

La réduction de surface de la circulation extracorporelle améliore les résultats

Umberto Borrelli¹, Marc Detroux¹, Rémi Nottin², Nawwar Al-Attar³, François Perron⁴, Stéphane Nikis¹, Pierre Nackers¹, Serge Jenne¹, Geert Baert¹, Benoit Colinet¹, Christian Miesse¹, Jaroslaw Fijalkowski¹, Peeter Schraeverus¹, Ghueder Saïdane¹, A.Spoto¹, Edo Wijtenburg¹, Vanessa De Sart¹, Michel Jakubiak¹, Bertrand Gillieaux¹, Jérôme Segard¹, Eric Debizet¹, Laurence Gillard¹, Débora Ciarafoni¹, André Bodson¹.

¹ Département de Chirurgie Cardio-Vasculaire, Hôpital St-Joseph, Gilly, Belgique

² Département de Chirurgie Cardiaque, Centre Chirurgicale Marie Lannelongue, Paris, France

³ Département de Chirurgie Cardiaque, Hôpital Bichat, Paris, France

⁴ Département de Perfusion, Hôpital St-Paul, Vancouver, Canada

RESUME

Introduction : Depuis 1999, nous avons introduit plusieurs modifications pour minimiser les complications de la circulation extracorporelle (CEC) par l'introduction d'un traitement de surface biocompatible, en réduisant la surface de contact de l'oxygénateur, le volume d'amorçage, la longueur du circuit, le diamètre de la ligne veineuse, l'utilisation du drainage veineux assisté (Vacuum Assisted Venous Drainage VAVD), le placement de l'ensemble oxygénateur réservoir veineux au niveau de l'épaule du malade et en isolant dans des poches de transfert le volume de sang se trouvant en excès dans le réservoir veineux dès le début de la CEC. Le but de cette étude est d'évaluer les résultats postopératoires de notre CEC Compact améliorée.

Méthodes : Trois groupes de malades candidats à une revascularisation coronarienne sous CEC ont été comparés dans cette étude. Les groupes 1 et 2 sont des groupes historiques d'études antérieures, le Groupe 1 comprend 50 malades opérés durant la période 1999-2001, le Groupe 2 se compose de 25 malades opérés de mai 2001 au mois d'août 2001 et le groupe CEC Compact améliorée (Groupe 3) est constitué de 25 malades opérés durant la période 2003-2004.

Résultats : Les données cliniques et chirurgicales des malades ainsi que les résultats montrent que notre nouvelle CEC Compact (Groupe 3) nous a permis de réduire la durée de ventilation postopératoire, les pertes sanguines, la durée du séjour aux soins intensifs et le nombre de transfusions sanguines des malades.

Actuellement, cette approche de la CEC est utilisée pour tous nos malades. Le choix de l'oxygénateur et du réservoir veineux est variable, il prend en considération la surface corporelle du patient : ainsi pour une surface corporelle inférieure ou égale à 1,9 m², le volume d'amorçage résiduel est de 250 ml et pour une surface corporelle supérieure à 1,9 m², le volume d'amorçage résiduel est de 350 ml.

Conclusion : L'optimisation de la CEC a un impact direct sur les résultats postopératoires des malades. Cette CEC Compact (Group 3) nous permet d'opérer des malades ayant des pathologies plus complexes. Afin de confirmer ces résultats, il faudrait effectuer une étude prospective randomisée.

Mots clés : chirurgie cardiaque, circulation extra-corporelle

ABSTRACT

Introduction: Since 1999, we have tried to lessen the effects of cardiopulmonary bypass (CPB) by reducing the surface of the extracorporeal circulation (ECC). Encouraged by the results of our first compact ECC, we have decided to improve it by implementing other techniques such as controlled hemodilution of the patient without variation of arterial pressure, vacuum assisted venous drainage (VAVD) and the sequestration of autologous blood within the first minute of CPB. The purpose of this study is to evaluate the effects of compact ECC on the postoperative period.

Methods: Three groups of patients undergoing CABG are compared. Groups 1 and 2 are historical groups. Group 1 covers 50 patients operated from 1999-2001. Group 2 covers 25 patients operated from May 01 to August 2001. Group 3 new compact ECC covers 25 patients enrolled from 2003-2004.

Results: Our new compact ECC (Group 3) shows improved outcomes through reduced postoperative ventilation time, blood loss, intensive care stay, need for blood transfusion and levels of lactate dehydrogenase.

Conclusions : Optimization of CPB and its use have a direct impact on the postoperative outcome of the patient. This strategy of ameliorating CPB allows to operate on more fragile and more complicated patients. Larger prospective randomized study is necessary to confirm these findings.

Key words: Cardiac surgery, Cardiopulmonary by pass

Table 1 : Données Techniques de la CEC des Trois Groupes

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3
CEC en circuit ouvert	X	X	X
Pompe systémique à galets	X	X	X
Volume d'amorçage autologue rétrograde avec CEC Compact	X	X	X
Surface de la membrane de l'oxygénateur (m ²)	2	1.7	1.1
Biocompatibilité		X	X
Drainage veineux par gravité	X	X	
Lignes veineuse et artérielle de 3/8»			X
Vacuum Assisted Venous Drainage (VAVD)			X
Positionnement de l'ensemble oxygénateur et réservoir veineux pratiquement à la hauteur de l'épaule du patient			X
Vidange du coeur gauche par VAVD			X
Volume d'amorçage résiduel (ml)	900	500	250

1. Introduction

La circulation extracorporelle (CEC) induit une réponse inflammatoire systémique et une activation des différentes voies biologiques de coagulation et de fibrinolyse. Cette réponse inflammatoire, observée après une CEC, est à l'origine de dysfonction viscérale [1] et de troubles de la crase sanguine [2]. Ce syndrome post-CEC est responsable d'une morbi-mortalité [3,4]. L'amélioration technique de la circulation extracorporelle a permis l'émergence de nouveau type de circuit : CEC conventionnelle, mini-CEC et CEC à circuit fermé [5]. Ces évolutions techniques ont pour but la réduction de cette réponse inflammatoire et ainsi la diminution du risque embolique et de différentes complications de la CEC. La mise en place de circuit préhépariné et les progrès dans la connaissance de

l'hémocompatibilité des biomatériaux contribuent à la réduction de la morbi-mortalité du syndrome post pompe. Le concept de la CEC Compact répond à cet objectif tout en assurant une utilisation facile, une sécurité pour le patient et une faisabilité pour les différents types de chirurgie sous CEC.

2. Matériel et méthodes

Trois groupes de malades candidats à une revascularisation coronarienne sous CEC ont été comparés dans cette étude. Les groupes 1 et 2 sont des groupes historiques d'études antérieures, le Groupe 1 comprend 50 malades opérés durant la période 1999-2001, le Groupe 2 se compose de 25 malades opérés de mai 2001 au mois d'août 2001 et le groupe CEC Compact améliorée (Groupe 3) est constitué de 25 malades opérés durant la période 2003-2004.

Par soucis de sécurité et de polyvalence, nous avons utilisé pour les différentes études une CEC en circuit ouvert. La réduction de surface inutile de la CEC et l'utilisation de la méthode

du rétrograde priming autologue, permettent un contrôle précis de l'hémodilution des patients. Le rétrograde priming autologue est utilisé après la canulation artérielle et veineuse en laissant descendre par gravité le sang du patient dans la ligne artérielle et veineuse le priming contenu dans ces lignes est récupéré dans les poches 1 et 2 (Fig. 1). Le circuit de CEC étant très compact l'utilisation du rétrograde priming autologue se fait sans variation importante de la pression du patient. Le circuit de CEC des différents groupes est composé et monté de la façon suivante (Table 1):

Figure 1

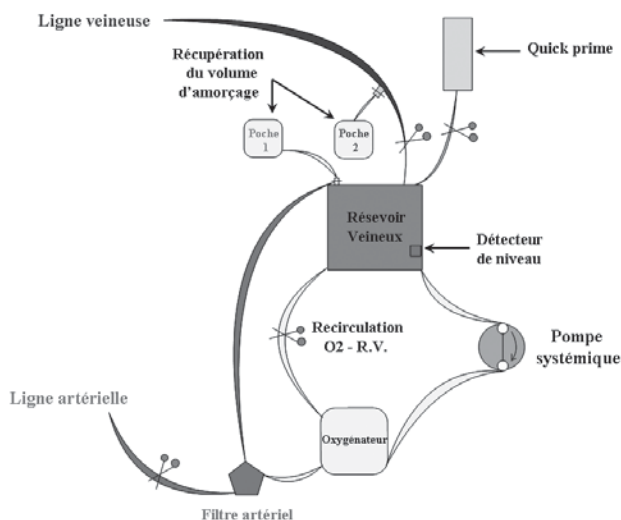
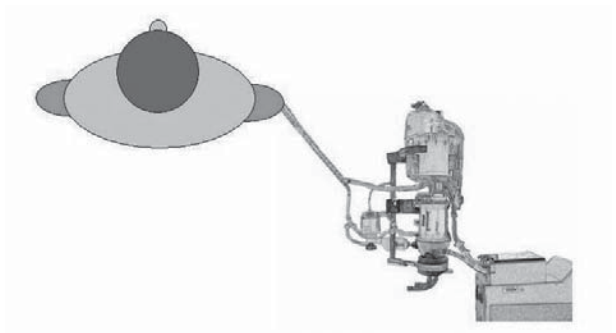


Figure 2

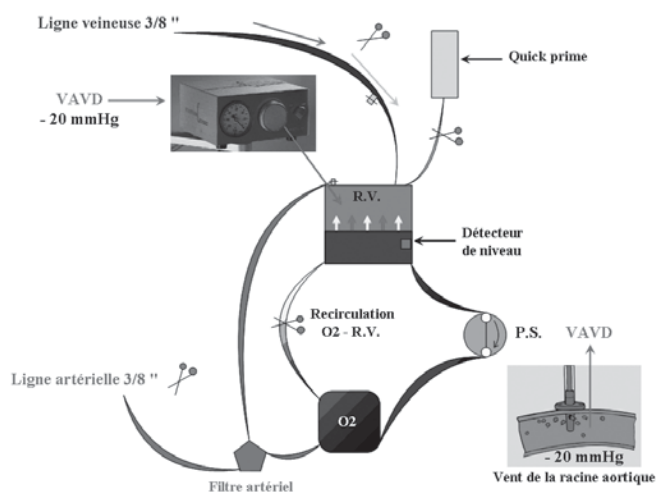
**Group 1 (Fig. 1):**

- oxygénateur Compactflow D 703, (Dideco, Mirandola, Italie) de 2 m² de surface de contact
- pompe systémique à galets (Stöckert, Munich, Allemagne)
- le circuit de CEC passe près de l'épaule du patient
- détecteur de niveau sur le réservoir veineux
- ligne veineuse de diamètre 1/2 "
- ligne artérielle de diamètre 3/8 "
- filtre artériel D734, (Dideco - Italie)
- drainage veineux par gravité (Fig. 2)
- mesure de pression sur la ligne artérielle et veineuse
- fonctionnement à la demande de l'aspiration du champ opératoire
- pas de traitement de surface
- volume d'amorçage résiduel de 900 ml

Group 2 (Fig. 1):

- oxygénateur Avant D 903, (Dideco) de 1.7 m² de surface de contact
- pompe systémique à galets (Stöckert)
- le circuit de CEC passe près de l'épaule du patient
- détecteur de niveau sur le réservoir veineux
- ligne veineuse de diamètre 1/2 "

Figure 3



- ligne artérielle de diamètre 3/8 "
- filtre artériel D734, (Dideco)
- drainage veineux par gravité (Fig. 2)
- mesure de pression sur la ligne artérielle et veineuse
- lors de pontage coronarien la décharge du cœur gauche par le vent de la racine aortique est effectuée par gravité pendant le clampage aortique (chirurgie cardiaque à cœur fermé)
- fonctionnement à la demande de l'aspiration du champ opératoire
- traitement de surface (Phosphorylcholine, Dideco)
- volume d'amorçage résiduel de 500 ml

Group 3 (Fig. 3):

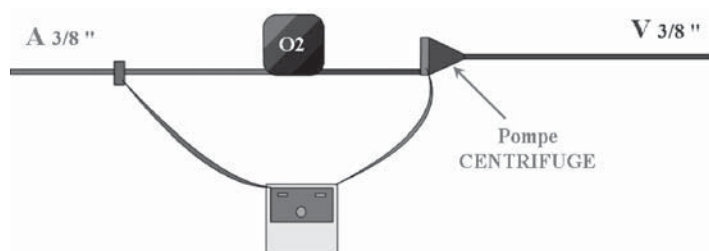
- oxygénateur EOS D 905, (Dideco) de 1.1 m² de surface de contact
- pompe systémique à galets (Stöckert)
- le circuit de CEC passe près de l'épaule du patient
- détecteur de niveau sur le réservoir veineux
- ligne veineuse de diamètre 3/8 "

Nous avons remarqué, que le diamètre de _ " de la ligne veineuse est trop grand pour la majorité des patients. Une décharge veineuse trop rapide pendant la CEC peut provoquer des mouvements de battement de la ligne veineuse (phénomène de succion alternatif de la paroi de l'oreillette droite par la canule veineuse), ce phénomène est un des facteurs déclenchant de la réaction inflammatoire post-CEC. Afin de supprimer ces mouvements, le perfusionniste clampé en partie cette ligne et crée de manière artificielle par ce geste, un calibre veineux de diamètre ± 3/8 ". Certains systèmes de CEC utilisent un veineux de diamètre 3/8" (Fig. 4), par exemple, CORx. System, (CardioVention, Santa Clara, CA, USA), Restring Heart™ System (Medtronic, Minneapolis, MN, USA), Synergy, (COBE, Cardiovascular, Arvada, CO, USA), Extracorporeal Circulation Optimized (ECC.O) System, (Dideco), JOSTRA Minimal Extra-Corporeal Circulation (MECC) System, (Maquet Critical Care, Rastatt, Allemagne).

- ligne artérielle de diamètre 3/8 "
- Depuis 2005, le filtre artériel D734, (Dideco) a été remplacé par le filtre artériel pédiatrique D733, (Dideco). Cela a permis une réduction supplémentaire de 100 ml du volume d'amorçage.
- Vacuum Assisted Venous Drainage (VAVD) Polystan, (Maquet Critical Care, Allemagne)

L'utilisation de manière optimale du retour veineux avec le système VAVD dépend en priorité du choix de la

Figure 4



canule veineuse et de son positionnement. Les canules veineuses atriocaves de diamètre réduit ont comme inconvénient de glisser dans la veine cave inférieure pendant l'intervention chirurgicale et nécessitent l'application par le système VAVD d'une dépression plus élevée dans le réservoir veineux. Il est important de choisir une canule veineuse armée dont le diamètre est adapté à l'oreillette droite avec un design de la cage centrale éliminant le phénomène de succion massive de la paroi de l'oreillette droite. Les canules dont les orifices de la cage centrale sont suffisamment grands et désaxés permettent avec une régulation adaptée du VAVD de supprimer ces phénomènes (Fig. 5). Le but de l'introduction du VAVD dans notre stratégie de développement de la CEC, est de supprimer la surface inutile de la CEC, de réduire le diamètre de la ligne veineuse, de placer l'ensemble (oxygénateur, réservoir veineux et pompes) à la hauteur de l'épaule du patient (Fig. 6,10).

Le drainage veineux est conditionné par le diamètre interne de la canule veineuse et par la différence de hauteur entre le patient et réservoir veineux de la CEC, étant donné que le diamètre interne de la cage centrale d'une canule veineuse atriocave de 33-43 Fr (TF3343O; Edwards Lifesciences, Irvine, CA, USA) correspond au diamètre d'une ligne veineuse de 3/8"

il n'est donc pas nécessaire d'utiliser un diamètre veineux de 1/2 ". Pour placer l'ensemble oxygénateur, réservoir veineux et les pompes à la hauteur de l'épaule du patient il faut simplement remplacer le drainage veineux par gravité par un drainage veineux assisté (VAVD). Avec une canule veineuse appropriée et une ligne veineuse de diamètre 3/8 ", la dépression appliquée dans le réservoir veineux par le système VAVD doit simplement remplacer la dépression exercée par un drainage veineux par gravité sur une ligne veineuse de diamètre 1/2 ". Par exemple, pour un débit de la pompe systémique de 4.5 à 5 litres / minute avec un canule veineuse de 33-43 Fr (TF3343O; Edwards) et une ligne veineuse de diamètre 3/8 ", la dépression appliquée dans le réservoir veineux par le système VAVD est de - 25 mmHg.

- Positionnement de l'ensemble oxygénateur et réservoir veineux pratiquement à la hauteur de l'épaule du patient (Fig. 6)
- lors de pontage coronarien la décharge du cœur gauche par le vent de la racine aortique est effectuée par le système VAVD, la dépression exercée dans la racine aortique est égale à celle appliquée dans le réservoir veineux (chirurgie cardiaque à cœur fermé)
- mesure de pression sur la ligne artérielle et veineuse
- fonctionnement à la demande de l'aspiration du champ opératoire
- traitement de surface (Phosphorylcholine, Dideco)
- volume d'amorçage résiduel de 250 ml

Pour les trois groupes la CEC a été réalisée en normothermie avec une cardioplégie intermittente au sang basée sur une concentration de potassium et de magnésium (Cardioplégie A.M Calafiore modifiée). L'aprotinine (Trasylo; Bayer Health Care, Wuppertal,

Table II ; Données Cliniques et Chirurgicales

	Groupe 1	Groupe 2	Groupe 3	P-value
Age moyen (ans)	66.1 (±8.3)	60.4 (±9.1)	67.9 (±8.8.)	10.006, 20.347, 30.005
Score de Parsonnet	14.2 (±8.5)	13.8 (±6.9)	23.2 (±10.4)	1 NA, 2 NA, 30.0008
Hémoglobine avant CEC (gr / %)	11.8	12.3	11.3	10.136, 20.117, 3<0.008
Durée de la CEC (min)	124.4 (±26.5)	111.8 (±23.6)	112.2 (±29.5)	10.064, 20.061, 30.884
Débit moyen de la CEC (litre / min)	4.5 (±0.5)	4.4 (±0.4)	4.3 (±0.2)	10.399, 20.045, 30.168
Nombre d'anastomoses	4.3 (±0.9)	4.0 (±0.7)	5.2 (±1.9)	10.164, 2<0.0001, 3<0.0001

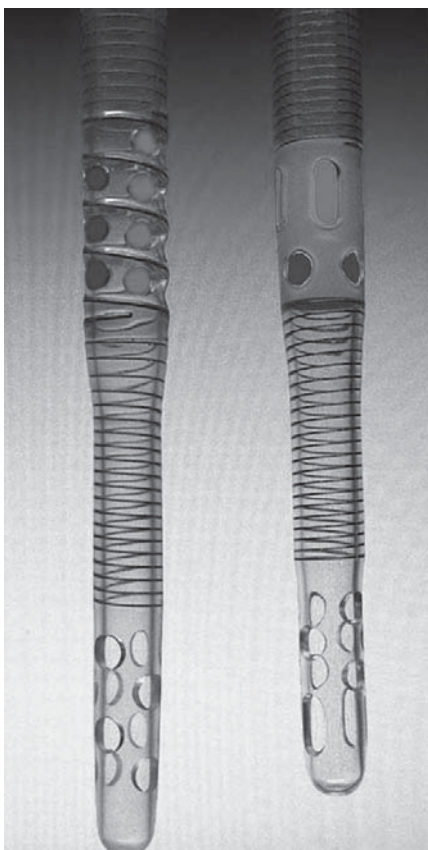
1 comparaison Groupe 1 vs. Groupe 2

2 comparaison Groupe 1 vs. Groupe 3

3 comparaison Groupe 2 vs. Groupe 3

Toutes les valeurs sont exprimées comme moyenne +/- DS; p<0.05 est significatif

Figure 5



Allemagne) a été administrée à tous les malades selon le protocole ROYSTON [11-13]. L'aprotinine ajoutée au volume d'amorçage de la CEC (2.106 U.I.K. = 200 ml) faisait partie du volume d'amorçage résiduel.

3. Résultats

L'analyse statistique a été réalisée par le test non paramétrique de Mann-Whitney, les données des patients sont résumées dans la Table 2 et Table 3.

Le taux de transfusion sanguine dépend des valeurs de l'hémoglobine (Fig. 7):

Groupe 2 : 12% des patients ont été transfusés dans ce groupe, deux patients ont reçu 1 unité et un patient 2 unités le 1er jour postopératoire.

Groupe 3 : 12% des patients ont été transfusés dans ce groupe, deux patients ont reçu chacun 1 unité en préopératoire et un patient 1 unité le 1er jour postopératoire, la valeur de l'Hb était la plus basse en préopératoire dans ce groupe, bien qu'elle soit la plus élevée le troisième jour postopératoire.

La variation de la numération plaquettaire est visible dans la figure 8. Le Groupe 1 avait la valeur la plus élevée en préopératoire, mais la valeur la plus basse en post-CEC. Le Groupe 3 est celui dont les valeurs ont peu varié avec la CEC. La numération plaquettaire est un paramètre de la coagulation qui ne reflète pas seulement l'hémodilution du patient mais aussi les degrés du trouble de l'hémostase. Ainsi, la CEC compact offre la meilleure modalité dans les deux cas.

Table III : Résultats

	Group 1	Group 2	Group 3	P-value
Durée de ventilation postopératoire (min)	508.0 (±325.0)	228.0 (±108.5)	194.6 (±39.2)	1<0.0001, 2<0.0001, 30.396
Pertes sanguines (ml)	489.2 (±196.4)	328.2 (±131.3)	236 (±39.6)	10.0007, 2<0.0001, 30.0008
Séjour à l'USI (jours)	3.6	2.5	1.9	10.0001, 2<0.0001, 30.0015
Proportion des patients transfusés (%)	26	12	12	
Nombre moyen d'unité par patients	0.4 (±0.7)	0.2 (±0.5)	0.1 (±0.3)	10.157, 20.130, 30.959
Nombre d'unité de plaquettes par patient	1	0	0	

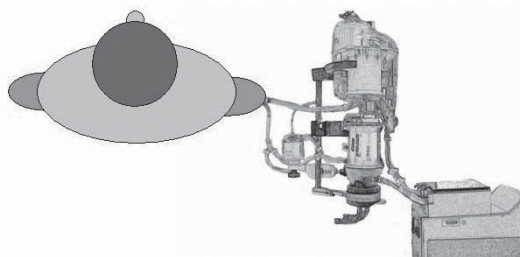
1 comparaison Groupe 1 vs. Groupe 2

2 comparaison Groupe 1 vs. Groupe 3

3 comparaison Groupe 2 vs. Groupe 3

Toutes les valeurs sont exprimées comme moyenne +/- DS; $p < 0.05$ est significatif

Figure 6



En postopératoire les taux de lactate déshydrogénase (LDH) (Fig. 9), reflétant le degré de l'hémolyse, de la malperfusion tissulaire et de l'ischémie, sont moins prononcés dans le Groupe 3.

Pour les trois groupes, le volume sanguin en excès dans le réservoir veineux est isolé dans des poches de transfert dès le début de la CEC et réinfusé au patient en post-CEC par l'anesthésiste. Le système d'auto transfusion (Electa, Dideco) a été utilisé pour les trois groupes, les pertes sanguines étant peu importantes le volume de globules rouges concentré réinfusé au patient en postopératoire ne dépassait pas 320 ml.

4. Discussion

Depuis la première utilisation des CEC, au milieu des années '50, il y a eu plusieurs améliorations dans le domaine des techniques de perfusion extracorporelle. La chirurgie de revascularisation myocardique sous CEC est une procédure fiable, et malgré l'enthousiasme qu'a suscité la technique de pontage coronarien à cœur battant, la technique de revascularisation sous CEC demeure la technique de choix pour la chirurgie de pontage coronarien, ainsi des progrès continus ayant pour objectif la réduction de la réponse inflammatoire constitueront le seul garant d'une amélioration de cette technique.

Cette réaction inflammatoire est la conséquence de

Figure 7

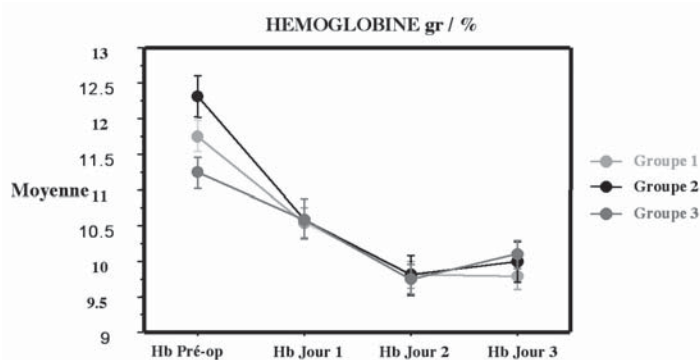
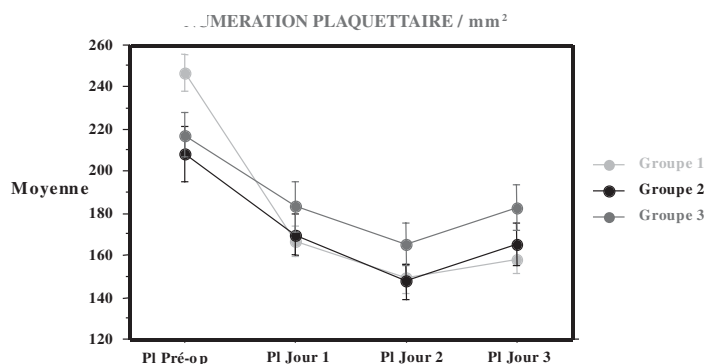


Figure 8

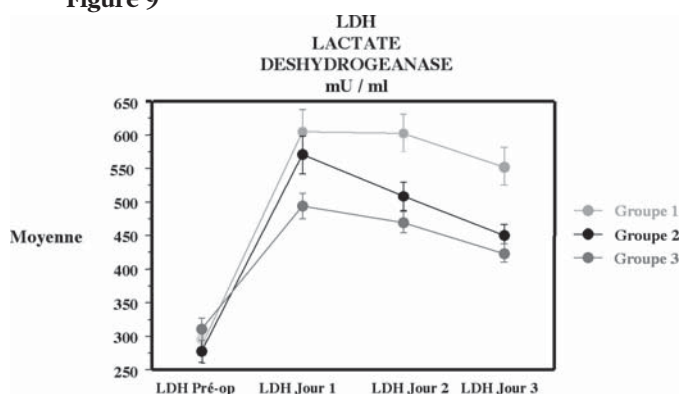


l'agression chirurgicale, du contact sanguin avec les différentes surfaces du circuit de CEC, du clampage aortique et du syndrome d'ischémie-reperfusion. Les lésions tissulaires sont médiées par l'activation de différents éléments : cytokines, complément, macrophages et le système de coagulation fibrinolyse [1].

À côté des avancées dans le domaine de biocompatibilité des matériaux, des efforts se sont concentrés à réduire le volume d'amorçage. Cependant, malgré tous les progrès historiques, les complications de la CEC (réponse inflammatoire, troubles de la coagulation, hémolyse et hémodilution) demeurent importantes et responsables de dommages tissulaires particulièrement (neurologiques, dysfonction d'organe et troubles d'hémostase). Ainsi différentes stratégies ont été mises au point pour maîtriser les complications liées à la CEC et aux implications cliniques sérieuses.

Le concept de mini CEC constitue une stratégie efficace pour la réduction des inconvénients liés à la CEC conventionnelle, et ceci en minimisant l'hémodilution, en réduisant l'interface air sang et sang circuit. Ces systèmes sont basés sur le principe d'un circuit clos minimisant ainsi tous les contacts. Les seuls composants actifs sont, les canules, la pompe centrifuge et l'oxygénateur à membrane (qu'ils soient séparés ou intégrés). L'hémodilution et le traumatisme des cellules sanguines sont largement réduits sur ces types de circuit comparés aux circuits standards de CEC, et ceci a été démontré par le faible taux de libération d'IL-6, de TNF- α et d'élastase chez les patients bénéficiant de circuit de Mini-CEC [6, 10]. Ces systèmes offrent une alternative efficace aux circuits standards de CEC, mais ils sont confrontés à une moins bonne efficacité de trappage d'air. L'entrée d'air dans le circuit survient le long des lignes

Figure 9



veineuses suite à une erreur chirurgicale comme une insuffisance de serrage des bourses veineuses, plaies atriales ou de déconnection de lignes. De grands volumes d'air (comme lors de déconnection de lignes) peuvent entraîner l'arrêt de la pompe et ainsi la nécessité de le réamorcer sans délai. En dépit de la rareté de survenue de tel événement, des mesures de sécurité sont à ajouter à ce type de circuit. Ceci inclus l'adjonction d'alarme de bulles d'air, de filtre sur les lignes veineuses et de système électronique permettant l'asservissement de la rotation de la pompe systémique par rapport à la pression négative d'aspiration de la ligne veineuse. Certains circuits de mini CEC sont munis d'oxygénateurs et de filtres artériels spéciaux (dont la surface de contact correspondant au profil du patient) offrant ainsi une sécurité accrue pour une utilisation très restreinte.

Notre objectif a été de réduire ces complications tout en assurant une simplicité d'utilisation et une réduction des surfaces de contact du circuit. Il y a donc une courbe d'apprentissage qui semble facile et seulement quelques modifications sont à apporter pour l'installation de tel circuit compact.

Un avantage supplémentaire est représenté par une moindre réduction du taux d'hémoglobine dans le groupe CEC compact (Group 3) et ainsi un moindre taux de transfusion.

Plusieurs études ont démontré que des taux d'hématocrite élevés durant la CEC sont associés à des taux plus faibles de mortalité hospitalière après ajustement des différences préopératoires [7]. Le taux de mortalité des patients transfusés est deux fois plus important que celui des non transfusés [8]. Une étude récente a montré que pour chaque baisse de 1% sur le taux d'hématocrite, il en résulte une majoration de 10% du risque de développer un événement cérébrovasculaire [9].

Les pratiques standards suggèrent l'administration de 200 ml d'aprotinine (Trasylol, Bayer- Allemagne) dans le volume d'amorçage comme décrit dans le protocole de ROYSTON [13] (2.106 U.I.K. = 200 ml) afin de compenser l'hémodilution induite par la CEC. En conséquence à la réduction considérable du volume d'amorçage résiduel à 250-350 ml avec la CEC compact, des réductions peuvent être réalisées sur les volumes d'aprotinine ajoutés dans la CEC.

Les résultats précoces de la morbidité péri-opératoire de la chirurgie de revascularisation coronarienne sous CEC sont très encourageants. En rendant plus compact les circuits de CEC, et en réduisant le volume d'amorçage, l'objectif est d'optimiser la qualité de circulation du sang et de réduire l'intensité de la réponse inflammatoire. Cela nécessite l'utilisation de système traité en surface, de réduire l'interface air sang, la surface de contact de l'oxygénateur, le volume d'amorçage, la longueur du circuit, le diamètre de la ligne veineuse, l'utilisation du VAVD, le placement de l'ensemble oxygénateur-réservoir veineux au niveau de l'épaule du malade et d'isoler dans des poches de transfert le volume de sang se trouvant en excès dans le réservoir veineux dès le début de la CEC.

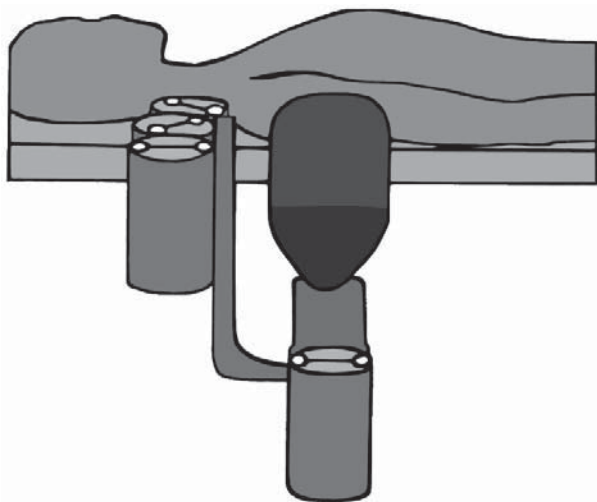
L'optimisation de la CEC a un impact direct sur le postopératoire des patients. Cette stratégie de développer la CEC permet d'élargir les indications pour des patients fragiles et plus compliqués. Les résultats avec la CEC Compact sont encourageants et répondent aux inconvénients des circuits standards. Depuis 1977, cette approche a été appliquée par plusieurs hôpitaux avec une courbe d'apprentissage facile et une utilisation aisée. Cependant de larges études randomisées et prospectives s'avèrent nécessaires afin de confirmer ces conclusions.

Nous utilisons couramment cette approche chez nos patients. Le choix de l'oxygénateur et du réservoir veineux est pris en fonction de la surface corporelle. Ainsi pour une surface corporelle inférieure ou égale à 1,9 m², le volume d'amorçage résiduel est de 250 ml, et il est de 350 ml pour des surfaces corporelles supérieures à 1,9 m².

5. Objectifs futurs

1. Elimination du contact air/sang par la création de nouveaux réservoirs veineux VAVD qui peuvent s'utiliser en système fermé ou ouvert selon les besoins

Figure 10



de l'utilisateur. Ils devraient être disponibles dans les 2 à 5 ans, la difficulté est de créer un réservoir veineux sans augmenter le volume d'amorçage ni la surface de contact sang/matériaux.

2. Améliorer le design des oxygénateurs à membrane afin de réduire la surface de contact sang/matériaux en conservant leurs performances et sans augmenter le gradient de pression en amont et en aval de l'oxygénateur.

3. Depuis 1995 mon objectif est de concevoir une CEC ayant un support permettant l'installation à distance de la console de l'oxygénateur, du réservoir veineux VAVD, des différentes pompes externes et de placer le tout à la hauteur de l'épaule du patient (Fig. 10). En septembre 2007, cet objectif a été atteint l'ensemble est au niveau de l'épaule du patient, il en résulte une réduction de $\pm 50\%$ de la longueur des lignes d'aspirations. Ce concept de CEC permet une approche différente de la chirurgie valvulaire ou pédiatrique.

4. Entreprendre de larges études prospectives randomisées comparant les mini-CEC à la CEC Compact en terme réponses inflammatoires et l'intensité des troubles de la coagulation.

5. l'ultime objectif est de prouver que la réduction de surface, de l'espace inutile, de l'interface air sang, du priming de la CEC est comparable à une réduction du temps de CEC.

6. Références

1. Butler J, Rocker GM, Westaby S. Inflammatory

response to cardiopulmonary bypass. *Ann Thorac Surg* 1993;55:552-9.

2. Bracey AW, Radovancevic R. The hematologic effects of cardiopulmonary bypass and the use of hemotherapy in coronary artery bypass grafting. *Arch Pathol Lab Med* 93;118:411-6.

3. Williamson LM, Lowe S, Love EM, Cohen H, Soldan K, McClelland DBL, Skacel P, Barbara JAJ. Serious hazards of transfusion (SHOT) initiative: analysis of the first two annual reports. *Br Med J* 1999; 319:16-19.

4. Moulton MJ, Creswell LL, Mackey ME, Cox JL, Rosebloom M. Reexploration for bleeding is a risk factor for adverse outcomes after cardiac operations. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1996; 111:1037-46.

5. Hessel EA, Hill AG. Circuitry and cannulation techniques. In: Gravlee GP, Davis RF, Kurusz M, Utley J, ed. *Cardiopulmonary bypass: principles and practice*. 2nd ed. Philadelphia (PA): Lippincott Williams and Wilkins; 2000. p. 69-97.

6. Fromes Y, Gaillard D, Ponzio O, Chauffert M, Gerhardt MF, Deleuze P, Bical OM. Reduction of the inflammatory response following coronary bypass grafting with total minimal extracorporeal circulation. *Eur J Cardiothorac Surg*. 2002; 22 :527-33.

7. DeFoe GR, Ross CS, Olmstead EM, Surgenor SD, Fillinger MP, Groom RC, Forest RJ, Pieroni JW, Warren CS, Bogosian ME, Krumholz CF, Clark C, Clough RA, Weldner PW, Lahey SJ, Leavitt BJ, Marrin CA, Charlesworth DC, Marshall P, O'Connor GT. *Ann Thorac Surg* 2001; 71 :769-76

8. Engoren MC, Habib RH, Zacharias A, Schwann TA, Riordan CJ, Durham SJ. *Ann Thorac Surg* 2002; 74 :1180-1186

9. Karkouti K, Djaiani G, Borger MA, Beattie WS, Fedorko L, Wijeyesundera D, Ivanov J, Karski J. *Ann Thorac Surg* 2005; 80 :1381-7

10. Borrelli U, Detroux M, Nackers P. Impact on the inflammatory reaction by optimization of the extracorporeal circulation in cardiac surgery. *Biomedical Journal, Innovation and Technology in Biology and Medicine*; Editions Scientific and Medical Elseviers, November 2003 – Vol. 24 – Suppl. 1 – p. 80s

11. Calafiore AM, Teodori G, Mezzetti A et al. Intermittent antegrade warm blood cardioplegia. *Ann Thorac Surg* 1995 ; 59 : 398-402

12. Borrelli U, Detroux M, Nackers P. Comparison of the troponin I levels during coronary artery bypass graft in cardiac surgery procedures, realised with and without extracorporeal circulation. *Biomedical Journal. Innovation and Technology in Biology and*

Medicine; Editions Scientific and Medical Elseviers, November 2003 – Vol. 24 – Suppl. 1 – p. 79s

13. Janvier G, Lehot J-J. *Circulation extracorporelle: principes et pratique; Arnette Groupe Liaisons S.A. 2000, p. 167*