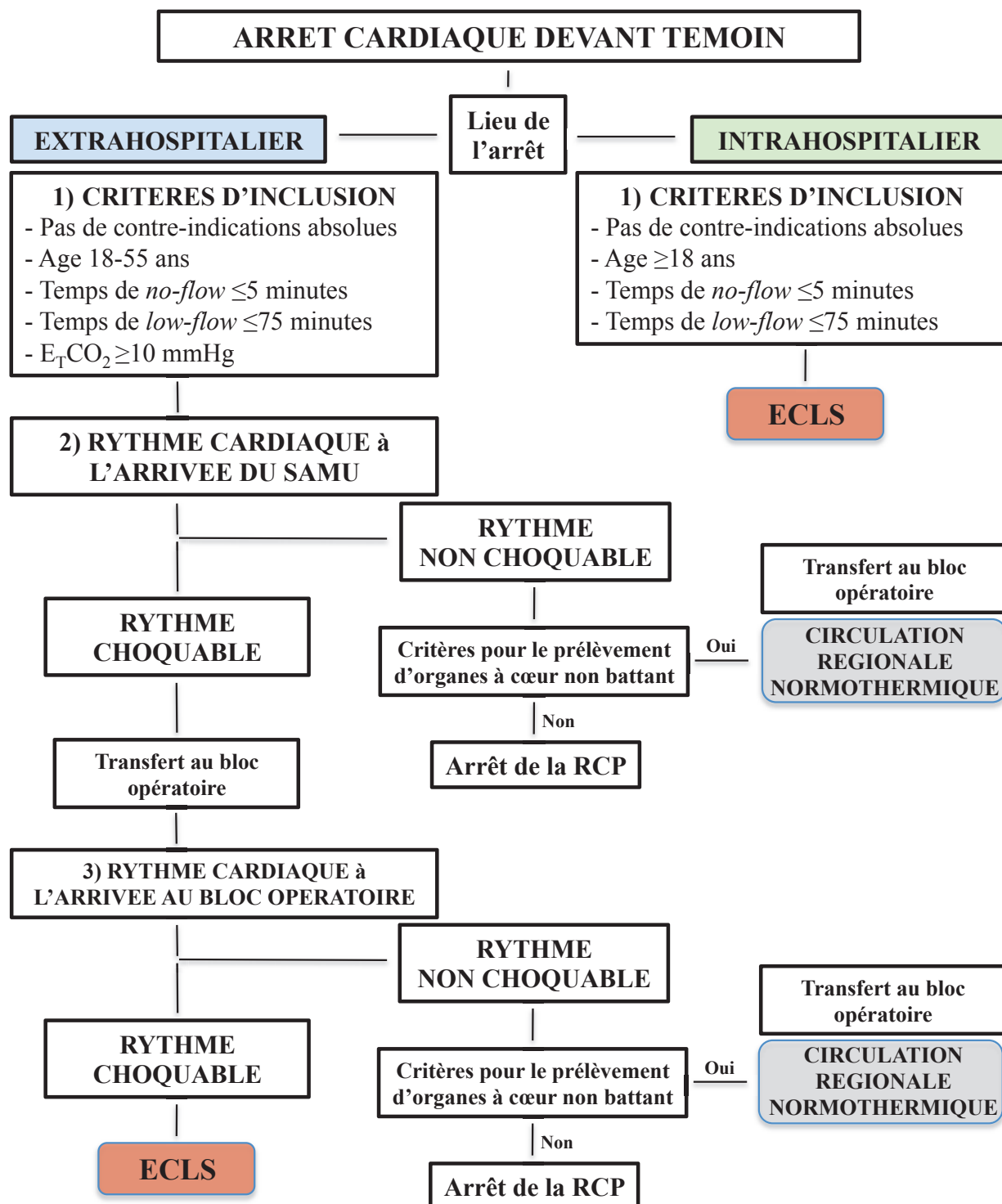
Notre arbre décisionnel pour la mise en place d'un ECLS en cas d'ACR extrahospitalier suit les recommandations nationales [167]. Un arrêt cardiaque extrahospitalier est tout d'abord géré par les témoins présents qui réalisent les premières manœuvres de RCP et ensuite par le SAMU. Quand le SAMU considère la RCP comme inefficace, notre Service de Chirurgie Cardiaque est rapidement contacté afin de vérifier la disponibilité de l'équipe chirurgicale et discuter l'indication à l'implantation de l'ECLS. L'indication finale à l'implantation de l'ECLS en cas d'ACR extrahospitalier est confirmée si les critères suivants sont respectés : 1) temps de *no-flow*  $\leq 5$  minutes; 2) temps de *low-flow*  $\leq 100$  minutes entre Janvier 2007 et Juillet 2012 et  $\leq 75$  minutes depuis Aout 2012 (cette modification de l'arbre décisionnel a été décidée suite à une analyse nationale qui a montré de mauvais résultats pour les patients avec des durées très prolongées de RCP); 3) *end-tidal carbon dioxide* ( $E_TCO_2$ )  $\geq 10$  mmHg. Ni l'ETO ni les examens biochimiques de routine sont pris en considération dans notre arbre décisionnel. En accord avec les résultats de notre étude précédente [191], nous avons ajouté un critère supplémentaire depuis Janvier 2015 : la présence d'un rythme choquable (fibrillation ventriculaire et tachycardie ventriculaire sans pouls) pendant la pose de l'ECLS. Les patients qui présentaient un rythme non choquable (asystolie et dissociation électromécanique) étaient considérés pour la mise en place d'une circulation régionale normothermique pour le prélèvement d'organes (reins et foie) à cœur non battant. Pour les ACR intrahospitaliers nous avons utilisé les mêmes critères de *no-flow* et *low-flow*. Le patient est ensuite transféré directement au bloc opératoire et la RCP est continuée à l'aide d'un dispositif automatique (AutoPulse; Zoll Inc., Chelmsford, MA, USA). Le massage cardiaque automatique est continué jusqu'au démarrage de l'ECLS. La Figure 11 schématise l'arbre décisionnel actuellement utilisé pour la mise en place d'un ECLS en cas d'ACR intrahospitalier et extrahospitalier.

Pour l'analyse statistique, les patients ont été divisés en deux groupes (ACR intrahospitalier = groupe INTRA; ACR extrahospitalier = groupe EXTRA) selon le lieu de survenue de l'arrêt cardiaque. Le critère de jugement principal de l'étude était la survie intrahospitalière avec un bon état neurologique. L'évaluation neurologique a été réalisée avec le *Cerebral Performance Category* (CPC) score et un bon état neurologique a été défini comme un score CPC 1 ou 2 sur une échelle de 5 points [192]. Les critères de jugement secondaires étaient le taux d'implantation avec succès de l'ECLS, le taux des complications pendant le période de support avec l'ECLS et le taux de sevrage avec succès de l'ECLS.

Parmi les 452 patients qui ont reçu un ECLS entre Janvier 2007 et Décembre 2016, 131 (28.9%) ont été assistés pour un ACR (groupe INTRA n=45, 34.4%; groupe EXTRA n=86,

65.6%) et ont satisfait les critères d'inclusion de cette étude. L'âge moyen était de 43.2±12.8 (18-76) ans et 71.8% des patients étaient de sexe masculin.

**Figure 11.** Arbre décisionnel pour la mise en place d'un ECLS en cas d'ACR intrahospitalier et extrahospitalier.



ECLS = *extracorporeal life support*,  $E_TCO_2$  = *end-tidal carbon dioxide*, RCP = réanimation cardiopulmonaire (modifié à partir de : Extracorporeal life support for refractory cardiac arrest: A 10-year comparative analysis. *Ann Thorac Surg* [Epub ahead of print] [190]).



**Tableau 14.** Caractéristiques des patients avant la pose de l'ECLS pour ACR.

Variable	Patients (n=131)	Groupe INTRA (n=45)	Groupe EXTRA (n=86)	p-value
Age, ans	43.2 ± 12.8	46.2 ± 13.5	41.7 ± 12.2	0.054
Sexe masculin, n (%)	84 (71.8)	29 (64.4)	65 (75.6)	0.179
Facteurs de risque CV, n (%)				
Hypertension	16 (12.2)	5 (11.1)	11 (12.8)	0.780
Diabète	10 (7.6)	6 (13.3)	4 (4.7)	0.091
Dyslipidémie	10 (7.6)	5 (11.1)	5 (5.8)	0.278
Tabagisme actif	36 (27.5)	11 (24.4)	25 (29.1)	0.573
Bilan biologique				
<sup>a</sup> Urée, mmol/L	8.2 ± 5.3	11.2 ± 6.9	6.3 ± 2.3	<b>0.001</b>
<sup>a</sup> Créatinine, µmol/L	139.7 ± 67.1	148.0 ± 91.0	134.3 ± 45.8	0.443
<sup>b</sup> Bilirubine totale, µmol/L	19.2 ± 26.8	30.8 ± 36.2	9.5 ± 6.5	<b>0.034</b>
<sup>c</sup> ASAT, U/L	1007.4 ± 1626.9	1353.3 ± 2537.0	821.8 ± 788.8	<b>&lt;0.001</b>
<sup>d</sup> ALAT, U/L	587.9 ± 922.3	851.3 ± 1462.7	459.5 ± 456.2	<b>&lt;0.001</b>
<sup>e</sup> Lactates, mEq/L	12.9 ± 6.8	7.1 ± 5.2	16.0 ± 5.5	<b>&lt;0.001</b>
<sup>f</sup> pH	7.16 ± 0.22	7.32 ± 0.13	7.08 ± 0.21	<b>&lt;0.001</b>
<sup>g</sup> Troponine, µg/L	63.0 ± 129.5	43.5 ± 86.8	70.7 ± 143.2	0.455
<sup>h</sup> Rythme cardiaque, n (%)				0.493
Rythme choquable	38 (29.0)	11 (26.2)	27 (32.1)	
Rythme non choquable	88 (67.2)	31 (73.8)	57 (67.9)	
<sup>i</sup> Temps de <i>no-flow</i> , minutes	2.0 ± 3.1	0.2 ± 1.0	2.5 ± 3.3	<b>&lt;0.001</b>
<sup>j</sup> Temps de <i>low-flow</i> , minutes	76.0 ± 27.5	46.9 ± 19.0	85.3 ± 23.0	<b>&lt;0.001</b>
Cause de l'ACR, n (%)				<b>&lt;0.001</b>
Syndrome coronarien aigu	38 (29.0)	7 (15.6)	31 (36.0)	
Cardiomyopathie	18 (13.7)	7 (15.6)	11 (12.8)	
Embolie pulmonaire	5 (3.8)	2 (4.4)	3 (3.5)	
Intoxication médicamenteuse	4 (3.1)	2 (4.4)	2 (2.3)	
Dissection aortique	6 (4.6)	1 (2.2)	5 (5.8)	
Syndrome postcardiotomie	9 (6.9)	9 (20)	0	
Autres	15 (11.5)	10 (22.2)	5 (5.8)	
Non identifiée	36 (27.5)	7 (15.6)	29 (33.7)	

Calculé pour <sup>a</sup>79 patients; <sup>b</sup>35 patients; <sup>c</sup>63 patients; <sup>d</sup>61 patients; <sup>e</sup>64 patients; <sup>f</sup>69 patients; <sup>g</sup>63 patients; <sup>h</sup>126 patients; <sup>i</sup>104 patients; <sup>j</sup>107 patients.

ACR = arrêt cardiaque réfractaire, ALAT = alanine aminotransférases, ASAT = aspartate aminotransférases, CV = cardiovasculaire.

Le Tableau 14 montre les caractéristiques des patients avant la pose de l'ECLS, qui se sont avérées comparables entre les deux groupes. Les lactates étaient significativement plus élevés ( $16.0 \pm 5.5$  vs.  $7.1 \pm 5.2$  mEq/L,  $p < 0.001$ ) et le pH significativement plus bas ( $7.08 \pm 0.21$  vs.  $7.32 \pm 0.13$ ,  $p < 0.001$ ) dans le groupe EXTRA. La répartition des étiologies de l'arrêt cardiaque était différente entre les groupes ( $p < 0.001$ ) mais la cause présumée n'a pas pu être identifiée chez 36 (27.5%) patients. Les temps moyens de *no-flow* ( $0.2 \pm 1.0$  vs.  $2.5 \pm 3.3$  minutes,  $p < 0.001$ ) et *low-flow* ( $46.9 \pm 19.0$  vs.  $85.3 \pm 23.0$  minutes,  $p < 0.001$ ) étaient significativement plus courts dans le groupe INTRA. L' $E_TCO_2$  moyen à la pose de l'ECLS dans le groupe EXTRA était  $18.8 \pm 10.2$  (8-70) mmHg. Sur la base des cinq variables utilisées dans les modèles, les caractéristiques avant la pose de l'ECLS après score de propension ont montré un degré plus élevé de similitude entre les deux groupes. Le score de propension n'a pas pu générer des groupes comparables sur la base du pH artériel et de la proportion des patients avec un temps de *low-flow*  $\geq 60$  minutes car les groupes étaient fondamentalement différents selon ces deux variables (Annexe IV).

**Tableau 15.** Résultats de l'ECLS pour ACR.

Variable	Patients (n=131)	Groupe INTRA (n=45)	Groupe EXTRA (n=86)	p-value
Echec de cannulation, n (%)	6 (4.6)	2 (4.4)	4 (4.7)	1.00
<sup>a</sup> CPBIA, n (%)	6 (5.1)	2 (4.8)	4 (5.3)	0.906
<sup>a</sup> Ischémie du membre inférieur, n (%)	13 (11.2)	4 (9.8)	9 (12.0)	1.00
<sup>a</sup> Complications neurologiques, n (%)	44 (37.9)	12 (29.3)	32 (42.7)	0.155
<sup>a</sup> Dialyse, n (%)	35 (29.9)	14 (34.1)	21 (27.6)	0.463
<sup>a</sup> Infection, n (%)	12 (24.5)	1 (6.3)	11 (33.3)	0.073
<sup>a</sup> Conversion à ECLS central, n (%)	4 (3.5)	2 (5.0)	2 (2.7)	0.609
<sup>a</sup> Décès sous ECLS, n (%)	103 (82.4)	34 (79.1)	69 (84.1)	0.479
<sup>a</sup> Sevrage avec succès de l'ECLS, n (%)	20 (16.0)	8 (18.6)	12 (14.6)	0.565
<sup>a</sup> Survie intrahospitalière, n (%)	13 (10.4)	5 (11.6)	8 (9.8)	0.745
<sup>a</sup> Survie intrahospitalière CPC 1-2, n (%)	8 (6.4)	3 (7.0)	5 (6.1)	1.00

<sup>a</sup>Calculé après avoir exclu les patients avec un échec de cannulation.

CPBIA = contre-pulsion par ballon intra-aortique, CPC = *Cerebral Performance Category*, ECLS = *extracorporeal life support*.

La cannulation au niveau des vaisseaux fémoraux s'est soldée avec un échec en 6 (4.6%) cas (Tableau 15). Les causes étaient : débit insuffisant de l'ECLS n=3, thrombose de la veine cave inférieure n=2, artériopathie ilio-fémorale bilatérale n=1. Cent-trois (82.4%) patients

sont décédés sous ECLS (groupe INTRA=79.1% vs. groupe EXTRA=84.1%,  $p=0.479$ ). Trente (24.0%) patients ont nécessité une procédure percutanée ou une intervention chirurgicale sous ECLS (groupe INTRA=6.7% vs. groupe EXTRA=31.4%,  $p=0.004$ ) afin de traiter la cause sous-jacente de l'ACR. Le taux des complications pendant la période de support avec l'ECLS était comparable entre les deux groupes. Vingt (16%) patients ont été sevrés avec succès de l'ECLS (groupe INTRA=18.6% vs. groupe EXTRA=14.6%,  $p=0.565$ ) après une période moyenne de support mécanique de  $6.7\pm 5.1$  (1-22) jours. Deux (1.6%) patients n'ont pas pu être sevrés de l'ECLS : un patient du groupe EXTRA a été implanté avec une ACM biventriculaire et un patient du groupe INTRA a été transplanté. Huit (6.4%) patients sont décédés après le sevrage et avant la sortie de l'hôpital. La survie intrahospitalière a été de 10.4% ( $n=13$ ; groupe INTRA=11.6% vs. groupe EXTRA=9.8%,  $p=0.745$ ). La survie avec un bon état neurologique n'était pas différente entre les deux groupes (groupe INTRA=7.0% vs. groupe EXTRA=6.1%,  $p=1.00$ ). Dans le groupe EXTRA, la survie avec un bon état neurologique n'était pas différente en fonction de la période du temps de *low-flow* (temps de *low-flow*  $\leq 100$  minutes=7.3% vs. temps de *low-flow*  $\leq 75$  minutes=3.2%,  $p=0.650$ ). La survie avec un bon état neurologique n'était pas différente entre les deux groupes non appariés (*odds ratio* EXTRA vs. INTRA 1.158, intervalle de confiance à 95% 0.097-13.86;  $p=0.908$ ). La survie avec un bon état neurologique n'était pas différente entre les deux groupes appariés (*odds ratio* EXTRA vs. INTRA 1.3, intervalle de confiance à 95% 0.023-74.902;  $p=0.9$ ). La Figure 12 illustre les résultats de notre étude. L'analyse multivariée a révélé que le seul facteur prédictif indépendant de survie avec un bon état neurologique était la présence d'un rythme choquable pendant l'implantation de l'ECLS (*odds ratio* choquable vs. non choquable 6.674, intervalle de confiance à 95% 1.078-41.336;  $p=0.044$ ) (Tableau 16 pour l'analyse après imputation multiple; Annexe V pour l'analyse de type cas complet).

L'arrêt cardiaque est une des principales causes de décès inattendu dans les pays industrialisés, dont l'incidence est stable [199]. Malgré les progrès continus dans la prise en charge d'un arrêt cardiaque, la RCP offre de mauvais résultats [200,201]. Dans la dernière décennie, l'ECLS a été de plus en plus utilisé afin d'améliorer la survie des ACR [202]. Dans notre étude qui reflète une activité quotidienne sur une période de 10 ans, nous avons utilisé l'ECLS pour 131 patients présentant un ACR. La survie hospitalière avec un bon état neurologique était d'environ 6% sans aucune différence statistique entre les deux groupes.

L'ECLS pour l'ACR extrahospitalier a montré des résultats décevants bien qu'une étude observationnelle a retrouvé une meilleure survie avec un bon état neurologique avec la RCP assistée par ECLS par rapport à la RCP conventionnelle [182]. L'analyse de la littérature est difficile mais la meilleure clé pour une bonne interprétation de ces résultats hétérogènes est

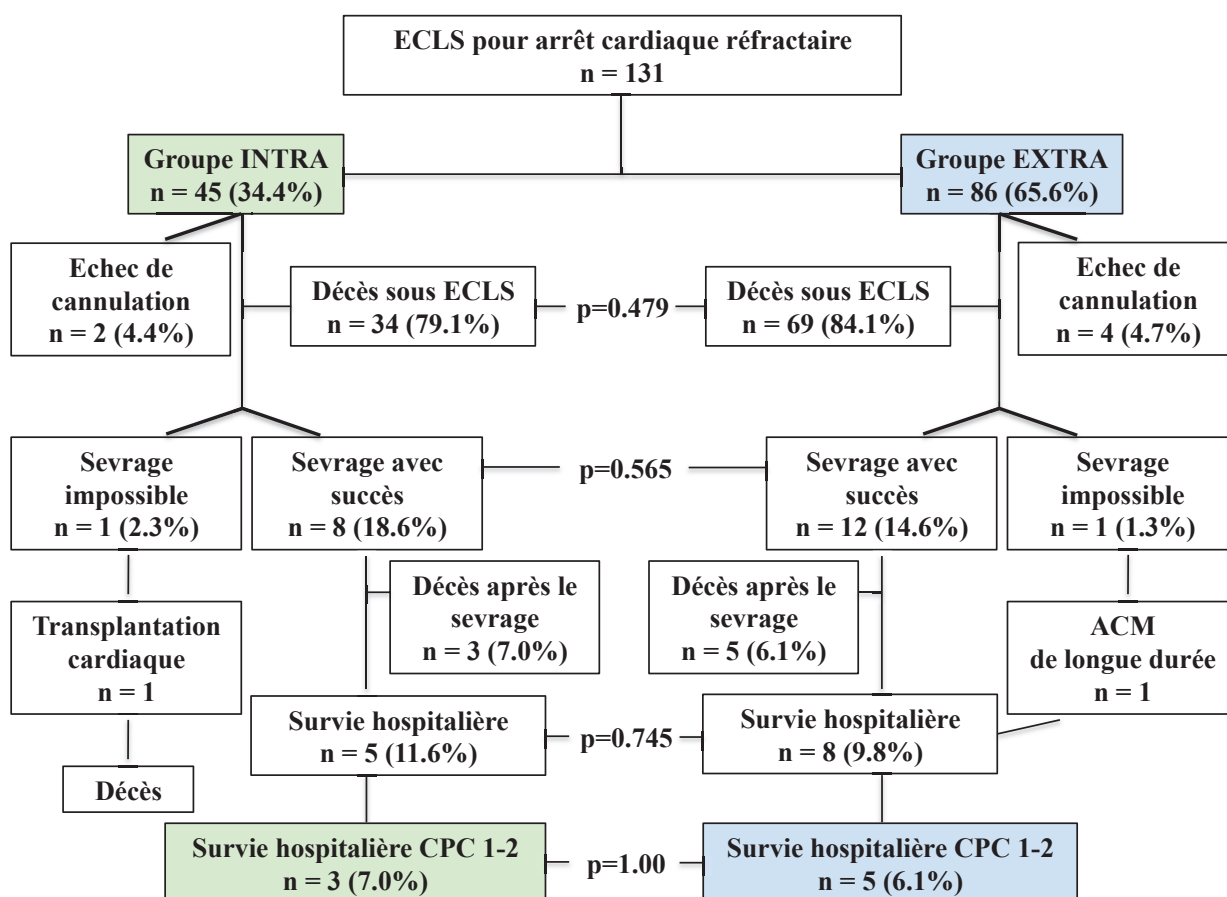
**Tableau 16.** Analyse multivariée après imputation multiple afin de déterminer les variables indépendantes associées à la survie avec un bon état neurologique pour les patients qui ont reçu un ECLS pour ACR.

Variable	OR	IC à 95%	p-value
Groupe EXTRA + INTRA n=131			
Age	1.04	0.97-1.12	0.181
Sexe	1.12	0.15-8.29	0.91
Temps de <i>low-flow</i> >30 minutes	0.21	0.01-2.70	0.241
pH	2.43	0.01-370.59	0.73
Rythme choquable	6.67	1.07-41.33	<b>0.044</b>
Groupe INTRA n=45			
Age	1.04	0.92-1.16	0.485
Sexe	7.45	0.29-186.81	0.23
Temps de <i>low-flow</i> >30 minutes	0.24	0.00-11.48	0.482
pH	0.14	0.00-35301.34	0.764
Rythme choquable	2.71	0.07-104.97	0.597
Groupe EXTRA n=86			
Age	1.07	0.97-1.18	0.15
Sexe	0.00	0.00-Inf	0.996
Temps de <i>low-flow</i> >30 minutes	0.56	0.02-11.66	0.71
pH	68.76	0.02-209970.86	0.305
Rythme choquable	10.70	0.91-125.54	0.063

IC = intervalle de confiance, OR = *odds ratio*.

représentée par le temps de *low-flow*. Nous pouvons distinguer 3 catégories de durée de *low-flow* ayant des survies différentes : 1)  $\leq 60$  minutes : la survie avec un état neurologiquement intact est comprise entre 10% et 15% [180,203]; 2) 60-90 minutes : la survie avec un bon état neurologique descend à 5-10% [191,204]; 3)  $>90$  minutes : les chances de survie avec un bon état neurologique sont  $<5\%$  [178,179,185]. Même si la relation entre le temps de *low-flow* et la survie avec un bon état neurologique n'est pas linéaire, une RCP prolongée est clairement associée à une réduction de la survie. D'ailleurs, certaines équipes ont publié de taux de survie jusqu'à 20% chez des patients très sélectionnés (infarctus du myocarde, rythme choquable) [181,183,205,206]. L'Annexe VI résume les études plus importantes sur l'ECLS utilisé pour l'ACR extrahospitalier. En France un intervalle de 30 minutes est obligatoire pour considérer un arrêt cardiaque comme réfractaire [167] et le SAMU respecte ce délai avant de transporter le patient vers un centre ECLS.

**Figure 12.** Illustration schématique des résultats de l'ECLS pour ACR.



ACM = assistance circulatoire mécanique, CPC = *Cerebral Performance Category*, ECLS = *extracorporeal life support* (modifié à partir de : Extracorporeal life support for refractory cardiac arrest: A 10-year comparative analysis. *Ann Thorac Surg* [Epub ahead of print] [190]).

Ainsi, dans notre expérience, seulement 2% des patients avec un ACR extrahospitalier ont été implantés dans les 30 minutes de l'arrêt cardiaque. Cette définition d'ACR devrait probablement être mise à jour.

Dans notre étude, les patients avec un ACR intrahospitalier n'ont pas connu une meilleure survie par rapport aux patients avec un ACR extrahospitalier malgré une durée significativement plus courte et une meilleure qualité présumée de la RCP en raison du caractère intrahospitalier de l'arrêt cardiaque. Cette constatation est en accord avec d'autres articles déjà publiés [203,205-208]. Par contre, Avalli *et al.* ont montré que les patients avec un ACR intrahospitalier avaient des meilleurs résultats après ECLS que les patients avec un ACR extrahospitalier [204]. Notre étude a montré une survie avec un bon état neurologique pour les patients avec un ACR intrahospitalier bien inférieure que les précédentes séries publiées où les taux de survie étaient rapportés entre 20% et 45% [170-176]. Les résultats des études plus pertinentes sur l'ECLS utilisé pour l'ACR intrahospitalier sont décrits dans

l'Annexe VII. Plusieurs facteurs peuvent expliquer cette différence avec les autres articles de la littérature. Le profil biologique avant la pose de l'ECLS des patients en ACR intrahospitalier montrait une grave altération des fonctions rénale et hépatique. Ces altérations n'étaient pas seulement liées à l'arrêt cardiaque car elles étaient plus prononcées par rapport au groupe EXTRA malgré de temps de *low-flow* plus courts. Elles témoignaient probablement une condition pathologique sous-jacente de longue durée qui a amené à une défaillance multiviscérale dans 25% des patients du groupe INTRA. En outre, certaines conditions ayant un fort potentiel de récupération myocardique comme les intoxications médicamenteuses ou d'autres conditions qui se prêtent à une intervention thérapeutique comme les syndromes coronariens aigus représentaient une faible proportion des causes d'ACR intrahospitalier (4% et 15%, respectivement). L'incidence du syndrome coronarien aigu dans notre série était plus faible par rapport à celle signalée dans d'autres expériences précédentes, qui était comprise entre 39% et 77% [170-174]. Le syndrome coronarien aigu peut être traité et l'angioplastie primaire chez les survivants d'un arrêt cardiaque améliore leurs survies [209]. Une cardiomyopathie préexistante était présente dans 15% des patients avec un ACR intrahospitalier. Comme précédemment indiqué, l'utilisation de l'ECLS dans ce contexte doit être évaluée attentivement pour éviter une procédure futile [123]. Enfin, 20% des patients dans le groupe INTRA ont fait l'arrêt cardiaque pendant les suites postopératoires d'une intervention de chirurgie cardiaque. Aucun de ces patients n'a survécu alors que d'autres études ont publié une survie avec un bon état neurologique d'environ 30% dans ce sous-groupe spécifique d'ACR intrahospitalier postcardiotomie [210,211]. Mazzeffi *et al.* ont identifié l'âge  $\geq 50$  ans et toutes les causes d'arrêt cardiaque en dehors d'une tamponnade comme les seuls facteurs de risque avec une association significative avec la mortalité [210]. Distelmaier *et al.* n'ont pas retrouvé un impact significatif de la RCP pendant la pose de l'ECLS sur la mortalité à court et à long terme de 30 patients avec un ACR intrahospitalier postcardiotomie [211]. La prévalence plus élevée d'interventions de la racine aortique par rapport aux pontages coronariens et la cause incertaine de l'arrêt cardiaque dans 70% des patients pourraient en partie expliquer les résultats de notre sous-groupe de patients avec un ACR intrahospitalier postcardiotomie. Au total, notre groupe de patients avec un ACR intrahospitalier était composé par des étiologies hétérogènes d'arrêt cardiaque, dont une minorité pouvait bénéficier d'une intervention thérapeutique au cours de l'ECLS.

Notre étude présente plusieurs limitations. Le nombre limité de patients pourrait réduire la possibilité de donner des conclusions exhaustives. L'évaluation de la qualité de la RCP et

l'utilisation des paramètres de laboratoire n'ont pas été inclus dans le protocole de notre étude.

### 6.2) Arrêt cardiaque réfractaire extrahospitalier

L'arrêt cardiaque extrahospitalier représente encore une des principales causes de décès dans le monde et son incidence n'est pas en train de diminuer au fil du temps [212]. Les résultats de l'ECLS pour l'ACR intrahospitalier sont encourageants et la survie avec un bon état neurologique est comprise entre 20% et 45% [170-176] alors que les résultats de l'ECLS pour l'ACR extrahospitalier sont plus hétérogènes [177-189]. En outre, les résultats obtenus en milieu hospitalier ne peuvent pas être élargis à la population extrahospitalière en raison d'un profil et d'une prise en charge différents [183,203,204,206,213,214].

Nous avons donc réalisé une étude afin d'analyser les résultats de notre expérience avec l'ECLS pour l'ACR extrahospitalier sur une période de 5 ans [191].

Les patients adultes qui ont reçu un ECLS pour un ACR extrahospitalier devant témoin entre Janvier 2010 et Décembre 2014 ont été inclus dans cette étude. Nous avons exclu les patients qui ont reçu : 1) un ECLS pour un ACR intrahospitalier; 2) un ECLS sans massage cardiaque pour un choc cardiogénique après un ACR extrahospitalier récupéré; 3) un ECLS pour un ACR extrahospitalier hypothermique (température  $<32^{\circ}\text{C}$ ). Nous n'avons pas considéré une limite d'âge supérieure pour les ACR extrahospitaliers entre Janvier 2007 et Juillet 2012. Suite à une analyse nationale qui a montré de mauvais résultats pour les patients plus âgés, l'utilisation de l'ECLS pour les ACR extrahospitaliers a été limitée aux patients  $\leq 55$  ans depuis Aout 2012.

Notre arbre décisionnel pour la mise en place d'un ECLS en cas d'ACR extrahospitalier suit les recommandations nationales [167] et a été expliqué dans le paragraphe précédent. Pour mémoire, un arrêt cardiaque extrahospitalier est tout d'abord géré par les témoins présents qui réalisent les premières manœuvres de RCP et ensuite par le SAMU. Quand le SAMU considère la RCP comme inefficace, notre Service de Chirurgie Cardiaque est rapidement contacté afin de vérifier la disponibilité de l'équipe chirurgicale et discuter l'indication à l'implantation de l'ECLS. L'indication finale à l'implantation de l'ECLS en cas d'ACR extrahospitalier est confirmée si les critères suivants sont respectés : 1) temps de *no-flow*  $\leq 5$  minutes; 2) temps de *low-flow*  $\leq 100$  minutes entre Janvier 2007 et Juillet 2012 et  $\leq 75$  minutes depuis Aout 2012 (cette modification de l'arbre décisionnel a été décidée suite à une analyse nationale qui a montré de mauvais résultats pour les patients avec des durées très prolongées de RCP); 3)  $E_T\text{CO}_2 \geq 10$  mmHg. Ni l'ETO ni les examens biochimiques de routine sont pris en considération dans notre arbre décisionnel. Le patient est ensuite transféré directement au bloc opératoire et la RCP est continuée à l'aide d'un dispositif

automatique (AutoPulse; Zoll Inc., Chelmsford, MA, USA). Le massage cardiaque automatique est continué jusqu'au démarrage de l'ECLS.

Les patients ont été divisés en deux groupes en fonction du type de rythme cardiaque présent pendant la pose de l'ECLS : 1) rythme choquable (groupe RC; fibrillation ventriculaire et tachycardie ventriculaire sans pouls); 2) rythme non choquable (groupe RNC; asystolie et dissociation électromécanique). Le critère de jugement principal de l'étude était la survie intrahospitalière avec un bon état neurologique. L'évaluation neurologique a été réalisée avec le CPC score et un bon état neurologique a été défini comme un score CPC 1 ou 2 sur une échelle de 5 points [192]. Les critères de jugement secondaires étaient le taux d'implantation avec succès de l'ECLS, le taux de sevrage avec succès de l'ECLS, la durée d'hospitalisation en réanimation et la durée d'hospitalisation totale.

**Tableau 17.** Caractéristiques des patients avant la pose de l'ECLS pour ACR extrahospitalier.

Variable	Patients (n=68)	Groupe RC (n=19)	Groupe RNC (n=49)	p-value
Age, ans	43.7 ± 11.4	43.4 ± 9.4	43.8 ± 12.2	0.89
Sexe, n (%)				0.98
Masculin	50 (73.5)	14 (73.7)	36 (73.5)	
Féminin	18 (26.5)	5 (26.3)	13 (26.5)	
Temps de <i>no-flow</i> , minutes	2.1 ± 2.2	2.4 ± 2.2	1.9 ± 2.1	0.53
Temps de <i>low-flow</i> , minutes	83.6 ± 20.7	84.4 ± 22.6	82.1 ± 21.6	0.69
E <sub>T</sub> CO <sub>2</sub> , mmHg	19.5 ± 10.5	18.0 ± 4.7	20.0 ± 11.6	0.64
Lactates, mEq/L	15.9 ± 5.6	13.2 ± 6.9	17.2 ± 4.5	<b>0.04</b>
pH	7.1 ± 0.2	7.1 ± 0.2	7.1 ± 0.1	0.68
Cause de l'ACR, n (%)				0.50
Syndrome coronarien aigu	27 (39.7)	8 (42.1)	19 (38.8)	
Dissection aortique	5 (7.4)	1 (5.3)	4 (8.2)	
Embolie pulmonaire	4 (5.9)	0 (0)	4 (8.2)	
Cardiomyopathie	4 (5.9)	2 (10.5)	2 (4.1)	
Autres	9 (13.2)	3 (15.7)	6 (12.2)	
Non identifiée	19 (27.9)	5 (26.3)	14 (28.5)	

ACR = arrêt cardiaque réfractaire, E<sub>T</sub>CO<sub>2</sub> = *end-tidal carbon dioxide*, RC = rythme choquable, RNC = rythme non choquable.



Pendant la période de l'étude, nous avons utilisé l'ECLS chez 68 patients en ACR extrahospitalier. L'âge moyen était de  $43.7 \pm 11.4$  (21-71) ans et 73.5% des patients étaient de sexe masculin. L'âge moyen ( $44.2 \pm 12.1$ ) des patients ( $n=47$ , 69.1%) implantés entre Janvier 2010 et Juillet 2012 n'était pas significativement différente par rapport à l'âge moyen ( $42.7 \pm 9.8$ ) des patients ( $n=21$ , 30.9%) implantés entre Aout 2012 et Décembre 2014 ( $p=0.63$ ). Le rythme cardiaque initial à l'arrivée du SAMU était une asystolie en 50% des cas, une fibrillation ventriculaire en 47.1% et une dissociation électromécanique en 2.9%. Le rythme cardiaque pendant la pose de l'ECLS était une asystolie en 67.6% des cas, une fibrillation ventriculaire en 27.9% et une dissociation électromécanique en 4.5%. Les temps de *no-flow* et *low-flow* médians étaient de 1 et 84 minutes, respectivement. Le temps de *low-flow* moyen ( $84.1 \pm 22.3$ ) des patients ( $n=47$ , 69.1%) implantés entre Janvier 2010 et Juillet 2012 n'était pas significativement différent par rapport au temps de *low-flow* moyen ( $79.8 \pm 20.6$ ) des patients ( $n=21$ , 30.9%) implantés entre Aout 2012 et Décembre 2014 ( $p=0.45$ ). Le Tableau 17 montre les caractéristiques des patients avant la pose de l'ECLS. Les caractéristiques cliniques avant la pose de l'ECLS étaient comparables entre les deux groupes alors que le bilan biologique avait montré des lactates plus élevés dans le groupe RNC (groupe RC=13.2 mEq/L vs. groupe RNC=17.2 mEq/L,  $p=0.04$ ). Les causes présumées de l'ACR extrahospitalier étaient : syndrome coronarien aigu ( $n=27$ , 39.7%), dissection aortique ( $n=5$ , 7.4%), embolie pulmonaire ( $n=4$ , 5.9%), cardiomyopathie ( $n=4$ , 5.9%) et autres ( $n=9$ , 13.2%). Nous n'avons pas retrouvé l'étiologie de l'arrêt chez 19 patients (27.9%). Il n'y avait aucune différence statistique en ce qui concerne la distribution des étiologies entre les deux groupes ( $p=0.50$ ).

Le Tableau 18 montre les résultats de notre étude. L'ECLS n'a pas pu être implanté chez 4 (5.9%) patients. Ces patients appartenaient au groupe RNC mais la différence entre les deux groupes n'était pas statistiquement significative (groupe RNC=8.2% vs. groupe RC=0%,  $p=0.19$ ). La CPBIA a été utilisée chez 6 (8.8%) patients (groupe RC=10.5% vs. groupe RNC=8.2%,  $p=0.54$ ). L'ECLS périphérique a été converti en ECLS central pour décharger le ventricule gauche en 4 (5.9%) patients (groupe RC=15.8% vs. groupe RNC=2.0%,  $p=0.06$ ). Seize (23.5%) patients ont nécessité la dialyse pendant la période de support de l'ECLS (groupe RC=36.8% vs. groupe RNC=18.4%,  $p=0.10$ ). Vingt-deux (32.3%) patients ont nécessité une procédure percutanée ou une intervention chirurgicale sous ECLS. L'angioplastie primaire a été réalisée chez 21 (77.7%) patients parmi les 27 avec un syndrome coronarien aigu. L'angioplastie primaire n'était pas réalisable pour les autres 6 (22.3%) patients en raison d'une coronaropathie tritronculaire diffuse et sévère. Aucun patient n'a été opéré de pontage coronarien. L'embolectomie pulmonaire chirurgicale a été réalisée pour 1 (25%) patient parmi les 4 avec une embolie pulmonaire.

Cinquante-neuf (86.7%) patients sont décédés sous ECLS après une période moyenne de support de  $1.3 \pm 2.1$  (médiane=1; 0-10) jours. La défaillance multiviscérale (n=28, 47.4%) et la mort encéphalique (n=14, 23.7%) étaient les principales causes de décès et se présentaient principalement pendant les premières 48 heures de support (n=36, 85.7%). Huit (11.7%) patients ont été sevrés avec succès de l'ECLS (groupe RC=31.5% vs. groupe RNC=4.0%, p=0.01) après une période moyenne de support de  $2.1 \pm 3.2$  (0-18) jours (groupe RC=4.1 jours vs. groupe RNC=1.4 jours, p=0.01). Un (1.4%) patient du groupe RNC a été sevré de l'ECLS mais est décédé pendant les premières 24 heures après la decannulation. Deux (2.9%) autres patients du groupe RNC sont décédés de mort encéphalique 18 jours et 168 jours après le sevrage de l'ECLS, respectivement. Six (8.8%) patients ont survécu à la sortie de l'hôpital (groupe RC=31.5% vs. groupe RNC=0%, p=0.00). Les patients dans le groupe RC présentaient une meilleure survie avec un bon état neurologique par rapport aux patients dans le groupe RNC (groupe RC=15.8% vs. groupe RNC=0%, p=0.001). La Figure 13 illustre les résultats de notre étude.

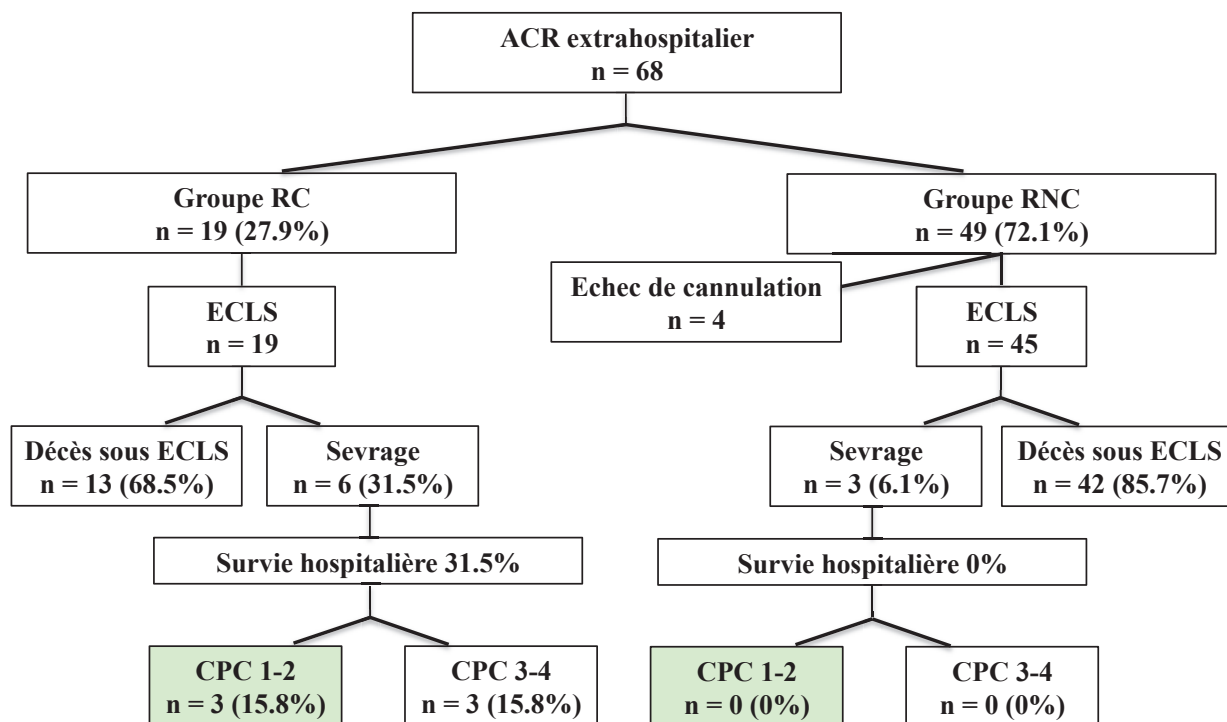
**Tableau 18.** Résultats de l'ECLS utilisé pour l'ACR extrahospitalier.

Variable	Patients (n=68)	Groupe RC (n=19)	Groupe RNC (n=49)	p-value
Echec de cannulation, n (%)	4 (5.8)	0 (0)	4 (8.2)	0.19
CPBIA, n (%)	6 (8.8)	2 (10.5)	4 (8.2)	0.54
Conversion à ECLS central, n (%)	4 (5.8)	3 (15.8)	1 (2.0)	0.06
Dialyse, n (%)	16 (23.5)	7 (36.8)	9 (18.4)	0.10
Sevrage avec succès de l'ECLS, n (%)	8 (11.7)	6 (31.5)	2 (4.0)	<b>0.01</b>
Durée de l'ECLS, jours	$2.1 \pm 3.2$	$4.1 \pm 4.3$	$1.4 \pm 2.3$	<b>0.01</b>
Survie intrahospitalière, n (%)	6 (8.8)	6 (31.5)	0 (0)	<b>0.00</b>
Survie intrahospitalière CPC 1-2, n (%)	3 (4.4)	3 (15.8)	0 (0)	<b>0.001</b>
Hospitalisation en réanimation, jours	$6.5 \pm 22.9$	$10.2 \pm 13.7$	$5.1 \pm 25.6$	<b>0.01</b>
Hospitalisation totale, jours	$9.5 \pm 32.4$	$20.9 \pm 44.5$	$5.1 \pm 25.6$	<b>0.01</b>
Causes de décès, n (%)				<b>0.001</b>
Défaillance multiviscérale	28 (41.1)	6 (31.5)	22 (44.8)	
Mort encéphalique	16 (23.5)	5 (26.3)	11 (22.4)	
Débit insuffisant de l'ECLS	13 (19.1)	1 (5.2)	12 (24.4)	

CPBIA = contre-pulsion par ballon intra-aortique, CPC = *Cerebral Performance Category*, ECLS = *extracorporeal life support*, RC = rythme choquable, RNC = rythme non choquable.

La durée d'hospitalisation en réanimation et la durée d'hospitalisation totale étaient plus longues dans le groupe RC (groupe RC=10.2 jours vs. groupe RNC=5.1 jours et groupe RC=20.9 jours vs. groupe RNC=5.1 jours,  $p=0.01$  respectivement). Les survivants ont été suivis pour une période moyenne de  $37.4 \pm 18.6$  (médiane=47.4; 12.0-59.1) mois. Les patients qui avaient quitté l'hôpital avec un bon état neurologique (CPC 1-2,  $n=3$ ) ont conservé leurs bons résultats neurologiques au dernier contact téléphonique. Un patient qui avait quitté l'hôpital avec des importantes séquelles neurologiques (CPC 3-4) a complètement récupéré (CPC 1-2) alors qu'un autre patient n'a montré aucune amélioration des séquelles neurologiques. Enfin, le dernier patient qui avait quitté l'hôpital avec des importantes séquelles neurologiques (CPC 3-4) est décédé 174 jours après la sortie de l'hôpital. Il avait présenté un ACR intrahospitalier qui n'avait pas été réanimé en considération de son état neurologique.

**Figure 13.** Illustration schématique des résultats de l'ECLS pour ACR extrahospitalier.



ACR = arrêt cardiaque réfractaire, CPC = *Cerebral Performance Category*, ECLS = *extracorporeal life support*, RC = rythme choquable, RNC = rythme non choquable (modifié à partir de : Pozzi M, Koffel C, Armoiry X, et al. Extracorporeal life support for refractory out-of-hospital cardiac arrest: Should we still fight for? A single-centre, 5-year experience. *Int J Cardiol* 2016;204:70-76 [191]).

Dans notre étude, la survie hospitalière des patients traités avec un ECLS pour un ACR extrahospitalier était d'environ 8%. Toutefois, la survie avec un bon état neurologique était

d'environ 4%. La comparaison avec des études précédentes est difficile et doit être effectuée avec prudence. En effet, les premières expériences avec l'ECLS pour l'ACR extrahospitalier ont montré des résultats inattendus avec de taux de survie jusqu'à 33% mais les petits effectifs de ces études pourraient réduire leur puissance statistique [170,215]. En outre, la condition sous-jacente responsable de l'arrêt cardiaque et son potentiel de récupération myocardique sont d'importance capitale pour la survie. Par exemple, l'ECLS est actuellement considéré comme le traitement de choix pour les ACR extrahospitaliers hypothermiques et comme une solution efficace pour les ACR liés aux intoxications médicamenteuses [216]. Enfin, certaines études ont limité l'utilisation de l'ECLS pour l'ACR extrahospitalier uniquement aux patients avec un rythme choquable. Les patients qui ont satisfait ce critère d'inclusion avaient des résultats favorables avec une survie avec un bon état neurologique jusqu'à 45% [182,183]. Donc, sur la base de ces considérations préliminaires, la survie avec un bon état neurologique de notre étude est comparable à celle d'autres articles de la littérature réalisés par des équipes expérimentées, qui était comprise entre 2% et 15% [178-180,203,204,215]. La variabilité des résultats est expliquée au moins en partie par le temps de *low-flow*. Megarbane *et al.* ont publié un taux de survie de 2% avec un temps médian de *low-flow* de 155 minutes [179] alors que Maekawa *et al.* ont publié un meilleur taux de survie (15%) en lien avec une durée plus courte du temps de *low-flow* (49 minutes) [180]. Dans notre expérience, le temps médian de *low-flow* était de 84 minutes en permettant une survie avec un bon état neurologique de 4%, qui est en accord avec d'autres études avec de temps de RCP comparables [204,215]. Seulement quelques articles ont montré de taux de survie >20% [181,206]. Le concept que plus le temps de *low-flow* est long, moins la survie est bonne est connu depuis plusieurs années [170,171,181,203,217]. Chen *et al.* ont démontré que la durée de la RCP peut être étendue jusqu'à 60 minutes avec une survie acceptable et un taux faible des déficits neurologiques majeurs [218]. Dans notre expérience, le temps de *low-flow* était  $\leq 60$  minutes en seulement 17% des cas et, de façon curieuse, aucun patient n'a survécu dans ce sous-groupe spécifique de patients.

Les résultats de l'ECLS pour l'ACR extrahospitalier en France devraient être interprétés en prenant en considération le fait qu'un intervalle de 30 minutes est obligatoire pour considérer un arrêt cardiaque comme réfractaire [167]. Comme déjà expliqué auparavant, les recommandations nationales françaises avaient fixé une limite supérieure du temps de *low-flow* initialement à 100 minutes et ensuite à 75 minutes. Cette limite est justifiée car elle doit comprendre l'intervalle de temps obligatoire pour considérer un arrêt cardiaque comme réfractaire, le temps nécessaire pour transporter le patient vers un centre ECLS et le temps pour implanter l'ECLS. En outre, une RCP de bonne qualité semble indispensable dans cet algorithme décisionnel. Le temps de *low-flow* plus prolongé pourrait en partie expliquer les

taux de survie inférieurs observés dans les études françaises par rapport au concept du « *scoop and run* ». Récemment, certains auteurs ont décrit la faisabilité et la sécurité de l'implantation préhospitalière de l'ECLS en cas d'ACR extrahospitalier afin de réduire le temps de *low-flow* [219-221].

Les rythmes choquables (fibrillation ventriculaire et tachycardie ventriculaire sans pouls) sont des facteurs prédictifs indépendants de survie après un arrêt cardiaque extrahospitalier traité avec la RCP conventionnelle. Dans une récente analyse rétrospective de 2527 patients traités à Copenhague pendant 4 ans, les rythmes choquables étaient le plus puissant facteur indépendant lié à une meilleure survie [222]. Par contre, dans le contexte spécifique de l'ACR extrahospitalier traité par ECLS, l'association positive entre les rythmes choquables et la survie est moins démontrée et seulement très peu d'articles avec un nombre limité de patients ont montré cet avantage d'un point de vue statistique [203,206]. Malgré cette association positive, seulement certaines études ont considéré les rythmes non choquables comme une contre-indication absolue, formelle à l'implantation d'un ECLS pour un ACR extrahospitalier. Kagawa *et al.* ont déclaré que la fibrillation ventriculaire sur l'électrocardiogramme au cours de la RCP était l'un des principaux critères d'inclusion bien que les rythmes non choquables représentaient les rythmes initiaux de l'ACR extrahospitalier dans la moitié des patients [203]. De la même façon, les rythmes non choquables représentaient 11% des rythmes initiaux de l'ACR extrahospitalier dans le papier d'Avalli *et al.* alors que la présence d'un rythme choquable était un critère d'inclusion [204]. Dans l'article de Johnson *et al.* les rythmes non choquables étaient seulement une contre-indication relative car l'implantation de l'ECLS a quand même été réalisée chez les patients avec un rythme non choquable et une étiologie cardiaque ou réversible de l'arrêt [214]. Seulement deux études ont considéré les rythmes non choquables comme une contre-indication absolue à la pose de l'ECLS [182,183]. Dans notre étude nous avons effectué l'analyse des résultats en fonction du rythme cardiaque. Normalement l'identification du rythme cardiaque est réalisée à l'arrivée du SAMU mais nous avons préféré diviser nos patients en fonction du rythme cardiaque pendant la pose de l'ECLS. En fait, pendant la période de la RCP, la prise en charge médicale (adrénaline, défibrillation) peut modifier le profile clinique des patients. En outre, nous avons observé la conversion d'un rythme choquable à un rythme non choquable pendant la période de la RCP en environ 20% des patients et aucun patient n'a survécu. Au total, les patients avec un rythme choquable pendant la pose de l'ECLS ont présenté un meilleur taux de sevrage de l'ECLS et une meilleure survie avec un bon état neurologique par rapport aux patients avec un rythme non choquable. La présence d'un rythme non choquable était invariablement associée avec la mortalité dans notre expérience.

Notre étude présente plusieurs limitations. Il s'agit tout d'abord d'une étude rétrospective, observationnelle, monocentrique. Nous n'avons pas réalisé une étude clinique randomisée pour comparer la RCP assistée par ECLS et la RCP conventionnelle dans le cadre de l'ACR extrahospitalier. Dans la méthodologie de la collection des données nous n'avons pas utilisé les critères d'Utstein. En outre la qualité de la RCP n'a pas été évaluée.

## 7) CONCLUSIONS

Le choc cardiogénique est une situation clinique potentiellement létale caractérisée par une malperfusion systémique et une défaillance multiviscérale. L'ECLS représente une option thérapeutique efficace et, en particulier, l'assistance circulatoire mécanique de choix pour les cas les plus sévères et réfractaires au traitement médical maximal. Les résultats de l'ECLS dans le contexte du choc cardiogénique réfractaire sont mieux analysés en fonction de la condition sous-jacente responsable de l'insuffisance cardiaque aiguë. L'intoxication médicamenteuse et la myocardite sont les meilleures indications à l'implantation de l'ECLS en considération de leur potentiel de récupération myocardique très élevé. Dans notre expérience, la survie des patients avec une intoxication médicamenteuse traitée par ECLS était de 75% avec un taux des complications acceptable hormis l'ischémie du membre inférieur. Nos patients ont en fait présenté un taux disproportionné (50%) des complications artérielles fémorales. Des études supplémentaires sont toutefois nécessaires afin de mieux comprendre la relation possible entre l'intoxication médicamenteuse et l'ischémie du membre inférieur. La fréquence relativement faible de la myocardite parmi la population générale et le développement encore plus rare d'un choc cardiogénique nécessitant une assistance circulatoire mécanique temporaire rend toute analyse statistique difficile et précieuse. La *review* de la littérature scientifique montre que la survie des patients avec une myocardite fulminante/aiguë en choc cardiogénique est comprise entre 51% et 78%. Pour les cas de myocardite avec altération sévère de la fonction contractile du ventricule gauche et absence d'ouverture de la valve aortique, le recours à la décharge du ventricule gauche peut s'avérer nécessaire jusqu'à 30% des patients sous ECLS périphérique. La défaillance primaire du greffon après transplantation cardiaque et l'infarctus du myocarde présentent des résultats plus mitigés avec l'ECLS en raison d'une physiopathologie plus complexe en rapport avec le mécanisme de l'ischémie-reperfusion. La défaillance primaire du greffon reste encore une des principales causes de mortalité dans la période postopératoire immédiate de la transplantation cardiaque. L'utilisation de l'ECLS se prête aux différentes formes d'insuffisance ventriculaire (gauche, droite ou biventriculaire) de la défaillance primaire du greffon avec des résultats satisfaisants surtout en considération de la gravité clinique de ces patients. Bien que l'angioplastie primaire ait radicalement changé l'évolution clinique de la

cardiopathie ischémique, le choc cardiogénique reste la principale cause de mortalité chez les patients hospitalisés pour un infarctus du myocarde. L'ECLS s'est montré une solution thérapeutique efficace dans notre prise en charge multidisciplinaire de l'infarctus du myocarde avec des résultats satisfaisants à court et long terme. Enfin, le choc cardiogénique postcardiotomie après une intervention de chirurgie cardiaque montre des résultats décevants en raison du profil préopératoire des patients. Notre analyse temporelle sur une période de 11 ans n'a trouvé aucun avantage quant à la survie dans la cohorte plus récente, qui s'est maintenue stable aux alentours de 40%. Il pourrait être imaginé que la survie repose principalement sur la gravité préopératoire des patients plutôt que sur des facteurs peropératoires ou liés à la gestion postopératoire de l'ECLS.

L'arrêt cardiaque est une situation catastrophique qui exige une prise en charge immédiate. En outre, l'arrêt cardiaque est une des principales causes de décès inattendu dans les pays industrialisés, dont l'incidence est stable. Malgré les progrès continus dans la prise en charge de l'arrêt cardiaque, la réanimation cardio-pulmonaire offre de piètres résultats, surtout lorsque la durée de la réanimation dépasse 10 minutes. L'ECLS peut être considéré comme une solution thérapeutique de sauvetage dans la prise en charge des patients en arrêt cardiaque réfractaire pour lesquels la réanimation cardio-pulmonaire s'est avérée inefficace et la cause présumée de l'arrêt est potentiellement réversible. Les résultats de l'ECLS pour l'arrêt cardiaque réfractaire intrahospitalier sont encourageants et la survie avec un bon état neurologique est comprise entre 20% et 45% alors que les résultats de l'ECLS pour l'arrêt cardiaque réfractaire extrahospitalier sont plus hétérogènes. Dans notre étude qui reflète une activité quotidienne sur une période de 10 ans, nous avons utilisé l'ECLS pour 131 patients présentant un arrêt cardiaque réfractaire et la survie hospitalière avec un bon état neurologique était d'environ 6% sans aucune différence statistique entre le groupe intrahospitalier et extrahospitalier. Dans le contexte spécifique de l'arrêt cardiaque réfractaire intrahospitalier, une meilleure sélection des patients s'impose afin d'améliorer les résultats. En particulier, les arrêts cardiaques réfractaires intrahospitaliers avec une cause réversible ou traitable comme l'intoxication médicamenteuse ou le syndrome coronarien aigu devraient bénéficier de cette option thérapeutique alors que les cardiomyopathies terminales ou les arrêts cardiaques en postcardiotomie avec une cause incertaine devraient être contraindiqués. L'utilisation de l'ECLS chez les patients avec un arrêt cardiaque réfractaire extrahospitalier doit être rigoureusement limitée en raison des résultats, en particulier neurologiques, décevants. Sur la base de nos observations, les résultats de l'ECLS pour l'arrêt cardiaque réfractaire extrahospitalier sont principalement dictés par le temps de *low-flow* et le rythme cardiaque pendant la pose de l'ECLS. Les rythmes non choquables pourraient être considérés comme une contre-indication formelle à l'utilisation de l'ECLS dans l'algorithme décisionnel de l'arrêt cardiaque réfractaire extrahospitalier autorisant une

concentration de nos efforts sur les rythmes choquables où les chances de survie sont plus importantes. La sélection des patients étant cruciale pour déterminer les résultats, d'autres études sont nécessaires afin d'identifier les patients qui pourraient bénéficier au mieux de cette procédure de sauvetage.



## 8) REFERENCES

- [1] Benjamin EJ, Virani SS, Callaway CW, et al. Heart Disease and Stroke Statistics-2018 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation* 2018;137:e67-e492.
- [2] GBD 2013 Mortality and Causes of Death Collaborators. Global, regional, and national age-sex specific all-cause and cause-specific mortality for 240 causes of death, 1990-2013: a systematic analysis for the Global Burden of Disease Study 2013. *Lancet* 2015;385:117-171.
- [3] Mosterd A, Hoes AW. Clinical epidemiology of heart failure. *Heart* 2007;93:1137-1146.
- [4] Heidenreich PA, Albert NM, Allen LA, et al. Forecasting the impact of heart failure in the United States: a policy statement from the American Heart Association. *Circ Heart Fail* 2013;6:606-619.
- [5] Ponikowski P, Voors AA, Anker SD, et al. 2016 ESC Guidelines for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure: The Task Force for the diagnosis and treatment of acute and chronic heart failure of the European Society of Cardiology (ESC) Developed with the special contribution of the Heart Failure Association (HFA) of the ESC. *Eur Heart J* 2016;37:2129-2200.
- [6] Banfi C, Pozzi M, Brunner ME, et al. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation: an overview of different cannulation techniques. *J Thorac Dis* 2016;8:E875-E885.
- [7] Moazami N, Moon MR, Lawton JS, et al. Axillary artery cannulation for extracorporeal membrane oxygenator support in adults: an approach to minimize complications. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2003;126:2097-2098.
- [8] Chamogeorgakis T, Lima B, Shafii AE, et al. Outcomes of axillary artery side graft cannulation for extracorporeal membrane oxygenation. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;145:1088-1092.
- [9] Capuano F, Danesi TH, Roscitano A, et al. How to ensure a good flow to the arm during direct axillary artery cannulation. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;40:520-521.
- [10] Biscotti M, Bacchetta M. The "sport model": extracorporeal membrane oxygenation using the subclavian artery. *Ann Thorac Surg* 2014;98:1487-1489.
- [11] Beckmann A, Benk C, Beyersdorf F, et al. Position article for the use of extracorporeal life support in adult patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;40:676-680.
- [12] Aissaoui N, Luyt CE, Leprince P, et al. Predictors of successful extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) weaning after assistance for refractory cardiogenic shock. *Intensive Care Med* 2011;37:1738-1745.
- [13] Lebreton G, Pozzi M, Mastroianni C, et al. Extracorporeal life support as a bridge to bridge: a strategy to optimize ventricular assist device results. *Eur J Cardiothorac Surg* 2015;48:785-791.

- [14] Kirklin JK, Naftel DC, Kormos RL, et al. The Fourth INTERMACS Annual Report: 4,000 implants and counting. *J Heart Lung Transplant* 2012;31:117-126.
- [15] Kirklin JK, Naftel DC, Pagani FD, et al. Seventh INTERMACS annual report: 15,000 patients and counting. *J Heart Lung Transplant* 2015;34:1495-1504.
- [16] Baud FJ, Megarbane B, Deye N, et al. Clinical review: Aggressive management and extracorporeal support for drug-induced cardiotoxicity. *Crit Care* 2007;11:207-214.
- [17] Mowry JB, Spyker DA, Brooks DE, et al. 2014 Annual Report of the American Association of Poison Control Centers' National Poison Data System (NPDS): 32nd Annual Report. *Clin Toxicol (Phila)* 2015;53:962-1147.
- [18] Johnson NJ, Gaieski DF, Allen SR, et al. A review of emergency cardiopulmonary bypass for fevere poisoning by cardiotoxic drugs. *J Med Toxicol* 2013;9:54-60.
- [19] Combes A, Leprince P, Luyt CE, et al. Outcomes and long-term quality-of-life of patients supported by extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock. *Crit Care Med* 2008;36:1404-1411.
- [20] Albertson TE, Dawson A, De Latorre F, et al. TOX-ACLS: toxicologic-oriented advanced cardiac life support. *Ann Emerg Med* 2001;37:S78-S90.
- [21] Freedman MD, Gal J, Freed CR. Extracorporeal pump assistance - novel treatment for acute lidocaine poisoning. *Eur J Clin Pharmacol* 1982;22:129-135.
- [22] Larkin GL, Graeber GM, Hollingsed MJ. Experimental amitriptyline poisoning: treatment of severe cardiovascular toxicity with cardiopulmonary bypass. *Ann Emerg Med* 1994;23:480-486.
- [23] Massetti M, Bruno P, Babatasi G, et al. Cardiopulmonary bypass and severe drug intoxication. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2000;120:424-425.
- [24] Babatasi G, Massetti M, Verrier V, et al. Severe intoxication with cardiotoxic drugs: value of emergency percutaneous cardiocirculatory assistance. *Arch Mal Coeur Vaiss* 2001;94:1386-1392.
- [25] Daubin C, Lehoux P, Ivascau C, et al. Extracorporeal life support in severe drug intoxication: a retrospective cohort study of seventeen cases. *Crit Care* 2009;13:R138.
- [26] Masson R, Colas V, Parienti JJ, et al. A comparison of survival with and without extracorporeal life support treatment for severe poisoning due to drug intoxication. *Resuscitation* 2012;83:1413-1417.
- [27] Mohan B, Singh B, Gupta V, et al. Outcome of patients supported by extracorporeal membrane oxygenation for aluminum phosphide poisoning: An observational study. *Indian Heart J* 2016;68:295-301.

- [28] Pozzi M, Koffel C, Djaref C, et al. High rate of arterial complications in patients supported with extracorporeal life support for drug intoxication-induced refractory cardiogenic shock or cardiac arrest. *J Thorac Dis* 2017;9:1988-1996.
- [29] Cheng R, Hachamovitch R, Kittleson M, et al. Complications of extracorporeal membrane oxygenation for treatment of cardiogenic shock and cardiac arrest: a meta-analysis of 1,866 adult patients. *Ann Thorac Surg* 2014;97:610-616.
- [30] Foley PJ, Morris RJ, Woo EY, et al. Limb ischemia during femoral cannulation for cardiopulmonary support. *J Vasc Surg* 2010;52:850-853.
- [31] Bisdas T, Beutel G, Warnecke G, et al. Vascular complications in patients undergoing femoral cannulation for extracorporeal membrane oxygenation support. *Ann Thorac Surg* 2011;92:626-631.
- [32] Aziz F, Brehm CE, El-Banayosy A, et al. Arterial complications in patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation via femoral cannulation. *Ann Vasc Surg* 2014;28:178-183.
- [33] Tanaka D, Hirose H, Cavarocchi N, et al. The impact of vascular complications on survival of patients on venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thorac Surg* 2016;101:1729-1734.
- [34] Ma RW, Huilgol RL, Granger E, et al. Does a distal perfusion cannula reduce ischaemic complications of extracorporeal membrane oxygenation? *ANZ J Surg* 2016;86:1002-1006.
- [35] Vallabhajosyula P, Kramer M, Lazar S, et al. Lower-extremity complications with femoral extracorporeal life support. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;151:1738-1744.
- [36] Huang SC, Yu HY, Ko WJ, et al. Pressure criterion for placement of distal perfusion catheter to prevent limb ischemia during adult extracorporeal life support. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2004;128:776-777.
- [37] Kimura N, Kawahito K, Ito S, et al. Perfusion through the dorsalis pedis artery for acute limb ischemia secondary to an occlusive arterial cannula during percutaneous cardiopulmonary support. *J Artif Organs* 2005;8:206-209.
- [38] Calderon D, El-Banayosy A, Koerner MM, et al. Modified t-graft for extracorporeal membrane oxygenation in a patient with small-caliber femoral arteries. *Tex Heart Inst J* 2015;42:537-539.
- [39] Caforio AL, Pankuweit S, Arbustini E, et al. Current state of knowledge on aetiology, diagnosis, management, and therapy of myocarditis: a position statement of the European Society of Cardiology Working Group on Myocardial and Pericardial Diseases. *Eur Heart J* 2013;34:2636-2648.
- [40] Kindermann I, Barth C, Mahfoud F, et al. Update on myocarditis. *J Am Coll Cardiol* 2012;59:779-792.

- [41] Sagar S, Liu PP, Cooper LT. Myocarditis. *Lancet* 2012;379:738-747.
- [42] Fabre A, Sheppard MN. Sudden adult death syndrome and other non-ischaemic causes of sudden cardiac death. *Heart* 2006;92:316-320.
- [43] D'Ambrosio A, Patti G, Manzoli A, et al. The fate of acute myocarditis between spontaneous improvement and evolution to dilated cardiomyopathy: a review. *Heart* 2001;85:499-504.
- [44] Pozzi M, Banfi C, Grinberg D, et al. Veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock due to myocarditis in adult patients. *J Thorac Dis* 2016;8:E495-E502.
- [45] Chen YS, Yu HY, Huang SC, et al. Experience and result of extracorporeal membrane oxygenation in treating fulminant myocarditis with shock: what mechanical support should be considered first? *J Heart Lung Transplant* 2005;24:81-87.
- [46] Chen JM, Spanier TB, Gonzalez JJ, et al. Improved survival in patients with acute myocarditis using external pulsatile mechanical ventricular assistance. *J Heart Lung Transplant* 1999;18:351-357.
- [47] Kato S, Morimoto S, Hiramitsu S, et al. Use of percutaneous cardiopulmonary support of patients with fulminant myocarditis and cardiogenic shock for improving prognosis. *Am J Cardiol* 1999;83:623-625.
- [48] Acker MA. Mechanical circulatory support for patients with acute-fulminant myocarditis. *Ann Thorac Surg* 2001;71:S73-S76.
- [49] Maejima Y, Yasu T, Kubo N, et al. Long-term prognosis of fulminant myocarditis rescued by percutaneous cardiopulmonary support device. *Circ J* 2004;68:829-833.
- [50] Asaumi Y, Yasuda S, Morii I, et al. Favourable clinical outcome in patients with cardiogenic shock due to fulminant myocarditis supported by percutaneous extracorporeal membrane oxygenation. *Eur Heart J* 2005;26:2185-2192.
- [51] Pages ON, Aubert S, Combes A, et al. Paracorporeal pulsatile biventricular assist device versus extracorporeal membrane oxygenation—extracorporeal life support in adult fulminant myocarditis. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137:194-197.
- [52] Mirabel M, Luyt CE, Leprince P, et al. Outcomes, long-term quality of life, and psychologic assessment of fulminant myocarditis patients rescued by mechanical circulatory support. *Crit Care Med* 2011;39:1029-1035.
- [53] Hsu KH, Chi NH, Yu HY, et al. Extracorporeal membranous oxygenation support for acute fulminant myocarditis: analysis of a single center's experience. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;40:682-688.
- [54] Nakamura T, Ishida K, Taniguchi Y, et al. Prognosis of patients with fulminant myocarditis managed by peripheral venoarterial extracorporeal membranous oxygenation support: a retrospective single-center study. *J Intensive Care* 2015;3:5-9.

- [55] Liao X, Li B, Cheng Z. Extracorporeal membrane oxygenation in adult patients with acute fulminant myocarditis : Clinical outcomes and risk factor analysis. *Herz* 2017 [*Epub ahead of print*].
- [56] Matsumoto M, Asaumi Y, Nakamura Y, et al. Clinical determinants of successful weaning from extracorporeal membrane oxygenation in patients with fulminant myocarditis. *ESC Heart Fail* 2018;5:675-684.
- [57] Aoyama N, Izumi T, Hiramori K, et al. National survey of fulminant myocarditis in Japan. *Circ J* 2002;66:133-144.
- [58] Diddle JW, Almodovar MC, Rajagopal SK, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for the support of adults with acute myocarditis. *Crit Care Med* 2015;43:1016-1025.
- [59] Lorusso R, Centofanti P, Gelsomino S, et al. Venoarterial Extracorporeal membrane oxygenation for acute fulminant myocarditis in adult patients: a 5-year multi-institutional experience. *Ann Thorac Surg* 2016;101:919-926.
- [60] Sawamura A, Okumura T, Hirakawa A, et al. Early Prediction Model for Successful Bridge to Recovery in Patients With Fulminant Myocarditis Supported With Percutaneous Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation - Insights From the CHANGE PUMP Study. *Circ J* 2018;82:699-707.
- [61] Cheng R, Hachamovitch R, Kittleson M, et al. Clinical outcomes in fulminant myocarditis requiring extracorporeal membrane oxygenation: a weighted metaanalysis of 170 patients. *J Card Fail* 2014;20:400-406.
- [62] Chen YS, Wang M, Chou NK, et al. Rescue for acute myocarditis with shock by extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Thorac Surg* 1999;68:2220-2224.
- [63] Luyt CE, Landivier A, Leprince P, et al. Usefulness of cardiac biomarkers to predict cardiac recovery in patients on extracorporeal membrane oxygenation support for refractory cardiogenic shock. *J Crit Care* 2012;27:524.e7-e14.
- [64] Burkhoff D, Sayer G, Doshi D, et al. Hemodynamics of Mechanical Circulatory Support. *J Am Coll Cardiol* 2015;66:2663-2674.
- [65] Weymann A, Schmack B, Sabashnikov A, et al. Central extracorporeal life support with left ventricular decompression for the treatment of refractory cardiogenic shock and lung failure. *J Cardiothorac Surg* 2014;9:60-68.
- [66] Guirgis M, Kumar K, Menkis AH, et al. Minimally invasive left-heart decompression during venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: an alternative to a percutaneous approach. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2010;10:672-674.
- [67] Beurtheret S, Mordant P, Pavie A, et al. Impella and extracorporeal membrane oxygenation: a demanding combination. *ASAIO J* 2012;58:291-293.

- [68] Cheng A, Swartz MF, Massey HT. Impella to unload the left ventricle during peripheral extracorporeal membrane oxygenation. *ASAIO J* 2013;59:533-536.
- [69] Bignon M, Roule V, Dahdouh Z, et al. Percutaneous balloon atriostomy for left heart discharge in extracorporeal life support patients with persistent pulmonary edema. *J Interv Cardiol* 2012;25:62-67.
- [70] Aiyagari RM, Rocchini AP, Remenapp R, et al. Decompression of the left atrium during extracorporeal membrane oxygenation using a transeptal cannula incorporated into the circuit. *Crit Care Med* 2006;34:2603-2606.
- [71] Alkhouli M, Narins CR, Lehoux J, et al. Percutaneous Decompression of the Left Ventricle in Cardiogenic Shock Patients on Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation. *J Card Surg* 2016;31:177-182.
- [72] Chocron S, Perrotti A, Durst C, et al. Left ventricular venting through the right subclavian artery access during peripheral extracorporeal life support. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2013;17:187-189.
- [73] Hong TH, Byun JH, Lee HM, et al. Initial experience of transaortic catheter venting in patients with venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for cardiogenic shock. *ASAIO J* 2016;62:117-122.
- [74] Avalli L, Maggioni E, Sangalli F, et al. Percutaneous left heart decompression during extracorporeal membrane oxygenation: an alternative to surgical and transeptal venting in adult patients. *ASAIO J* 2011;57:38-40.
- [75] Lund LH, Edwards LB, Kucheryavaya AY, et al. The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-second Official Adult Heart Transplantation Report-2015; Focus Theme: early Graft Failure. *J Heart Lung Transplant* 2015;34:1244-1254.
- [76] Iyer A, Kumarasinghe G, Hicks M, et al. Primary graft failure after heart transplantation. *J Transplant* 2011;2011:175768.
- [77] Kobashigawa J, Zuckermann A, Macdonald P, et al. Report from a consensus conference on primary graft dysfunction after cardiac transplantation. *J Heart Lung Transplant* 2014;33:327-340.
- [78] Taghavi S, Ankersmit HJ, Wieselthaler G, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for graft failure after heart transplantation: recent Vienna experience. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2001;122:819-820.
- [79] Chou NK, Chi NH, Ko WJ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for perioperative cardiac allograft failure. *ASAIO J* 2006;52:100-103.
- [80] Arpesella G, Loforte A, Mikus E, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for primary allograft failure. *Transplant Proc* 2008;40:3596-3597.

- [81] D'Alessandro C, Aubert S, Golmard JL, et al. Extra-corporeal membrane oxygenation temporary support for early graft failure after cardiac transplantation. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;37:343-349.
- [82] Marasco SF, Vale M, Pellegrino V, et al. Extracorporeal membrane oxygenation in primary graft failure after heart transplantation. *Ann Thorac Surg* 2010;90:1541-1546.
- [83] Listijono DR, Watson A, Pye R, et al. Usefulness of extracorporeal membrane oxygenation for early cardiac allograft dysfunction. *J Heart Lung Transplant* 2011;30:783-789.
- [84] Chou NK, Chi NH, Yu HY, et al. Extracorporeal rescue for early and late graft failure after cardiac transplantation: short result and long-term followup. *ScientificWorldJournal* 2013;2013:1.
- [85] Lehmann S, Uhlemann M, Etz CD, et al. Extracorporeal membrane oxygenation: experience in acute graft failure after heart transplantation. *Clin Transplant* 2014;28:789-796.
- [86] Santise G, Panarello G, Ruperto C, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for graft failure after heart transplantation: a multidisciplinary approach to maximize weaning rate. *Int J Artif Organs* 2014;37:706-714.
- [87] Lima EB, Cunha CR, Barzilai VS, et al. Experience of ECMO in primary graft dysfunction after orthotopic heart transplantation. *Arq Bras Cardiol* 2015;105:285-291.
- [88] Loforte A, Murana G, Cefarelli M, et al. Role of intra-aortic balloon pump and extracorporeal membrane oxygenation in early graft failure after cardiac transplantation. *Artif Organs* 2016;40:E136-E145.
- [89] Takeda K, Li B, Garan AR, et al. Improved outcomes from extracorporeal membrane oxygenation versus ventricular assist device temporary support of primary graft dysfunction in heart transplant. *J Heart Lung Transplant* 2017;36:650-656.
- [90] Hulman M, Artemiou P, Ondrusek M, et al. Short-term mechanical circulatory support for severe primary graft dysfunction following orthotopic heart transplant. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2018;27:229-233.
- [91] Pozzi M, Bottin C, Armoiry X, et al. Extracorporeal life support for primary graft dysfunction after heart transplantation. *Interact Cardiovasc Thorac Surg* 2018;27:778-784.
- [92] Schmidt M, Brechot N, Hariri S, et al. Nosocomial infections in adult cardiogenic shock patients supported by venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Clin Infect Dis* 2012;55:1633-1641.
- [93] Lund LH, Edwards LB, Dipchand AI, et al. The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-third Adult Heart Transplantation Report-2016; Focus Theme: primary Diagnostic Indications for Transplant. *J Heart Lung Transplant* 2016;35:1158-1169.

- [94] D'Alessandro C, Golmard JL, Barreda E, et al. Predictive risk factors for primary graft failure requiring temporary extra-corporeal membrane oxygenation support after cardiac transplantation in adults. *Eur J Cardiothorac Surg* 2011;40:962-969.
- [95] Lund LH, Khush KK, Cherikh WS, et al. The Registry of the International Society for Heart and Lung Transplantation: thirty-fourth Adult Heart Transplantation Report-2017; Focus Theme: allograft ischemic time. *J Heart Lung Transplant* 2017;36:1037-1046.
- [96] Taghavi S, Zuckermann A, Ankersmit J, et al. Extracorporeal membrane oxygenation is superior to right ventricular assist device for acute right ventricular failure after heart transplantation. *Ann Thorac Surg* 2004;78:1644-1649.
- [97] Hartley A, Marshall DC, Saliccioli JD, et al. Trends in mortality from ischemic heart disease and cerebrovascular disease in Europe: 1980 to 2009. *Circulation* 2016;133:1916-1926.
- [98] Ibanez B, James S, Agewall S, et al. 2017 ESC Guidelines for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation: The Task Force for the management of acute myocardial infarction in patients presenting with ST-segment elevation of the European Society of Cardiology (ESC). *Eur Heart J* 2018;39:119-177.
- [99] Goldberg RJ, Spencer FA, Gore JM, et al. Thirty-year trends (1975 to 2005) in the magnitude of, management of, and hospital death rates associated with cardiogenic shock in patients with acute myocardial infarction: a population-based perspective. *Circulation* 2009;119:1211-1219.
- [100] Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intraaortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med* 2012;367:1287-1296.
- [101] Sheu JJ, Tsai TH, Lee FY, et al. Early extracorporeal membrane oxygenator-assisted primary percutaneous coronary intervention improved 30-day clinical outcomes in patients with ST-segment elevation myocardial infarction complicated with profound cardiogenic shock. *Crit Care Med* 2010;38:1810-1817.
- [102] Chung ES, Lim C, Lee HY, et al. Results of extracorporeal membrane oxygenation (ECMO) support before coronary reperfusion in cardiogenic shock with acute myocardial infarction. *Korean J Thorac Cardiovasc Surg* 2011;44:273-278.
- [103] Kim H, Lim SH, Hong J, et al. Efficacy of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation in acute myocardial infarction with cardiogenic shock. *Resuscitation* 2012;83:971-975.
- [104] Tsao NW, Shih CM, Yeh JS, et al. Extracorporeal membrane oxygenation-assisted primary percutaneous coronary intervention may improve survival of patients with acute myocardial infarction complicated by profound cardiogenic shock. *J Crit Care* 2012;27:530.e1-e11.



- [105] Wu MY, Tseng YH, Chang YS, et al. Using extracorporeal membrane oxygenation to rescue acute myocardial infarction with cardiopulmonary collapse: the impact of early coronary revascularization. *Resuscitation* 2013;84:940-945.
- [106] Demondion P, Fournel L, Golmard JL, et al. Predictors of 30-day mortality and outcome in cases of myocardial infarction with cardiogenic shock treated by extracorporeal life support. *Eur J Cardiothorac Surg* 2014;45:47-54.
- [107] Aoyama N, Imai H, Kurosawa T, et al. Therapeutic strategy using extracorporeal life support, including appropriate indication, management, limitation and timing of switch to ventricular assist device in patients with acute myocardial infarction. *J Artif Organs* 2014;17:33-41.
- [108] Esper SA, Bermudez C, Dueweke EJ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support in acute coronary syndromes complicated by cardiogenic shock. *Catheter Cardiovasc Interv* 2015;86 Suppl 1:S45-S50.
- [109] Muller G, Flecher E, Lebreton G, et al. The ENCOURAGE mortality risk score and analysis of long-term outcomes after VA-ECMO for acute myocardial infarction with cardiogenic shock. *Intensive Care Med* 2016;42:370-378.
- [110] Negi SI, Sokolovic M, Koifman E, et al. Contemporary use of veno-arterial extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock in acute coronary syndrome. *J Invasive Cardiol* 2016;28:52-57.
- [111] Lee WC, Fang CY, Chen HC, et al. Associations with 30-day survival following extracorporeal membrane oxygenation in patients with acute ST segment elevation myocardial infarction and profound cardiogenic shock. *Heart Lung* 2016;45:532-537.
- [112] Chung SY, Tong MS, Sheu JJ, et al. Short-term and long-term prognostic outcomes of patients with ST-segment elevation myocardial infarction complicated by profound cardiogenic shock undergoing early extracorporeal membrane oxygenator-assisted primary percutaneous coronary intervention. *Int J Cardiol* 2016;223:412-417.
- [113] Pabst D, Foy AJ, Peterson B, et al. Predicting Survival in Patients Treated With Extracorporeal Membrane Oxygenation After Myocardial Infarction. *Crit Care Med* 2018;46:e359-e363.
- [114] Choi KH, Yang JH, Park TK, et al. Risk Prediction Model of In-hospital Mortality in Patients With Myocardial Infarction Treated With Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation. *Rev Esp Cardiol (Engl Ed)* 2018 [Epub ahead of print].
- [115] Overtchouk P, Pascal J, Lebreton G, et al. Outcome after revascularisation of acute myocardial infarction with cardiogenic shock on extracorporeal life support. *EuroIntervention* 2018;13:e2160-e2168.

- [116] Pozzi M, Flagiello M, Armoiry X, et al. Extracorporeal life support in the multidisciplinary management of cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *Catheter Cardiovasc Interv* [Paper under review].
- [117] Rudski LG, Lai WW, Afilalo J, et al. Guidelines for the echocardiographic assessment of the right heart in adults: a report from the American Society of Echocardiography endorsed by the European Association of Echocardiography, a registered branch of the European Society of Cardiology, and the Canadian Society of Echocardiography. *J Am Soc Echocardiogr* 2010;23:685-713.
- [118] Schmidt M, Burrell A, Roberts et al. Predicting survival after ECMO for refractory cardiogenic shock: the survival after veno-arterial-ECMO (SAVE)-score. *Eur Heart J* 2015;36:2246-2256.
- [119] Lorusso R, Barili F, Mauro MD, et al. In-hospital neurologic complications in adult patients undergoing venoarterial extracorporeal membrane oxygenation: Results from the Extracorporeal Life Support Organization Registry. *Crit Care Med* 2016;44:e964-e972.
- [120] Hochman JS, Sleeper LA, Webb JG, et al. Early revascularization in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. SHOCK Investigators. Should We Emergently Revascularize Occluded Coronaries for Cardiogenic Shock. *N Engl J Med* 1999;341:625-634.
- [121] Yip HK, Wu CJ, Chang HW, et al. Comparison of impact of primary percutaneous transluminal coronary angioplasty and primary stenting on short-term mortality in patients with cardiogenic shock and evaluation of prognostic determinants. *Am J Cardiol* 2001;87:1184-1188.
- [122] Unai S, Tanaka D, Ruggiero N, et al. Acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: An algorithm-based extracorporeal membrane oxygenation program can improve clinical outcomes. *Artif Organs* 2016;40:261-269.
- [123] Bermudez CA, Rocha RV, Toyoda Y, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for advanced refractory shock in acute and chronic cardiomyopathy. *Ann Thorac Surg* 2011;92:2125-2131.
- [124] Sakamoto S, Taniguchi N, Nakajima S, et al. Extracorporeal life support for cardiogenic shock or cardiac arrest due to acute coronary syndrome. *Ann Thorac Surg* 2012;94:1-7.
- [125] Lorusso R, Gelsomino S, Parise O, et al. Venoarterial extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock in elderly patients: Trends in application and outcome from the Extracorporeal Life Support Organization (ELSO) Registry. *Ann Thorac Surg* 2017;104:62-69.
- [126] Trzeciak P, Gierlotka M, Gašior M, et al. Mortality of patients with ST-segment elevation myocardial infarction and cardiogenic shock treated by PCI is correlated to the infarct-related artery--results from the PL-ACS Registry. *Int J Cardiol* 2013;166:193-197.

- [127] Shah M, Patnaik S, Patel B, et al. Trends in mechanical circulatory support use and hospital mortality among patients with acute myocardial infarction and non-infarction related cardiogenic shock in the United States. *Clin Res Cardiol* 2018;107:287-303.
- [128] Basir MB, Schreiber T, Dixon S, *et al.* Feasibility of early mechanical circulatory support in acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock: The Detroit cardiogenic shock initiative. *Catheter Cardiovasc Interv* 2018;91:454-461.
- [129] Ouweneel DM, Eriksen E, Sjauw KD, et al. Percutaneous mechanical circulatory support versus intra-aortic balloon pump in cardiogenic shock after acute myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2017;69:278-287.
- [130] Mourad M, Gaudard P, De La Arena P, et al. Circulatory support with extracorporeal membrane oxygenation and/or Impella for cardiogenic shock during myocardial infarction. *ASAIO J* 2017 [Epub ahead of print].
- [131] Fukuhara S, Takeda K, Garan AR, et al. Contemporary mechanical circulatory support therapy for postcardiotomy shock. *Gen Thorac Cardiovasc Surg* 2016;64:183-191.
- [132] Biancari F, Perrotti A, Dalén M, et al. Meta-Analysis of the Outcome After Postcardiotomy Venoarterial Extracorporeal Membrane Oxygenation in Adult Patients. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2018;32:1175-1182.
- [133] Smedira NG, Blackstone EH. Postcardiotomy mechanical support: risk factors and outcomes. *Ann Thorac Surg* 2001;71:S60-S66.
- [134] Ko WJ, Lin CY, Chen RJ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support for adult postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg* 2002;73:538-545.
- [135] Zhang R, Kofidis T, Kamiya H, et al. Creatine kinase isoenzyme MB relative index as predictor of mortality on extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy cardiogenic shock in adult patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2006;30:617-620.
- [136] Hsu PS, Chen JL, Hong GJ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for refractory cardiogenic shock after cardiac surgery: predictors of early mortality and outcome from 51 adult patients. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;37:328-333.
- [137] Rastan AJ, Dege A, Mohr M, et al. Early and late outcomes of 517 consecutive adult patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postcardiotomy cardiogenic shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2010;139:302-311.
- [138] Wu MY, Lin PJ, Lee MY, et al. Using extracorporeal life support to resuscitate adult postcardiotomy cardiogenic shock: treatment strategies and predictors of short-term and midterm survival. *Resuscitation* 2010;81:1111-1116.
- [139] Elsharkawy HA, Li L, Esa WA, et al. Outcome in patients who require venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support after cardiac surgery. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2010;24:946-951.

- [140] Pokersnik JA, Buda T, Bashour CA, et al. Have changes in ECMO technology impacted outcomes in adult patients developing postcardiotomy cardiogenic shock? *J Card Surg* 2012;27:246-252.
- [141] Slottosch I, Liakopoulos O, Kuhn E, et al. Outcomes after peripheral extracorporeal membrane oxygenation therapy for postcardiotomy cardiogenic shock: a single-center experience. *J Surg Res* 2013;181:e47-e55.
- [142] Unosawa S, Sezai A, Hata M, et al. Long-term outcomes of patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation for refractory postcardiotomy cardiogenic shock. *Surg Today* 2013;43:264-270.
- [143] Mikus E, Tripodi A, Calvi S, et al. CentriMag venoarterial extracorporeal membrane oxygenation support as treatment for patients with refractory postcardiotomy cardiogenic shock. *ASAIO J* 2013;59:18-23.
- [144] Li CL, Wang H, Jia M, et al. The early dynamic behavior of lactate is linked to mortality in postcardiotomy patients with extracorporeal membrane oxygenation support: A retrospective observational study. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2015;149:1445-1450.
- [145] Saxena P, Neal J, Joyce LD, et al. Extracorporeal Membrane Oxygenation Support in Postcardiotomy Elderly Patients: The Mayo Clinic Experience. *Ann Thorac Surg* 2015;99:2053-2060.
- [146] Acheampong B, Johnson JN, Stulak JM, et al. Postcardiotomy ECMO Support after High-risk Operations in Adult Congenital Heart Disease. *Congenit Heart Dis* 2016;11:751-755.
- [147] Chen SW, Tsai FC, Lin YS, et al. Long-term outcomes of extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy shock. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2017;154:469-477.
- [148] Zhong Z, Jiang C, Yang F, et al. Veno-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation Support in Patients Undergoing Aortic Surgery. *Artif Organs* 2017;41:1113-1120.
- [149] Distelmaier K, Wiedemann D, Binder C, et al. Duration of extracorporeal membrane oxygenation support and survival in cardiovascular surgery patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2018;155:2471-2476.
- [150] Guihaire J, Dang Van S, Rouze S, et al. Clinical outcomes in patients after extracorporeal membrane oxygenation support for post-cardiotomy cardiogenic shock: a single-centre experience of 92 cases. *Interact CardioVasc Thorac Surg* 2017;25:363-369.
- [151] Yang F, Hou D, Wang J, et al. Vascular complications in adult postcardiotomy cardiogenic shock patients receiving venoarterial extracorporeal membrane oxygenation. *Ann Intensive Care* 2018;8:72-79.
- [152] Pozzi M, Alvau F, Armoiry X, et al. Clinical outcomes after extracorporeal life support for postcardiotomy cardiogenic shock. *J Card Surg* [Paper under review].

- [153] Takayama H, Soni L, Kalesan B, et al. Bridge-to-decision therapy with a continuous-flow external ventricular assist device in refractory cardiogenic shock of various causes. *Circ Heart Fail* 2014;7:799-806.
- [154] McCarthy FH, McDermott KM, Kini V, et al. Trends in U.S. Extracorporeal Membrane Oxygenation Use and Outcomes: 2002-2012. *Semin Thorac Cardiovasc Surg* 2015;27:81-88.
- [155] Brown JM, O'Brien SM, Wu C, et al. Isolated aortic valve replacement in North America comprising 108,687 patients in 10 years: changes in risks, valve types, and outcomes in the Society of Thoracic Surgeons National Database. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2009;137:82-90.
- [156] Webb G, Mulder BJ, Aboulhosn J, et al. The care of adults with congenital heart disease across the globe: Current assessment and future perspective: A position statement from the International Society for Adult Congenital Heart Disease (ISACHD). *Int J Cardiol* 2015;195:326-333.
- [157] Griffith BP, Anderson MB, Samuels LE, et al. The RECOVER I: a multicenter prospective study of Impella 5.0/LD for postcardiotomy circulatory support. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2013;145:548-554.
- [158] Muehrcke DD, McCarthy PM, Stewart RW, et al. Extracorporeal membrane oxygenation for postcardiotomy cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg* 1996;61:684-691.
- [159] Wang SS, Chen YS, Ko WJ, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support for postcardiotomy cardiogenic shock. *Artif Organs* 1996;20:1287-1291.
- [160] Doll N, Kiaii B, Borger M, et al. Five-year results of 219 consecutive patients treated with extracorporeal membrane oxygenation for refractory postoperative cardiogenic shock. *Ann Thorac Surg* 2004;77:151-157.
- [161] Wu MY, Lin PJ, Tsai FC, et al. Postcardiotomy extracorporeal life support in adults: the optimal duration of bridging to recovery. *ASAIO J* 2009;55:608-613.
- [162] Yan X, Jia S, Meng X, et al. Acute kidney injury in adult postcardiotomy patients with extracorporeal membrane oxygenation: evaluation of the RIFLE classification and the Acute Kidney Injury Network criteria. *Eur J Cardiothorac Surg* 2010;37:334-338.
- [163] Wang JG, Han J, Jia YX, et al. Outcome of Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation for Patients Undergoing Valvular Surgery. *PLoS One* 2013;8:e63924.
- [164] Rubino A, Costanzo D, Stanszus D, et al. Central Venous-Arterial Extracorporeal Membrane Oxygenation (C-VA-ECMO) After Cardiothoracic Surgery: A Single-Center Experience. *J Cardiothorac Vasc Anesth* 2018;32:1169-1174.
- [165] Bréchet N, Luyt CE, Schmidt M, et al. Venous-arterial extracorporeal membrane oxygenation support for refractory cardiovascular dysfunction during severe bacterial septic shock. *Crit Care Med* 2013;41:1616-1626.

- [166] Konstantinides SV, Torbicki A, Agnelli G, et al. 2014 ESC guidelines on the diagnosis and management of acute pulmonary embolism. *Eur Heart J* 2014;35:3033-3069.
- [167] Riou B, Adnet F, Baud F, et al. Guidelines for indications for the use of extracorporeal life support in refractory cardiac arrest, *Ann Fr Anesth Reanim* 2009;28:182-190.
- [168] Link MS, Berkow LC, Kudenchuk PJ, et al. Part 7: Adult Advanced Cardiovascular Life Support: 2015 American Heart Association Guidelines Update for Cardiopulmonary Resuscitation and Emergency Cardiovascular Care. *Circulation* 2015;132:S444-S464.
- [169] Hajbaghery MA, Mousavi G, Akbari H. Factors influencing survival after in-hospital cardiopulmonary resuscitation. *Resuscitation* 2005;66:317-321.
- [170] Massetti M, Tasle M, Le Page O, et al. Back from irreversibility: extracorporeal life support for prolonged cardiac arrest. *Ann Thorac Surg* 2005;79:178-183.
- [171] Chen YS, Lin JW, Yu HY, 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;372:554-561.
- [172] Shin TG, Choi JH, Jo IJ, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in patients with inhospital cardiac arrest: A comparison with conventional cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2011;39:1-7.
- [173] Bednarczyk JM, White CW, Ducas RA, et al. Resuscitative extracorporeal membrane oxygenation for in hospital cardiac arrest: a Canadian observational experience. *Resuscitation* 2014;85:1713-1719.
- [174] Peigh G, Cavarocchi N, Hirose H. Saving life and brain with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation: A single-center analysis of in-hospital cardiac arrests. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2015;150:1344-1349.
- [175] Blumenstein J, Leick J, Liebetau C, et al. Extracorporeal life support in cardiovascular patients with observed refractory in-hospital cardiac arrest is associated with favourable short and long-term outcomes: A propensity-matched analysis. *Eur Heart J Acute Cardiovasc Care* 2016;5:13-22.
- [176] Min JJ, Tay CK, Ryu DK, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation in refractory intra-operative cardiac arrest: an observational study of 12-year outcomes in a single tertiary hospital. *Anaesthesia* 2018 [Epub ahead of print]
- [177] Nagao K, Kikushima K, Watanabe K, et al. Early induction of hypothermia during cardiac arrest improves neurological outcomes in patients with out-of-hospital cardiac arrest who undergo emergency cardiopulmonary bypass and percutaneous coronary intervention. *Circ J* 2010;74:77-85.

- [178] Le Guen M, Nicolas-Robin A, Carreira S, et al. Extracorporeal life support following out-of-hospital refractory cardiac arrest. *Crit Care* 2011;15:R29.
- [179] Mégarbane B, Deye N, Aout M, et al. Usefulness of routine laboratory parameters in the decision to treat refractory cardiac arrest with extracorporeal life support. *Resuscitation* 2011;82:1154-1161.
- [180] Maekawa K, Tanno K, Hase M, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for patients with out-of-hospital cardiac arrest of cardiac origin: a propensity-matched study and predictor analysis. *Crit Care Med* 2013;41:1186-1196.
- [181] Leick J, Liebetrau C, Szardien S, et al. Door-to-implantation time of extracorporeal life support systems predicts mortality in patients with out-of-hospital cardiac arrest. *Clin Res Cardiol* 2013;102:661-669.
- [182] Sakamoto T, Morimura N, Nagao K, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation versus conventional cardiopulmonary resuscitation in adults with out-of-hospital cardiac arrest: a prospective observational study. *Resuscitation* 2014;85:762-768.
- [183] Stub D, Bernard S, Pellegrino V, et al. Refractory cardiac arrest treated with mechanical CPR, hypothermia, ECMO and early reperfusion (the CHEER trial). *Resuscitation* 2015;86:88-94.
- [184] Choi DS, Kim T, Ro YS, et al. Extracorporeal life support and survival after out-of-hospital cardiac arrest in a nationwide registry: A propensity score-matched analysis. *Resuscitation* 2016;99:26-32.
- [185] Rouse N, Robin E, Juthier F, et al. Extracorporeal Life Support in Out-of-Hospital Refractory Cardiac Arrest. *Artif Organs* 2016;40:904-909.
- [186] Voicu S, Henry P, Malissin I, et al. Improving cannulation time for extracorporeal life support in refractory cardiac arrest of presumed cardiac cause - Comparison of two percutaneous cannulation techniques in the catheterization laboratory in a center without on-site cardiovascular surgery. *Resuscitation* 2018;122:69-75.
- [187] Goto T, Morita S, Kitamura T, et al. Impact of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation on outcomes of elderly patients who had out-of-hospital cardiac arrests: a single-centre retrospective analysis. *BMJ Open* 2018;8:e019811.
- [188] Otani T, Sawano H, Natsukawa T, et al. Low-flow time is associated with a favorable neurological outcome in out-of-hospital cardiac arrest patients resuscitated with extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *J Crit Care* 2018;48:15-20.
- [189] Bartos JA, Carlson K, Carlson C, et al. Surviving refractory out-of-hospital ventricular fibrillation cardiac arrest: Critical care and extracorporeal membrane oxygenation management. *Resuscitation* 2018;132:47-55.

- [190] Pozzi M, Armoiry X, Achana F, et al. Extracorporeal life support for refractory cardiac arrest: A 10-year comparative analysis. *Ann Thorac Surg* [Epub ahead of print].
- [191] Pozzi M, Koffel C, Armoiry X, et al. Extracorporeal life support for refractory out-of-hospital cardiac arrest: Should we still fight for? A single-centre, 5-year experience. *Int J Cardiol* 2016;204:70-76.
- [192] Phelps R, Dumas F, Maynard C, et al. Cerebral performance category and long-term prognosis following out-of-hospital cardiac arrest. *Crit Care Med* 2013;41:1252-1257.
- [193] Nguyen TL, Collins GS, Spence J, et al. Double-adjustment in propensity score matching analysis: choosing a threshold for considering residual imbalance. *BMC Med Res Methodol* 2017;17:78.
- [194] Westreich D, Cole SR, Funk MJ, et al. The role of the c-statistic in variable selection for propensity score models. *Pharmacoepidemiol Drug Saf* 2011;20:317-320.
- [195] R Core Team (2017). R: A language and environment for statistical computing. Available at <https://www.R-project.org>.
- [196] Ho D, Imai K, King G, et al. (2011). MatchIt: Nonparametric preprocessing for parametric causal inference. Available at <http://www.jstatsoft.org/v42/i08>.
- [197] van Buuren S, Groothuis-Oudshoorn K (2011). mice: Multivariate Imputation by Chained Equations in R. Available at <https://www.jstatsoft.org/article/view/v045i03>.
- [198] Rubin DR. Inference and Missing Data. *Biometrika* 1976;63:581-590.
- [199] Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, et al. Heart Disease and Stroke Statistics-2016 Update: A Report From the American Heart Association. *Circulation* 2016;133:e38-e360.
- [200] Girotra S, Nallamothu BK, Spertus JA, et al. Trends in survival after in-hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 2012;367:1912-1920.
- [201] Gräsner JT, Lefering R, Koster RW, et al. EuReCa ONE-27 Nations, ONE Europe, ONE Registry: A prospective one month analysis of out-of-hospital cardiac arrest outcomes in 27 countries in Europe. *Resuscitation* 2016;105:188-195.
- [202] Richardson AS, Schmidt M, Bailey M, et al. ECMO Cardio-Pulmonary Resuscitation (ECPR), trends in survival from an international multicentre cohort study over 12-years. *Resuscitation* 2017;112:34-40.
- [203] Kagawa E, Inoue I, Kawagoe T, et al. Assessment of outcomes and differences between in- and out-of-hospital cardiac arrest patients treated with cardiopulmonary resuscitation using extracorporeal life support. *Resuscitation* 2010;81:968-973.
- [204] Avalli L, Maggioni E, Formica F, et al. Favourable survival of in-hospital compared to out-of-hospital refractory cardiac arrest patients treated with extracorporeal membrane oxygenation: an Italian tertiary care centre experience. *Resuscitation* 2012;83:579-583.



- [205] Fagnoul D, Taccone FS, Belhaj A, et al. Extracorporeal life support associated with hypothermia and normoxemia in refractory cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84:1519-1524.
- [206] Wang CH, Chou NK, Becker LB, et al. Improved outcome of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for out-of-hospital cardiac arrest -- A comparison with that for extracorporeal rescue for in-hospital cardiac arrest. *Resuscitation* 2014;85:1219-1224.
- [207] Dennis M, McCanny P, D'Souza M, et al. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory cardiac arrest: A multicentre experience. *Int J Cardiol* 2017;231:131-136.
- [208] Ellouze O, Vuillet M, Perrot J, et al. Comparable Outcome of Out-of-Hospital Cardiac Arrest and In-Hospital Cardiac Arrest Treated With Extracorporeal Life Support. *Artif Organs* 2018;42:15-21.
- [209] Spaulding CM, Joly LM, Rosenberg A, et al. Immediate coronary angiography in survivors of out-of- hospital cardiac arrest. *N Engl J Med* 1997;336:1629-1633.
- [210] Mazzeffi MA, Sanchez PG, Herr D, et al. Outcomes of extracorporeal cardiopulmonary resuscitation for refractory cardiac arrest in adult cardiac surgery patients. *J Thorac Cardiovasc Surg* 2016;152:1133-1139.
- [211] Distelmaier K, Schrutka L, Binder C, et al. Cardiac arrest does not affect survival in post-operative cardiovascular surgery patients undergoing extracorporeal membrane oxygenation. *Resuscitation* 2016;104:24-27.
- [212] Mozaffarian D, Benjamin EJ, Go AS, et al. Heart disease and stroke statistics-2015 update: a report from the American Heart Association. *Circulation* 2015;131:e29–e322.
- [213] Haneya A, Philipp A, Diez C, et al. A 5-year experience with cardiopulmonary resuscitation using extracorporeal life support in non-postcardiotomy patients with cardiac arrest. *Resuscitation* 2012;83:1331-1337.
- [214] Johnson NJ, Acker M, Ch H, et al., Extracorporeal life support as rescue strategy for out-of-hospital and emergency department cardiac arrest, *Resuscitation* 2014;85:1527-1532.
- [215] Mégarbane B, Leprince P, Deye N, et al. Emergency feasibility in medical intensive care unit of extracorporeal life support for refractory cardiac arrest. *Intensive Care Med* 2007; 33:758-764.
- [216] Fagnoul D, Combes A, De Backer D. Extracorporeal cardiopulmonary resuscitation. *Curr Opin Crit Care* 2014;20:259-265.
- [217] Chen YS, Chao A, Yu HY, 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.
- [218] Chen YS, Yu HY, Huang SC, et al. Extracorporeal membrane oxygenation support can extend the duration of cardiopulmonary resuscitation. *Crit Care Med* 2008;36:2529-2535.

- [219] Lebreton G, Pozzi M, Luyt CE, et al. Out-of-hospital extra-corporeal life support implantation during refractory cardiac arrest in a half-marathon runner. *Resuscitation* 2011;82:1239-1242.
- [220] Lamhaut L, Jouffroy R, Soldan M, et al. Safety and feasibility of prehospital extracorporeal life support implementation by non-surgeons for out-of-hospital refractory cardiac arrest. *Resuscitation* 2013;84:1525-1529.
- [221] Lamhaut L, Hutin A, Puymirat E, et al. A Pre-Hospital Extracorporeal Cardio Pulmonary Resuscitation (ECPR) strategy for treatment of refractory out hospital cardiac arrest: An observational study and propensity analysis. *Resuscitation* 2017;117:109-117.
- [222] Søholm H, Hassager C, Lippert F, et al. Factors associated with successful resuscitation after out-of-hospital cardiac arrest and temporal trends in survival and comorbidity. *Ann Emerg Med* 2015;65:523-531.

## 9) ANNEXES

**Annexe I.** Résultats des études plus pertinentes sur l'ECLS pour le choc cardiogénique réfractaire dans les suites d'un IDM.

<b>Auteur [Ref.]</b> <b>Pays</b> <b>Période</b>	<b>Patients, n</b>	<b>Age, ans</b>	<b>ECLS avant l'angioplastie primaire</b>	<b>Durée moyenne de l'ECLS, jours</b>	<b>Survie hospitalière</b>
Sheu [101] Chine 08/2002 - 12/2009	46	65.1	100%	NR	60.9%
Chung [102] Corée 02/2005 - 11/2009	20	67.7	100%	2.1	50%
Kim [103] Corée 04/2006 - 07/2010	27	63.7	5%	NR	59.3%
Tsao [104] Taïwan 01/2007 - 12/2009	18	RM	100%	RM	61.1%
Sakamoto [124] Japon 01/2000 - 12/2010	98	72	44.9%	1.7	32.6%
Wu [105] Taïwan 01/2003 - 12/2011	35	67 <sup>a</sup>	20%	2.8	40%
Demondion [106] France 02/2006 - 11/2009	77	56.1	NR	RM	33.7%
Aoyama [107]	38	RM	65.7%	4.6	36.8%

Japon 08/1993 - 08/2000					
Esper [108] USA 01/2007 - 12/2013	18	60	RM	3.2	66.6%
Muller [109] France 05/2008 - 05/2013	138	55 <sup>a</sup>	10.1%	8 <sup>a</sup>	47.1%
Negi [110] USA 2009 - 2014	15	57	20%	4.7 <sup>a</sup>	46.6%
Lee [111] Taïwan 01/2005 - 12/2013	51	RM	RM	6.9	60.7%
Chung [112] Taïwan 12/2005 - 12/2014	65	RM	100%	6.8	46.1%
Pabst [113] USA 06/2008 - 09/2016	61	62.2	33.3%	NR	59%
Choi [114] Corée 05/2004 - 04/2016	145	RM	NR	2 <sup>a</sup>	52.4%
Overtchouk [122] France 2007 - 2013	106	52.7	38.7%	NR	36.8%

<sup>a</sup>La valeur est présentée comme médiane.

ECLS = *extracorporeal life support*, IDM = infarctus du myocarde, NR = non rapporté, RM = les résultats ont été mélangés avec ceux d'autres populations étudiées et nous sommes incapables de présenter uniquement les résultats de la variable spécifiée.

**Annexe II.** Variables indépendantes associées à la survie hospitalière chez les patients qui ont reçu un ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie.

Nous avons effectué une régression logistique multivariée avec la survie hospitalière comme variable expliquée qualitative et l'âge, la FEVG  $\leq 30\%$ , la présence d'une dysfonction ventriculaire droite, la présence d'un choc cardiogénique et l'EuroSCORE II comme variables explicatives. Les variables explicatives ont été choisies en fonction de leur pertinence clinique [137,138,144]. Nous avons présenté les résultats comme *odds ratio* avec les intervalles de confiance associés.

Variable	OR	IC à 95%	p-value
Age	1.00	0.97-1.03	0.756
FEVG $\leq 30\%$	1.48	0.25-8.70	0.658
<sup>a</sup> Dysfonction ventriculaire droite	1.02	0.34-3.09	0.959
Choc cardiogénique	0.87	0.14-5.25	0.882
EuroSCORE II	1.04	0.98-1.10	0.171

<sup>a</sup>La dysfonction ventriculaire droite a été définie par un TAPSE  $< 16$  mm et/ou une onde S'  $< 10$  cm/s [117].

EuroSCORE = *European System for Cardiac Operative Risk Evaluation*, FEVG = fraction d'éjection du ventricule gauche, IC = intervalle de confiance, OR = *odds ratio*.

**Annexe III.** Résultats des études plus importantes sur l'ECLS pour le choc cardiogénique réfractaire postcardiotomie.

<b>Auteur [Ref.]</b> <b>Pays</b> <b>Période</b>	<b>Patients, n</b> <b>(%) *</b>	<b>Age, ans</b>	<b>ECLS</b> <b>périphérique,</b> <b>%</b>	<b>Durée moyenne</b> <b>de l'ECLS chez</b> <b>les survivants,</b> <b>jours</b>	<b>Survie</b> <b>hospitalière</b>
Muehrcke [158] USA 09/1992 - 07/1994	23 (0.3)	47.3	74	2.4	30.4%
Wang [159] Taïwan 10/1994 - 10/1995	18 (3)	46.5	88.8	NR	33.3%
Smedira [133] USA 09/1992 - 01/2000	107 (0.5)	59	67	NR	35%
Ko [134] Taïwan 08/1994 - 05/2000	76 (2.6)	56.8	80.2	4.1	26.3%
Doll [160] Allemagne 11/1997 - 07/2002	219 (1.2)	61.3	24.6	NR	23.7%
Wu [161] Taïwan 01/2003 - 01/2008	72 (2.2)	60	100	2.8	40.2%
Zhang [135] Allemagne 01/1996 - 10/2004	32 (NR)	55.4	53.1	NR	25%
Yan [162] Chine	67 (NR)	50.5	NR	2.5	49.2%

2004 - 2008					
Hsu [136] Taiwan 01/2002 - 12/2006	51 (2.9)	63.0	100	NR	33.3%
Rastan [137] Allemagne 05/1996 - 05/2008	517 (1.2)	63.5	27.2	2.9	24.8%
Wu [138] Taiwan 01/2003 - 06/2009	110 (2.6)	NR	100	3.6	41.8%
Elsharkawy [139] USA 01/1995 - 12/2005	233 (0.5)	NR	67	NR	36.1%
Pokersnik [140] USA 01/2005 - 12/2010	49 (NR)	65	NR	4.3	32.6%
Slottosch [141] Allemagne 01/2006 - 12/2010	77 (NR)	60	100	2.7	29.8%
Unosawa [142] Japon 04/1992 - 06/2007	47 (NR)	64.4	68.1	1.5	29.7%
Mikus [143] Italie 01/2007 - 08/2011	14 (0.2)	53.1	42.8	14	42.8%
Wang [163] Chine 01/2004 - 12/2011	87 (RM)	65	100	2.2	49.4%
Li [144]	123 (0.9)	56.2	100	4.6	34.1%

Chine 01/2011 - 12/2012					
Saxena [145] USA 01/2003 - 01/2013	45 (NR)	76.8	33.3	3.9	24.4%
Acheampong [146] USA 01/2001 - 12/2013	24 (1.1)	41 <sup>a</sup>	NR	RM	45.8%
Chen [147] Taïwan 01/2000 - 12/2011	1141 (1.9)	63.8	NR	NR	38.3%
Zhong [148] Chine 08/2009 - 05/2016	36 (0.6)	50.4	80.5	3.8	50%
Distelmaier [149] Autriche 03/2003 - 06/2014	354 (3.3)	65 <sup>a</sup>	NR	4 <sup>a</sup>	RM
Guihaire [150] France 01/2005 - 12/2014	92 (0.7)	64.5 <sup>a</sup>	88	7.9	42%
Rubino [164] Royaume Uni 03/2008 - 07/2016	101 (0.5)	57.1	0	5.4	33.7%

\*Le pourcentage indique le nombre de patients nécessitant un ECLS pour un choc cardiogénique postcardiotomie sur le nombre total de patients opérés au cours de la période de l'étude.

<sup>a</sup>La valeur est présentée comme médiane.

ECLS = *extracorporeal life support*, NR = non rapporté, RM = les résultats ont été mélangés avec ceux d'autres populations étudiées et nous sommes incapables de présenter uniquement les résultats de la variable spécifiée.



**Annexe IV.** Score de propension des caractéristiques des patients avant la pose de l'ECLS pour ACR (après imputation des données manquantes).

Nous avons effectué une régression logistique multivariée avec score de propension [193,194] et imputation des données manquantes en utilisant dans le logiciel statistique R [195] les fonctions *MatchIT* [196] et *MICE* [197]. Dans le modèle, 30 ensembles de données imputées étaient initialement générés en utilisant l'imputation multiple par "*Predictive Mean Matching*" [197] sous l'hypothèse que les observations manquantes dans les données manquent au hasard. Ensuite, pour chaque ensemble de données imputées, les patients dans les deux groupes ont été appariés avec un rapport de 1:10 en fonction de l'âge, le sexe, le pH, le temps de *low-flow* (<60 minutes vs. ≥60 minutes) et la présence d'un rythme choquable pour générer 30 échantillons appariés qui sont plus équilibrés en ce qui concerne la répartition de ces caractéristiques que l'échantillon non apparié. Enfin, nous avons effectué une régression logistique multivariée pour chaque ensemble de données imputées appariées avec la survie hospitalière et la survie hospitalière avec un bon état neurologique comme variables expliquées qualitatives et le lieu de l'ACR et les cinq variables appariées comme variables explicatives. Nous n'avons pas considéré le taux des lactates et l'étiologie de l'arrêt cardiaque comme variables explicatives en considération du nombre élevé de données manquantes pour les lactates et du grand nombre de catégories avec un petit échantillon par catégorie pour l'étiologie de l'arrêt cardiaque. Nous avons examiné la distribution des scores de propension pour confirmer l'équilibre dans les échantillons appariés et avons utilisé la règle de Rubin [198] pour combiner les estimations à travers les ensembles de données imputées. Nous avons présenté les résultats comme *odds ratio* avec les intervalles de confiance associés en considérant un niveau de signification statistique de 5%.

Ensemble de données	Variable	Groupe INTRA	Groupe EXTRA	<i>p-value</i>
#1	n	45	45	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.02	0.117
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	31 (0.69)	0.823
	Temps de <i>low-flow</i> ≥60 minutes, n (%)	9 (0.2)	35 (0.78)	<0.001
	pH, moyen	7.34	7.18	<0.001
	Rythme choquable, n (%)	14 (0.31)	15 (0.33)	1
#2	n	45	60	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.32	0.137
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	41 (0.68)	0.834

	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	11 (0.24)	49 (0.82)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.3	7.19	<b>0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	15 (0.33)	16 (0.27)	0.6
#3	n	45	45	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.02	0.114
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	29 (0.64)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	7 (0.16)	35 (0.78)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.32	7.18	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	16 (0.36)	15 (0.33)	1
#4	n	45	41	/
	Age, moyen (ans)	46.24	40.76	0.068
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	26 (0.63)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	9 (0.2)	32 (0.78)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.36	7.2	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	14 (0.31)	14 (0.34)	0.944
#5	n	45	44	/
	Age, moyen (ans)	46.24	41.16	0.06
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	28 (0.64)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	7 (0.16)	33 (0.75)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.34	7.18	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	13 (0.29)	17 (0.39)	0.454
#6	n	45	44	/
	Age, moyen (ans)	46.24	37.98	<b>0.003</b>
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	26 (0.59)	0.763
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	9 (0.2)	35 (0.8)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.33	7.22	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	16 (0.36)	16 (0.36)	1
#7	n	45	37	/
	Age, moyen (ans)	46.24	39.84	<b>0.032</b>
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	23 (0.62)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	7 (0.16)	31 (0.84)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.33	7.19	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	12 (0.27)	11 (0.3)	0.952
#8	n	45	34	/
	Age, moyen (ans)	46.24	40.59	0.065
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	22 (0.65)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	12 (0.27)	26 (0.76)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.36	7.21	<b>&lt;0.001</b>

	Rythme choquable, n (%)	16 (0.36)	8 (0.24)	0.366
#9	n	45	50	/
	Age, moyen (ans)	46.24	41.34	0.069
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	33 (0.66)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq$ 60 minutes, n (%)	10 (0.22)	39 (0.78)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.35	7.2	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	15 (0.33)	15 (0.3)	0.898
#10	n	45	46	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.07	0.138
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	30 (0.65)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq$ 60 minutes, n (%)	9 (0.2)	37 (0.8)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.36	7.21	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	15 (0.33)	14 (0.3)	0.943
#11	n	45	57	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.47	0.14
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	37 (0.65)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq$ 60 minutes, n (%)	8 (0.18)	46 (0.81)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.34	7.19	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	15 (0.33)	19 (0.33)	1
#12	n	45	55	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.62	0.161
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	36 (0.65)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq$ 60 minutes, n (%)	10 (0.22)	43 (0.78)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.29	7.21	<b>0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	11 (0.24)	19 (0.35)	0.38
#13	n	45	49	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.18	0.118
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	34 (0.69)	0.772
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq$ 60 minutes, n (%)	13 (0.29)	38 (0.78)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.35	7.18	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	14 (0.31)	18 (0.37)	0.721
#14	n	45	48	/
	Age, moyen (ans)	46.24	41.42	0.073
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	32 (0.67)	0.994
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq$ 60 minutes, n (%)	11 (0.24)	37 (0.77)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.35	7.21	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	14 (0.31)	16 (0.33)	0.994
#15	n	45	49	/

	Age, moyen (ans)	46.24	43.37	0.276
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	34 (0.69)	0.772
	Temps de <i>low-flow</i> ≥60 minutes, n (%)	11 (0.24)	39 (0.8)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.35	7.2	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	14 (0.31)	17 (0.35)	0.881
#16	n	45	46	/
	Age, moyen (ans)	46.24	41.61	0.095
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	32 (0.7)	0.767
	Temps de <i>low-flow</i> ≥60 minutes, n (%)	7 (0.16)	36 (0.78)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.34	7.2	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	12 (0.27)	12 (0.26)	1
#17	n	45	54	/
	Age, moyen (ans)	46.24	43.17	0.236
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	34 (0.63)	1
	Temps de <i>low-flow</i> ≥60 minutes, n (%)	10 (0.22)	41 (0.76)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.34	7.22	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	11 (0.24)	20 (0.37)	0.259
#18	n	45	55	/
	Age, moyen (ans)	46.24	41.71	0.084
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	39 (0.71)	0.636
	Temps de <i>low-flow</i> ≥60 minutes, n (%)	8 (0.18)	44 (0.8)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.34	7.21	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	12 (0.27)	16 (0.29)	0.964
#19	n	45	53	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.45	0.161
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	35 (0.66)	1
	Temps de <i>low-flow</i> ≥60 minutes, n (%)	8 (0.18)	42 (0.79)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.36	7.22	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	13 (0.29)	18 (0.34)	0.749
#20	n	45	47	/
	Age, moyen (ans)	46.24	43.02	0.245
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	31 (0.66)	1
	Temps de <i>low-flow</i> ≥60 minutes, n (%)	7 (0.16)	36 (0.77)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.32	7.17	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	12 (0.27)	14 (0.3)	0.92
#21	n	45	51	/
	Age, moyen (ans)	46.24	41.69	0.086
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	34 (0.67)	0.989

	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	9 (0.2)	40 (0.78)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.31	7.22	<b>0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	13 (0.29)	18 (0.35)	0.652
#22	n	45	43	/
	Age, moyen (ans)	46.24	40.93	0.051
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	28 (0.65)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	8 (0.18)	32 (0.74)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.32	7.22	<b>0.002</b>
	Rythme choquable, n (%)	13 (0.29)	13 (0.3)	1
#23	n	45	51	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.14	0.131
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	36 (0.71)	0.672
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	13 (0.29)	41 (0.8)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.33	7.17	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	14 (0.31)	18 (0.35)	0.828
#24	n	45	41	/
	Age, moyen (ans)	46.24	41.34	0.091
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	27 (0.66)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	6 (0.13)	30 (0.73)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.32	7.22	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	14 (0.31)	14 (0.34)	0.944
#25	n	45	40	/
	Age, moyen (ans)	46.24	41.9	0.112
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	26 (0.65)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	10 (0.22)	28 (0.7)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.34	7.22	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	15 (0.33)	15 (0.38)	0.862
#26	n	45	46	/
	Age, moyen (ans)	46.24	40.02	<b>0.032</b>
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	29 (0.63)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	6 (0.13)	37 (0.8)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.3	7.21	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	14 (0.31)	11 (0.24)	0.593
#27	n	45	41	/
	Age, moyen (ans)	46.24	39.59	<b>0.019</b>
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	28 (0.68)	0.882
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq 60$ minutes, n (%)	8 (0.18)	33 (0.8)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.36	7.2	<b>&lt;0.001</b>

	Rythme choquable, n (%)	17 (0.38)	12 (0.29)	0.545
#28	n	45	49	/
	Age, moyen (ans)	46.24	42.94	0.208
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	31 (0.63)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq$ 60 minutes, n (%)	8 (0.18)	40 (0.82)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.32	7.2	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	16 (0.36)	15 (0.31)	0.772
#29	n	45	44	/
	Age, moyen (ans)	46.24	40.73	<b>0.046</b>
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	28 (0.64)	1
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq$ 60 minutes, n (%)	7 (0.16)	32 (0.73)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.32	7.21	<b>0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	14 (0.31)	14 (0.32)	1
#30	n	45	53	/
	Age, moyen (ans)	46.24	40.83	<b>0.04</b>
	Sexe masculin, n (%)	29 (0.64)	37 (0.7)	0.727
	Temps de <i>low-flow</i> $\geq$ 60 minutes, n (%)	8 (0.18)	44 (0.83)	<b>&lt;0.001</b>
	pH, moyen	7.32	7.17	<b>&lt;0.001</b>
	Rythme choquable, n (%)	16 (0.36)	18 (0.34)	1

**Annexe V.** Analyse multivariée de type cas complet afin de déterminer les variables indépendantes associées à la survie avec un bon état neurologique pour les patients qui ont reçu un ECLS pour ACR.

Aucune analyse multivariée de type cas complet n'a été réalisée pour le groupe INTRA étant donné qu'il y avait seulement 12 patients.

<b>Variable</b>	<b>OR</b>	<b>IC à 95%</b>	<b>p-value</b>
<b>Groupe EXTRA + INTRA n=55</b>			
Age	1.33	1.06-2.39	0.114
Sexe	0.00	ND-ND	0.999
Temps de <i>low-flow</i> >30 minutes	2.01	0-ND	1
pH	8.09	0-ND	0.71
Rythme choquable	19780328717.36	0-ND	0.997
<b>Groupe EXTRA n=43</b>			
Age	1.07	0.97-1.18	0.15
Sexe	0.00	0.00-Inf	0.996
Temps de <i>low-flow</i> >30 minutes	0.56	0.02-11.66	0.71
pH	68.76	0.02-209970.86	0.305
Rythme choquable	10.70	0.91-125.54	0.063

IC = intervalle de confiance, ND = non disponible, OR = *odds ratio*.

**Annexe VI.** Résultats des études plus importantes sur l'ECLS utilisé pour l'ACR extrahospitalier.

<b>Auteur [Ref.]</b> <b>Pays</b> <b>Période</b>	<b>Patients, n<sup>a</sup></b>	<b>Age, ans</b>	<b>Temps de <i>low-flow</i>, minutes</b>	<b>Survie CPC 1-2</b>	<b>Evaluation de la survie</b>
Kagawa [203] Japon 04/2006 - 10/2009	39	56 <sup>b</sup>	59 <sup>b</sup>	10.2%	Sortie de l'hôpital
Le Guen [178] France 01/2008 - 08/2010	51	42	120 <sup>b</sup>	3.9%	Sortie de l'hôpital
Mégarbane [179] France 2005 - 2008	47	RM	RM	2.1%	Sortie de l'hôpital
Avalli [204] Italie 01/2006 - 02/2011	18	46 <sup>b</sup>	77 <sup>b</sup>	5.5%	6 mois
Maekawa [180] Japon 01/2000 - 09/2004	53	64 <sup>b</sup>	49 <sup>b</sup>	15.1%	3 mois
Fagnoul [205] Belgique 01/2012 - 12/2012	14	RM	66.5	21.4%	Sortie de l'hôpital
Leick [181] Allemagne 01/2010 - 12/2011	28	RM	RM	28.5%	Sortie de l'hôpital
Sakamoto [182] Japon 10/2008 - 03/2012	260	56.3	NR	12.3%	Sortie de l'hôpital



Wang [206] Taïwan 01/2007 - 09/2012	31	50.7	67.5	25.8%	Sortie de l'hôpital
Stub [183] Australie NR	9	RM	RM	33.3%	Sortie de l'hôpital
Choi [184] Corée 01/2009 - 12/2013	320	56 <sup>b</sup>	RM	9.1%	Sortie de l'hôpital
Rousse [185] France 12/2009 - 12/2013	32	43.2	110.5	3.1%	Sortie de l'hôpital
Pozzi [191] France 01/2010 - 12/2014	68	43.7	83.6	4.4%	Sortie de l'hôpital
Voicu [186] France 03/2010 - 10/2016	27	RM	120 <sup>b</sup>	7.4%	Sortie de l'hôpital
Goto [187] Japon 2005 - 2013	144	63 <sup>b</sup>	57 <sup>b</sup>	6.9%	1 mois
Otani [188] Japon 10/2009 - 12/2017	135	65 <sup>b</sup>	47 <sup>b</sup>	16.2%	Sortie de l'hôpital

<sup>a</sup>Le nombre de patients se réfère uniquement aux patients avec un ACR extrahospitalier.

<sup>b</sup>La valeur est présentée comme médiane.

CPC = *Cerebral Performance Category*, NR = non rapporté, RM = les résultats ont été mélangés avec ceux d'autres populations étudiées et nous sommes incapables de présenter uniquement les résultats de la variable spécifiée.

**Annexe VII.** Résultats des études plus importantes sur l'ECLS utilisé pour l'ACR intrahospitalier.

<b>Auteur [Ref.]</b> <b>Pays</b> <b>Période</b>	<b>Patients, n<sup>a</sup></b>	<b>Age, ans</b>	<b>Temps de</b> <i>low-flow</i> , <b>minutes</b>	<b>Survie CPC 1-2</b>	<b>Evaluation</b> <b>de la survie</b>
Massetti [170] France 06/1997 - 01/2003	35	RM	RM	20%	Sortie de l'hôpital
Chen [171] Taïwan 01/2004 - 12/2006	59	57.4	52.8	23.7%	Sortie de l'hôpital
Kagawa [203] Japon 04/2006 - 10/2009	38	68 <sup>b</sup>	25 <sup>b</sup>	26.3%	Sortie de l'hôpital
Shin [172] Corée 01/2003 - 06/2009	85	59.9	42.1	28.2%	Sortie de l'hôpital
Avalli [204] Italie 01/2006 - 02/2011	18	46 <sup>b</sup>	77 <sup>b</sup>	5.5%	6 mois
Fagnoul [205] Belgique 01/2012 - 12/2012	14	RM	66.5	21.4%	Sortie de l'hôpital
Wang [206] Taïwan 01/2007 - 09/2012	31	50.7	67.5	25.8%	Sortie de l'hôpital
Bednarczyk [173] Canada 02/2008 - 09/2013	22	RM	RM	45.4%	Sortie de l'hôpital

Peigh [174] USA 06/2010 - 07/2014	23	46	54	30.4%	Sortie de l'hôpital
Blumenstein [175] Allemagne 01/2009 - 01/2013	52	72 <sup>b</sup>	33 <sup>b</sup>	21.1%	Sortie de l'hôpital
Min [176] Corée 01/2015 - 12/2016	23	64 <sup>b</sup>	41 <sup>b</sup>	26.1%	Sortie de l'hôpital

<sup>a</sup>Le nombre de patients se réfère uniquement aux patients avec un ACR intrahospitalier.

<sup>b</sup>La valeur est présentée comme médiane.

CPC = *Cerebral Performance Category*, ECLS = *extracorporeal life support*, RM = es résultats ont été mélangés avec ceux d'autres populations étudiées et nous sommes incapables de présenter uniquement les résultats de la variable spécifiée.