



Assistances ventriculaires gauches dans le choc cardiogène et l'insuffisance cardiaque terminale

Rev Med Suisse 2012; 8: 2388-94

A. Genton
R. Hullin
P. Tozzi
S. Cook
L. Liaudet

Left ventricular assist devices in cardiogenic shock and chronic refractory heart failure

Decompensated heart failure, either acute (cardiogenic shock) or chronic (terminal heart failure) may become refractory to conventional therapy, then requiring mechanical assistance of the failing heart to improve hemodynamics. In the acute setting, aortic balloon counterpulsation is used as first line therapy. In case of failure, other techniques include the extracorporeal membrane oxygenator or a percutaneous left ventricular assist device, such as the TandemHeart or the Impella. In chronic heart failure, long term left ventricular assist devices can be surgically implanted. The continuous flow devices give here the best results. The aim of the present review article is to present with some details the various methods of mechanical left ventricle assistance to which the intensivist may be confronted in his daily practice.

La défaillance cardiaque aiguë (choc cardiogène) ou chronique (insuffisance cardiaque terminale) peut s'avérer réfractaire aux traitements médicamenteux, nécessitant alors une assistance mécanique du cœur défaillant pour améliorer l'état hémodynamique. En situation aiguë, la contreimpulsion aortique est utilisée en première intention. En cas d'échec, d'autres techniques comportent l'oxygénateur à membrane extracorporelle ou une assistance ventriculaire gauche percutanée, type TandemHeart ou Impella. Dans les insuffisances cardiaques chroniques, une assistance ventriculaire gauche au long cours peut être implantée chirurgicalement, dont les systèmes à flux continu donnent les meilleurs résultats. Cet article a pour but de présenter les diverses formes d'assistance auxquelles l'intensiviste peut être confronté dans sa pratique quotidienne.

INTRODUCTION

Le choc cardiogène représente l'étape ultime de la défaillance cardiaque aiguë. L'infarctus du myocarde en est la cause la plus fréquente, avec une prévalence d'environ 5-8% et une mortalité de 50%. Un choc cardiogène peut également faire suite à une myocardiopathie, un trouble du rythme réfractaire et d'autres mécanismes décrits dans le **tableau 1**. Le pronostic du choc cardiogène dépend de son étiologie avec une issue généralement plus favorable pour les causes non ischémiques.¹⁻³

CHOC CARDIOGÈNE : PHYSIOPATHOLOGIE ET PRISE EN CHARGE CONVENTIONNELLE

Au plan physiopathologique, le choc cardiogène résulte d'une perte de masse myocardique fonctionnelle ou, plus rarement, d'une altération aiguë des conditions de charge, entraînant une chute du débit cardiaque et une hypoperfusion tissulaire. Cette dernière entraîne une réaction inflammatoire systémique, caractérisée par l'expression de multiples médiateurs qui amplifient la dépression du myocarde, perpétuant la défaillance circulatoire.^{3,4} La prise en charge du choc cardiogène a pour but de mettre fin à ce cercle vicieux. Le traitement comporte principalement un support inotrope et vasopresseur (revu en détail récemment dans cette revue),⁵ ainsi qu'un traitement étiologique lorsque cela est possible (reperfusion coronarienne précoce dans le choc cardiogène postinfarctus).

CHOC CARDIOGÈNE : ASSISTANCES VENTRICULAIRES MÉCANIQUES

Dans les situations réfractaires au traitement médicamenteux, il faut recourir à la mise en œuvre de moyens mécaniques pour améliorer la situation hémodynamique. Ces techniques ont pour but, d'une part, de corriger l'hypoperfusion tissulaire et réduire la réponse inflammatoire secondaire, d'autre part, de décharger le ventricule gauche afin d'en favoriser la récupération fonctionnelle. Dans le choc



Tableau 1. Principales étiologies du choc cardiogène

- | | |
|---|---|
| <ul style="list-style-type: none">• Infarctus du myocarde• Postchirurgie cardiaque• Myocardite• Intoxication médicamenteuse• Trouble du rythme réfractaire• Cardiopathie du péripartum | <ul style="list-style-type: none">• Insuffisance du greffon cardiaque• Cardiomyopathie de stress (takotsubo)• Cardiomyopathie obstructive décompensée |
|---|---|

cardiogène, les techniques disponibles comportent la contreimpulsion intra-aortique, l'oxygénateur à membrane extracorporelle et les dispositifs d'assistance *percutanée* du ventricule gauche décrits ci-dessous. Ces techniques sont, de fait, des formes d'assistance circulatoire *temporaire*, utilisées dans l'attente d'une récupération de la fonction cardiaque (*bridge to recovery*), ou pour gagner du temps dans l'établissement d'une stratégie thérapeutique progressive (*bridge to decision*) pouvant mener à un système d'assistance définitif (*bridge-to-bridge*) ou d'une transplantation cardiaque (*bridge-to-transplantation*).^{1,6-8}

Outre le choc cardiogène, il existe une catégorie de malades présentant une insuffisance cardiaque terminale, chez lesquels un support circulatoire mécanique *au long cours* par des dispositifs d'assistance *chirurgicale* du ventricule gauche est indiqué, soit dans l'attente d'une transplantation cardiaque (*bridge-to-transplantation*) ou à titre définitif (*destination therapy*).⁹⁻¹¹ Ces techniques seront présentées dans la deuxième partie de cet article.

Assistance ventriculaire gauche temporaire

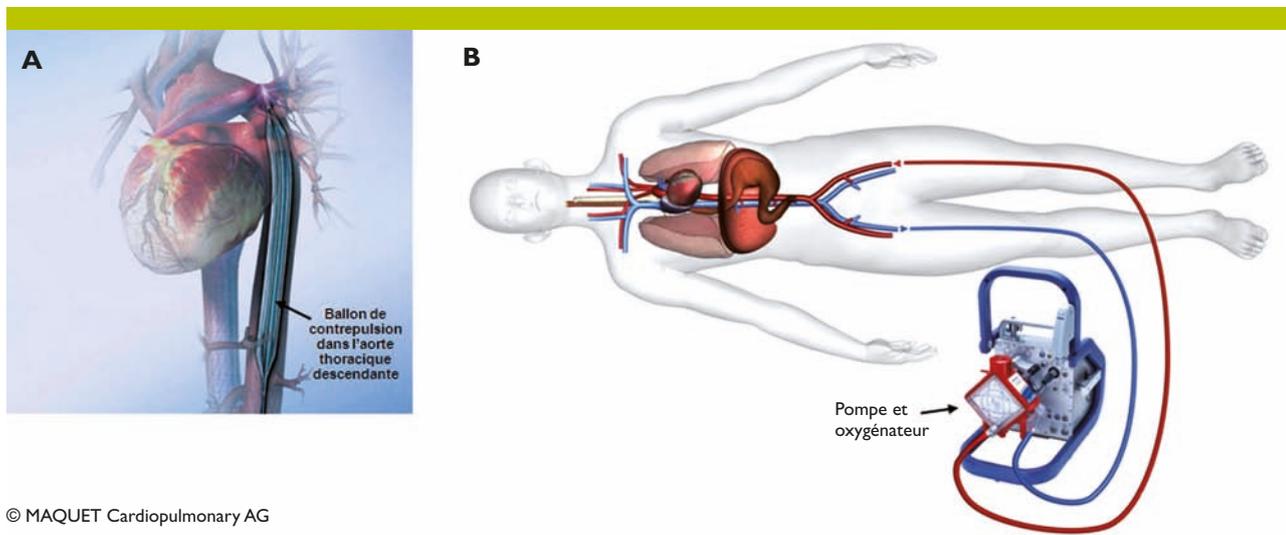
Contreimpulsion intra-aortique (CPIA)

La contreimpulsion par ballonnet intra-aortique est la technique utilisée en première intention, notamment dans les cardiopathies ischémiques.^{1,8} Un cathéter à ballonnet est

placé dans l'aorte thoracique descendante, distalement de l'artère sous-clavière gauche (figure 1A). Le gonflement du ballonnet en diastole et sa déflation avant la systole permettent d'augmenter le flux sanguin coronarien et de réduire la postcharge du ventricule gauche. Il en résulte une baisse de la consommation d'oxygène du myocarde.¹² En dépit de résultats positifs dans des études déjà anciennes,^{13,14} des travaux plus récents n'ont pas montré de bénéfice significatif de survie de la CPIA dans le choc cardiogène postinfarctus.^{15,16} Toutefois, la CPIA reste, dans cette situation, une indication de classe IB selon les recommandations internationales et doit être vue comme un moyen rapide de baisser la postcharge ventriculaire gauche.¹

Oxygénateur à membrane extracorporelle (ECMO)

L'ECMO veino-artérielle assiste à la fois le cœur et les poumons (figure 1B). Une canule insérée dans la veine fémorale aspire le sang désoxygéné dans l'oreillette droite via une pompe centrifuge extracorporelle, qui envoie le sang au travers d'un oxygénateur pour le retourner ensuite à l'aorte descendante via une canule artérielle fémorale.¹⁷ Toutefois, si le cœur continue d'éjecter, la position de la canule artérielle doit être changée car le cerveau reçoit alors du sang en partie désoxygéné. En fonction de la taille des canules, l'ECMO peut générer un débit supérieur à 4,5 l/mi-nute. Des progrès récents ont permis le développement de systèmes portables (CARDIOHELP system, Maquet), pouvant être rapidement insérés et permettant le transport d'un malade vers un centre spécialisé.¹ Cette technique ayant fait l'objet d'une étude extensive récente dans cette revue, nous ne reviendrons pas ici sur ses avantages et risques potentiels.¹⁷ Signalons simplement que l'implantation d'un ECMO est recommandée en première intention chez le malade en choc cardiogène qui continue à se détériorer après l'implantation d'une CPIA.¹⁸



© MAQUET Cardiopulmonary AG

Figure 1. Contreimpulsion intra-aortique (CPIA) et oxygénateur à membrane extracorporelle (ECMO)

CPIA (A). Un cathéter équipé d'un ballonnet est monté dans l'aorte thoracique descendante, son extrémité étant positionnée distalement par rapport à l'artère sous-clavière gauche. Le ballonnet est gonflé en diastole et est dégonflé juste avant la systole. ECMO (B). Un cathéter veineux inséré dans la veine fémorale draine le sang veineux qui est pompé à travers un oxygénateur extracorporel pour être réinjecté dans l'aorte thoracique via un cathéter inséré dans l'artère fémorale.

Reproduites avec la permission de Maquet AG.

Dispositifs d'assistance ventriculaire gauche percutanée

Deux dispositifs de ce type sont actuellement disponibles, le TandemHeart (Cardiac Assist Inc) et l'Impella Recover (Abiomed) pour l'assistance mécanique du choc cardiogène à prédominance gauche réfractaire au traitement pharmacologique, ainsi que pour les procédures d'angioplastie à haut risque. Les principales complications associées à ce type de technique sont l'ischémie de membre en raison de l'abord artériel fémoral avec une canule de gros calibre pour le TandemHeart, et l'hémolyse intravasculaire pour l'Impella.^{2,6,7}

TandemHeart

Le TandemHeart (figure 2A) est inséré au niveau de la veine fémorale pour atteindre l'oreillette gauche au travers d'une ponction du septum interauriculaire, où le sang est aspiré pour être propulsé dans l'aorte abdominale via une canule artérielle fémorale, au moyen d'une pompe centrifuge extracorporelle à flux continu. Le débit maximum théorique est de 4,5 l/min à 7500 tours/min. En pratique néanmoins, le positionnement de la canule auriculaire trop proche de la paroi auriculaire ou d'une veine pulmonaire et un mauvais remplissage de l'oreillette gauche peuvent significativement influencer ce débit. Le TandemHeart entraîne une augmentation du débit cardiaque et de la pression artérielle, avec une baisse concomitante des pressions de remplissage et du travail cardiaque. Ce dispositif peut être implanté pour une durée de quelques heures jusqu'à quatorze jours. Une anticoagulation est impérative. Le risque d'ischémie des membres inférieurs est important (jusqu'à 15% des cas) en raison du diamètre de la canule artérielle. Une attention particulière doit être portée afin d'éviter la migration de la canule auriculaire dans l'oreillette droite qui entraînerait un shunt droit-gauche.^{1,8,12,19}

L'utilité du TandemHeart dans le choc cardiogène a été évaluée dans plusieurs études cliniques, démontrant notamment la supériorité de ce dispositif sur l'amélioration de l'hémodynamique en comparaison avec la CPIA, toutefois sans amélioration de la survie, et au prix d'un plus grand nombre de complications hémorragiques et d'ischémie de membres inférieurs.^{20,21} Dans une large étude rétrospective portant sur 117 malades avec un choc cardiogène réfractaire aux inotropes et à la CPIA, Kar et coll. ont démontré que la mise en place d'un TandemHeart permettait de réduire significativement l'hypoxie tissulaire, comme en attestait une baisse marquée du lactate sanguin. La mortalité à six mois dans cette cohorte restait toutefois très élevée, à plus de 45%.¹⁹

Impella Recover

L'Impella Recover LP 2,5 est une pompe à propulsion micro-axiale placée de manière rétrograde via l'artère fémorale au travers de la valve aortique dans le ventricule gauche, où le sang oxygéné est aspiré pour être propulsé dans l'aorte ascendante (figure 2B). Le débit cardiaque maximal théorique est de 2,5 l/min à 50000 tours/min. En pratique néanmoins, le débit observé est souvent nettement en deçà de la valeur théorique.²² Une explication plausible est l'apparition d'une insuffisance valvulaire aorti-

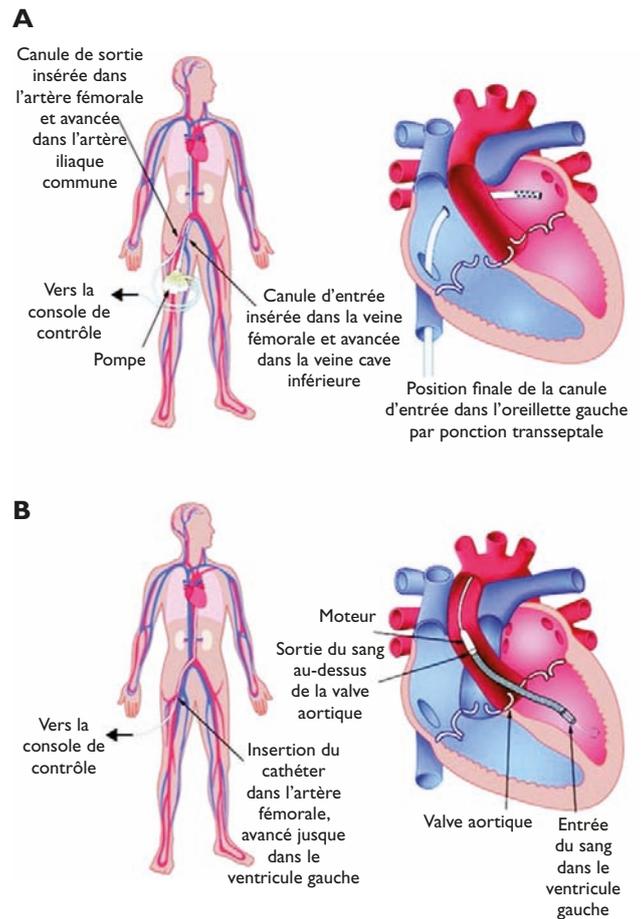


Figure 2. Dispositifs d'assistance ventriculaire gauche percutanée

TandemHeart (A) et Impella Recover (B). Les indications sont données sur l'illustration. Modifiées d'après réf.¹, avec permission.

que iatrogène induite par le cathéter. Un débit de 5 l/min peut être obtenu avec l'Impella Recover LP 5 à une vitesse de rotation de 33000 tours/min, mais ce dernier dispositif requiert, de par sa taille, une canulation artérielle chirurgicale. Une anticoagulation est nécessaire et il convient de surveiller l'apparition d'une hémolyse, généralement dans les premières 24 heures. Par ailleurs, il existe un risque de lacération de la valve aortique au regard du trajet transvalvulaire de ce dispositif.^{1,2,6-8} L'assistance est temporaire pour une durée maximale de quatorze jours.

Dans une étude prospective chez seize malades en choc cardiogène sous traitement maximal et CPIA, Myens et coll. furent les premiers à démontrer l'efficacité de l'Impella, produisant une baisse rapide des pressions de remplissage, une augmentation du débit cardiaque et une amélioration de la perfusion d'organes.²³ L'étude ISAR-SHOCK a comparé directement, et de manière randomisée, la CPIA et l'Impella Recover LP 2,5 lors du choc cardiogène réfractaire.²⁴ Cette étude a montré une augmentation du débit cardiaque nettement supérieure avec l'Impella, mais cet avantage n'a pas été traduit en termes de mortalité (43% dans les deux groupes).

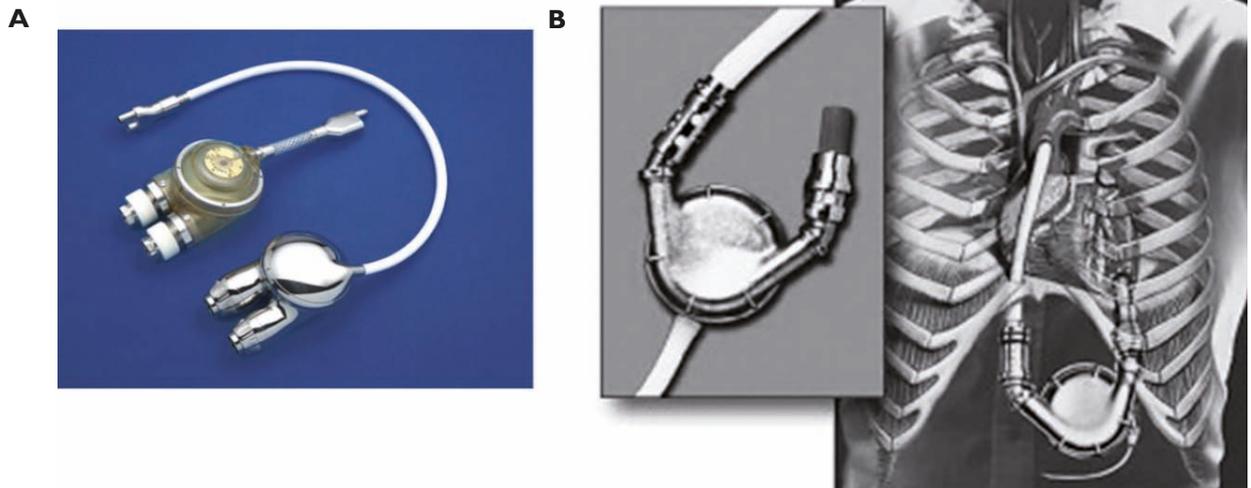


Figure 3. Assistanes ventriculaires gauches chirurgicales: systèmes à flux pulsatile

Thoratec VAD (A) et HeartMate XVE (B). Explications dans le texte. Reproduites avec la permission de Thoratec Corporation et de Elsevier.

Au final, les dispositifs d'assistance percutanée de type Impella ou TandemHeart démontrent un clair bénéfice par rapport à la CPIA en termes hémodynamiques, comme récemment illustré par une méta-analyse et une étude rétrospective.^{25,26} Cependant, il n'y a pas à ce jour de donnée démontrant que ces dispositifs conduisent à une amélioration de la survie, un résultat décevant qui peut être dû au recours trop tardif de ce type d'assistance dans le choc cardiogène, ou alternativement aux complications associées à ces dispositifs, ou au faible nombre de malades inclus dans les études à disposition. A l'évidence, des études randomisées à plus large échelle sont requises pour préciser le réel impact des systèmes d'assistance ventriculaire gauche temporaire sur la mortalité du choc cardiogène.

Assistanes ventriculaires gauches chirurgicales

Contrairement aux dispositifs percutanés, réservés à un usage à court terme dans des situations aiguës, ce type d'assistance est implanté à long terme chez des malades présentant une insuffisance cardiaque chronique réfractaire au traitement médicamenteux, dans l'attente d'une transplantation (*bridge-to-transplantation*), ou comme traitement définitif dans certains pays (*destination therapy*, Etats-Unis).¹⁰

Les dispositifs de première génération sont représentés par des systèmes à *flux pulsatile*, existant sous deux formes principales. Les ventricules pneumatiques hétérotopiques, type Thoratec VAD (Thoratec Corp.), entraînés par un compresseur externe (figure 3A), et les ventricules implantables électromécaniques type HeartMate XVE (Thoratec Corp.), transformant l'énergie électrique en énergie mécanique par un électroaimant écrasant un sac à sang (figure 3B).²⁷ Ce type de dispositif tend à être remplacé par des systèmes à flux continu, utilisant une pompe axiale rotative implantée sous le diaphragme (figure 4A), type HeartMate II (Thoratec Corp.) ou une pompe centrifuge implantée dans la cavité péricardique (figure 4B), type HeartWare (HeartWare International).²⁸ Ces assistances électriques implantables miniaturisées offrent une grande autonomie aux patients, qui peuvent rentrer à domicile. De plus, les systèmes à flux

continu sont associés à un risque moindre d'accident vasculaire cérébral, d'infection et de dysfonctionnement de la pompe comparativement aux systèmes à flux pulsatile.¹¹ Il est très probable que des systèmes encore plus performants soient disponibles dans un proche avenir, tels que le cœur Carmat, qui est un cœur artificiel total entièrement implantable en intrathoracique, et qui représente le premier cœur bioprothétique capable d'analyser la situation hémodynamique pour s'y adapter quasiment en temps réel et dont la première implantation clinique est prévue prochainement (voir: www.carmatsa.com/).

L'amélioration des conditions hémodynamiques qu'offrent ces dispositifs est associée à une augmentation importante de la capacité fonctionnelle des malades, dont la VO_2 max est proche de 50% de la valeur prédite trois mois après

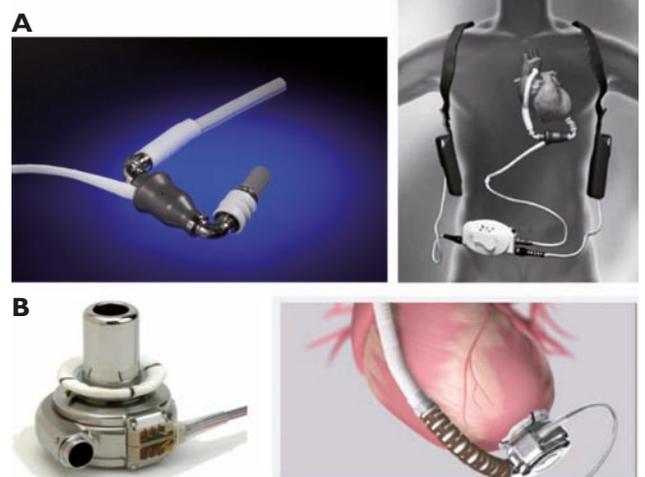


Figure 4. Assistanes ventriculaires gauches chirurgicales: systèmes à flux continu

HeartMate II (A) et HeartWare (B). Explications dans le texte. Reproduites avec la permission de Thoratec Corporation, Elsevier et HeartWare International.



l'implantation.¹⁰ Il s'ensuit une qualité de vie nettement améliorée, ainsi qu'une durée de vie significativement prolongée.^{9,29} De multiples complications peuvent survenir, nécessitant un suivi strict et extensif en milieu spécialisé, dont les principales sont les infections, les problèmes thromboemboliques ou hémorragiques, les troubles du rythme, la dysfonction ventriculaire droite et les pathologies valvulaires aortiques, ainsi que l'hémorragie digestive haute due probablement à une perte de la pulsatilité du flux sanguin.¹⁰

ASSISTANCE VENTRICULAIRE GAUCHE ET PROCESSUS DE REMODELAGE INVERSE

Les dispositifs d'assistance entraînent une décharge considérable du ventricule gauche défaillant, qui peut dans certains cas présenter une importante récupération fonctionnelle sous assistance. On parle ici de «remodelage inverse», dont les mécanismes incluent des modifications de la géométrie des cavités cardiaques, de la contractilité, de la conduction électrique, des taux de neurohormones, ainsi que de multiples modifications moléculaires au niveau des cardiomyocytes.³⁰ Trois études ont démontré l'importance de ce phénomène en clinique. Dandel et coll. ont rapporté, dans une série de 131 patients assistés pour cardiopathie dilatée idiopathique, une récupération fonctionnelle suffisante autorisant l'explantation du système chez 31 malades, avec une survie à cinq ans de 78,3% et un taux de récurrence de 31,3%.³¹ Birks et coll. ont quant à eux rapporté, dans une série de quinze malades avec cardiopathie non ischémique traités par une assistance ventriculaire gauche et recevant conjointement un traitement de lisinopril, carvedilol, spironolactone et losartan, une explantation chez onze malades après une moyenne de 320 jours, avec une survie sans récurrence de 89% à quatre ans.³² Ce même groupe a présenté récemment des résultats analogues, avec une explantation du dispositif d'assistance chez 12/20 patients et une survie sans récurrence d'insuffisance cardiaque de 83% à trois ans.³³

Ces travaux indiquent que l'implantation d'une assistance ventriculaire peut, chez certains malades souffrant d'une cardiopathie d'étiologie non ischémique, s'avérer un véritable tremplin vers la récupération (*bridge to recovery*) et plus uniquement un traitement lourd de support dans l'attente d'une greffe cardiaque. Des études doivent désormais être conduites afin de préciser davantage les mécanismes du remodelage inverse et de déterminer quels patients seraient à même de bénéficier d'une telle approche.

CONCLUSION

Lorsque la défaillance cardiaque devient réfractaire aux traitements médicamenteux, une assistance mécanique du ventricule gauche est la seule alternative possible pour assurer un débit cardiaque propre à maintenir la perfusion d'organes. Dans les situations aiguës de choc cardiogène, la contrepulsion aortique est utilisée en première intention. Dans les situations résistantes, l'ECMO ou des dispositifs d'assistance percutanée type Impella ou TandemHeart doivent être utilisés. Dans le cas des insuffisances cardia-

ques chroniques terminales, des systèmes d'assistance chirurgicale à long terme permettent d'améliorer la situation hémodynamique des malades dans l'attente d'une transplantation. Des études récentes indiquent que dans certains cas, l'assistance au long cours peut également permettre une récupération fonctionnelle quasi complète du ventricule gauche par un processus de remodelage inverse, autorisant, chez certains patients, l'explantation du dispositif. ■

Conflit d'intérêt

Les auteurs n'ont aucun conflit d'intérêt à déclarer.

Remerciements

Lucas Liaudet est soutenu par le Fond national suisse de la recherche scientifique (subside FNRS n° 310030_135394/1).

Implications pratiques

- > La prise en charge conventionnelle du choc cardiogène inclut principalement un soutien médicamenteux par inotropes et vasopresseurs. En cas de choc cardiogène réfractaire, une assistance mécanique pour pallier au compromis hémodynamique est nécessaire
- > Le soutien mécanique est principalement assuré par un ballon de contrepulsion intra-aortique et dans les situations les plus sévères, un oxygénateur à membrane extracorporelle (ECMO) ou une assistance ventriculaire gauche percutanée
- > Les assistances ventriculaires percutanées sont des dispositifs temporaires, permettant de substituer complètement la fonction cardiaque en cas de choc cardiogène. Un bénéfice net en termes de survie n'a toutefois pu être démontré pour l'heure et implique la nécessité d'études randomisées à plus large échelle
- > Les assistances ventriculaires gauches chirurgicales sont implantées chez les patients insuffisants cardiaques terminaux, dans l'attente d'une transplantation ou d'une guérison
- > Certains travaux indiquent, chez les patients porteurs d'une cardiopathie terminale non ischémique, un potentiel de récupération sous assistance ventriculaire gauche (remodelage inverse)

Adresses

Dr Audrey Genton
Pr Lucas Liaudet
Service de médecine intensive adulte et Centre des brûlés
Pr Roger Hullin
Service de cardiologie
Dr Piergiorgio Tozzi
Service de chirurgie cardiovasculaire
CHUV, 1011 Lausanne
audrey.genton@chuv.ch
lucas.liaudet@chuv.ch
roger.hullin@chuv.ch
piergiorgio.tozzi@chuv.ch

Pr Stéphane Cook
Service de cardiologie
Hôpital cantonal
1708 Fribourg
cooks@h-fr.ch



Bibliographie

- 1 ** Kar B, Basra SS, Shah NR, Loyalka P. Percutaneous circulatory support in cardiogenic shock: Interventional bridge to recovery. *Circulation* 2012;125:1809-17.
- 2 Westaby S, Anastasiadis K, Wieselthaler GM. Cardiogenic shock in ACS. Part 2: Role of mechanical circulatory support. *Nat Rev Cardiol* 2012;9:195-208.
- 3 Westaby S, Kharbanda R, Banning AP. Cardiogenic shock in ACS. Part 1: Prediction, presentation and medical therapy. *Nat Rev Cardiol* 2012;9:158-71.
- 4 Patel AK, Hollenberg SM. Cardiovascular failure and cardiogenic shock. *Semin Respir Crit Care Med* 2011;32:598-606.
- 5 Rusca M, Liaudet L. Place du traitement par agents inotropes positifs dans l'insuffisance cardiaque aiguë aux soins intensifs. *Rev Med Suisse* 2009;5:2512-5.
- 6 * Arroyo D, Cook S. Percutaneous ventricular assist devices: New deus ex machina? *Minim Invas Surg* 2011;2011:604397.
- 7 Cook S, Windecker S. Percutaneous ventricular assist devices for cardiogenic shock. *Curr Heart Fail Rep* 2008;5:163-9.
- 8 * Ouweneel DM, Henriques JP. Percutaneous cardiac support devices for cardiogenic shock: Current indications and recommendations. *Heart* 2012;98:1246-54.
- 9 Rose EA, Gelijns AC, Moskowitz AJ, et al. Long-term use of a left ventricular assist device for end-stage heart failure. *N Engl J Med* 2001;345:1435-43.
- 10 Felix SE, Martina JR, Kirkels JH, et al. Continuous-flow left ventricular assist device support in patients with advanced heart failure: Points of interest for the daily management. *Eur J Heart Fail* 2012;14:351-6.
- 11 Slaughter MS, Rogers JG, Milano CA, et al. Advanced heart failure treated with continuous-flow left ventricular assist device. *N Engl J Med* 2009;361:2241-51.
- 12 Cove ME, MacLaren G. Clinical review: Mechanical circulatory support for cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction. *Crit Care* 2010;14:235.
- 13 Anderson RD, Ohman EM, Holmes DR, et al. Use of intraaortic balloon counterpulsation in patients presenting with cardiogenic shock: Observations from the GUSTO-I study. Global utilization of streptokinase and TPA for occluded coronary arteries. *J Am Coll Cardiol* 1997;30:708-15.
- 14 Sanborn TA, Sleeper LA, Bates ER, et al. Impact of thrombolysis, intra-aortic balloon pump counterpulsation, and their combination in cardiogenic shock complicating acute myocardial infarction: A report from the SHOCK trial registry. Should we emergently revascularize occluded coronaries for cardiogenic shock? *J Am Coll Cardiol* 2000;36:1123-9.
- 15 Unverzagt S, Machemer MT, Solms A, et al. Intra-aortic balloon pump counterpulsation (IABP) for myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Cochrane Database Syst Rev* 2011:CD007398.
- 16 Thiele H, Zeymer U, Neumann FJ, et al. Intra-aortic balloon support for myocardial infarction with cardiogenic shock. *N Engl J Med* 2012;367:1287-96.
- 17 Giraud R, Siegenthaler N, Tassaux D, et al. Quand le cœur et/ou les poumons défont: oxygénation extracorporelle par «ECMO». *Rev Med Suisse* 2011;7:2444-51.
- 18 Task force on myocardial revascularization of the European Society of Cardiology, the European Association for Cardio-Thoracic Surgery, European Association for Percutaneous Cardiovascular Interventions, et al. Guidelines on myocardial revascularization. *Eur Heart J* 2010;31:2501-55.
- 19 Kar B, Gregoric ID, Basra SS, Idelchik GM, Loyalka P. The percutaneous ventricular assist device in severe refractory cardiogenic shock. *J Am Coll Cardiol* 2011;57:688-96.
- 20 Thiele H, Sick P, Boudriot E, et al. Randomized comparison of intra-aortic balloon support with a percutaneous left ventricular assist device in patients with revascularized acute myocardial infarction complicated by cardiogenic shock. *Eur Heart J* 2005;26:1276-83.
- 21 Burkhoff D, Cohen H, Brunckhorst C, O'Neill WW, TandemHeart Investigators Group. A randomized multicenter clinical study to evaluate the safety and efficacy of the TandemHeart percutaneous ventricular assist device versus conventional therapy with intra-aortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock. *Am Heart J* 2006;152:469 e1-8.
- 22 Valgimigli M, Steendijk P, Sianos G, Onderwater E, Serruys PW. Left ventricular unloading and concomitant total cardiac output increase by the use of percutaneous Impella Recover LP 2.5 assist device during high-risk coronary intervention. *Catheter Cardiovasc Interv* 2005;65:263-7.
- 23 Meyns B, Dens J, Sergeant P, et al. Initial experiences with the Impella device in patients with cardiogenic shock – Impella support for cardiogenic shock. *Thorac Cardiovasc Surg* 2003;51:312-7.
- 24 Seyfarth M, Sibbing D, Bauer I, et al. A randomized clinical trial to evaluate the safety and efficacy of a percutaneous left ventricular assist device versus intra-aortic balloon pumping for treatment of cardiogenic shock caused by myocardial infarction. *J Am Coll Cardiol* 2008;52:1584-8.
- 25 Cheng JM, den Uil CA, Hoeks SE, et al. Percutaneous left ventricular assist devices vs. intra-aortic balloon pump counterpulsation for treatment of cardiogenic shock: A meta-analysis of controlled trials. *Eur Heart J* 2009;30:2102-8.
- 26 Froesch P, Martinelli M, Meier P, et al. Clinical use of temporary percutaneous left ventricular assist devices. *Catheter Cardiovasc Interv* 2011;78:304-13.
- 27 Combes A. Assistance circulatoire. In: Teboul JL, Vincent JL Ed. *Insuffisance circulatoire aiguë*. Paris: Elsevier-Masson, 2009;435-48.
- 28 Timms D. A review of clinical ventricular assist devices. *Med Eng Phys* 2011;33:1041-7.
- 29 Long JW, Kfoury AG, Slaughter MS, et al. Long-term destination therapy with the HeartMate XVE left ventricular assist device: Improved outcomes since the REMATCH study. *Congest Heart Fail* 2005;11:133-8.
- 30 * Koitabashi N, Kass DA. Reverse remodeling in heart failure-mechanisms and therapeutic opportunities. *Nat Rev Cardiol* 2012;9:147-57.
- 31 Dandel M, Weng Y, Siniawski H, et al. Long-term results in patients with idiopathic dilated cardiomyopathy after weaning from left ventricular assist devices. *Circulation* 2005;112:137-45.
- 32 * Birks EJ, Tansley PD, Hardy J, et al. Left ventricular assist device and drug therapy for the reversal of heart failure. *N Engl J Med* 2006;355:1873-84.
- 33 Birks EJ, George RS, Hedger M, et al. Reversal of severe heart failure with a continuous-flow left ventricular assist device and pharmacological therapy: A prospective study. *Circulation* 2011;123:381-90.

* à lire

** à lire absolument