

LA DÉRIVATION SYSTOLIQUE DES CIRCULATIONS EXTRA-CORPORELLES PRINCIPE, APPAREILLAGE ÉTUDE EXPÉRIMENTALE

PAR J.-M. PAOLI, C. MALMEJAC, C. CHICHET,
M. NOIRCLERC, V. DOR ET J. HOUËL *

A la fin d'une intervention à cœur ouvert, entre le moment où, le cœur étant exclu, la circulation extra-corporelle (C.E.C.) assure la totalité du débit périphérique de l'organisme et celui où, la C.E.C. étant arrêtée, ce même débit est assuré entièrement par le cœur, il existe une phase intermédiaire pendant laquelle la perfusion, parce qu'elle est continue, se fait forcément à contre-courant par rapport à l'éjection ventriculaire.

Si le myocarde ne dispose pas alors d'un excédent de puissance, il peut souffrir de cette compétition, et même de façon irréversible si la situation se prolonge.

Afin de transformer l'injection continue des C.E.C. chirurgicales usuelles en injection diastolique, on peut ouvrir un shunt au moment de la systole entre la ligne artérielle et le circuit intermédiaire de la C.E.C., la pompe de la C.E.C. est alors court-circuitée pendant que le cœur se contracte. Par la création d'une perte de charge dans le circuit artériel on provoque une diminution de la résistance à l'éjection ventriculaire gauche, tandis que la C.E.C. est « dérivée » pendant la systole : d'où le nom du procédé.

Conçue comme un dispositif d'assistance cardiaque chirurgicale, la dérivation systolique d'une circulation extra-corporelle pourra être également employée en assistance cardiaque médicale.

Les bases physiologiques. Principe de la dérivation systolique des C.E.C.

Pour assister le cœur par une C.E.C., il faut réaliser un apport d'énergie au système cardio-vasculaire (c'est-à-dire injecter du sang oxygéné dans le lit artériel) de façon telle que la fonction cardiaque soit facilitée, c'est-à-dire le travail du cœur diminué.

Si la première de ces deux conditions est facile à réaliser, nous verrons que la seconde ne l'est pas par les C.E.C. habituelles, conçues pour remplacer le cœur et non pour l'assister. Il est donc nécessaire de connaître les phénomènes qui régissent le travail du cœur, bases de toute assistance circulatoire par C.E.C.

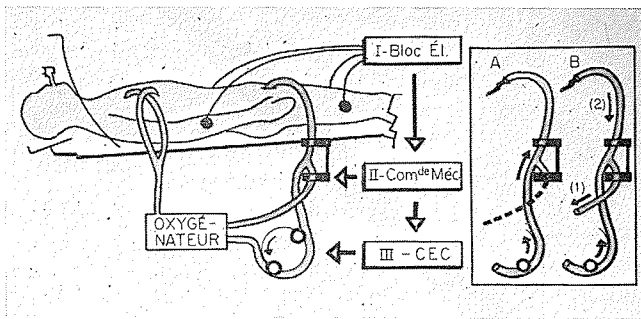
A - LE TRAVAIL DU CŒUR.

Les dépenses énergétiques du cœur peuvent comporter ou non un effet mécanique direct :

- par définition, les dépenses sans effet mécanique « basales » ne peuvent être réduites par une assistance circulatoire;
- les dépenses avec effet mécanique (travail du cœur) peuvent être évaluées par la mesure des phénomènes hémodynamiques produits par les systoles ventriculaires.

1. *D'un point de vue chronologique*, l'ensemble du travail mécanique se fait au moment de la contraction des ventricules, c'est-à-dire pendant les 0,27 s qui séparent l'apparition de l'onde R de l'électrocardiogramme (début de l'activation du myocarde) de la fermeture des valvules sigmoïdes (fin de l'éjection ventriculaire), ceci pour une fréquence cardiaque de 60 à 80 par minute.

* Chaire de chirurgie thoracique (Pr. J. Dor), Faculté de Médecine de Marseille, Département de chirurgie cardiaque (Pr. J. Houël), Hôpital Salvator, 249, chemin de Sainte-Marguerite, 13 - Marseille (IX^e).



I/ I : Bloc électronique de synchronisation : impulsion d'origine (onde R de l'E.C.G. ou Pace Maker) et réglage de la durée. - II : Commande mécanique : ouverture et fermeture du shunt. - III. C.E.C. : perfusion diastolique (A), dérivation systolique (B, 1), avec ou sans retour artériel (2).

2. D'un point de vue qualitatif, il faut distinguer, lors de l'éjection d'un volume systolique V_s , le travail cinétique et le travail de pression.

— Le travail cinétique :

$$W_k = \frac{1}{2} \rho V_s U^2 \quad (1)$$

est peu important en ce qui concerne les assistances circulatoires parce que faible en valeur absolue : moins de 4 % de l'ensemble du travail mécanique du cœur. Il diminue proportionnellement au débit du sang dérivé.

— Le travail de pression :

$$W_p = V_s \Delta P \quad (2)$$

$$\Delta P = P_s - P_r;$$

P_s : pression systolique dans la cavité d'éjection : aorte pour le ventricule gauche, artère pulmonaire pour le ventricule droit;

P_r : pression de remplissage, auriculaire, faible par rapport à P_s .

3. D'un point de vue quantitatif, le travail de pression est assuré à raison de 80 % par le ventricule gauche et de 20 % par le ventricule droit, le travail des oreillettes étant négligeable.

B - TRAVAIL DU CŒUR ET ASSISTANCES CIRCULATOIRES.

Une assistance circulatoire par C.E.C. peut donc agir sur deux facteurs :

1. *Le volume systolique*, V_s : il peut être diminué directement par drainage du ventricule que l'on veut assister (dispositif peu utilisable), ou indirectement par shunt « amont-aval ».

2. *La pression systolique* au niveau de la cavité d'éjection : Artère pulmonaire (AP) ou Aorte (Ao) :

a) La pression aortique normale :

Au clocher systolique provoqué par l'éjection ventriculaire va succéder une chute de pression dans l'ensemble de forme exponentielle en fonction du temps, qui correspond au débit aortique dans les artères périphériques. La pression diastolique aortique tend donc vers un minimum qui correspond à une certaine valeur des résistances périphériques et la systole suivante correspond à un certain niveau de la courbe tensionnelle, qui est le plus bas possible pour une fréquence cardiaque donnée.

b) Pression aortique et injection intra-artérielle continue :

Les C.E.C. veino-artérielles dérivent une partie du sang passant par le cœur : il y a donc un effet d'assistance proportionnel à la diminution du volume systolique.

Mais lorsque le sang dérivé est réinjecté de façon continue (*) dans le lit artériel, le niveau tensionnel moyen où survient la systole est plus élevé qu'à la fin d'une diastole normale. Le travail mécanique est alors augmenté d'autant pour la fraction du volume systolique non dérivé. Il y a alors apparition d'un travail résistant provoqué par la C.E.C. et diminution de l'effet d'assistance *en ce qui concerne* le myocarde, car le débit périphérique reste assuré par la C.E.C. proportionnellement à son débit.

De plus le débit coronaire est diminué comme nous le verrons plus loin.

C - DÉRIVATION SYSTOLIQUE DES C.E.C.

Si l'on « dérive » l'injection de la C.E.C. au moment de la systole par l'ouverture d'un shunt, on a un double bénéfice :

— l'injection de la C.E.C. est interrompue et c'est déjà un gain par rapport au type d'injection précédent;

— on crée une perte de charge dans le système artériel, synchrone à l'éjection ventriculaire : non seulement celle-ci n'est plus freinée puisque l'injection est interrompue, mais encore elle est facilitée par diminution de la résistance.

La contrepartie est un débit artériel négatif, c'est-à-dire une fuite sanguine systolique vers le réservoir de retour de la C.E.C., fuite qui sera rattrapée par la pompe pendant la diastole.

L'appareillage

Il comprend (fig. 1) une commande électronique de synchronisation, une commande mécanique d'ouverture et fermeture du shunt, et le circuit extra-corporel.

1° LA COMMANDE ÉLECTRONIQUE (fig. 2).

Son rôle est de fournir les ordres d'ouverture et de fermeture correspondant respectivement au début et à la fin de la systole ventriculaire. Elle comprend :

- un bloc électrocardiographique chargé de capter le signal d'origine (la synchronisation peut aussi être assurée artificiellement par un Pace Maker) ;
- un cardiatochymètre qui extrait de l'E.C.G., au besoin après filtrage, une impulsion marquant le début de la systole ventriculaire, avec lequel l'ouverture du shunt sera synchronisée ;
- un relais de dérivation, qui transforme ce signal d'origine en une impulsion rectangulaire, dont la durée est réglée sur l'oscilloscope en fonction

(*) Les pompes à galet utilisées de façon courante sont à injection discontinue (entre deux passages du galet, il y a une chute de pression), mais asynchrones par rapport à la révolution cardiaque. Leur débit moyen est donc continu et peut être représenté par une droite horizontale pour un régime constant.

de la courbe de pression artérielle par la coïncidence de la fin du signal rectangulaire synchrone et de l'accident tensionnel sur lequel on veut se régler.

2° LA COMMANDE MÉCANIQUE (fig. 3).

Le shunt et la ligne artérielle sont en tygon, matière plastique souple permettant un écrasement rapide et sans dommage : ceci fait par l'intermédiaire d'un petit vérin d'automatisme actionné par air comprimé et contrôlé par une électrovanne dépendant du relais électronique.

Cette commande électropneumatique (fig. 3) permet donc l'ouverture du shunt (et si nécessaire la fermeture de l'artère pendant la systole et l'inverse pendant la diastole).

La mise en jeu de cet appareillage (expérimental) est extrêmement rapide. Les cadences obtenues au banc sont supérieures à 240 par minute. L'inertie, déjà très faible, peut être compensée à volonté. Le temps d'ouverture et de fermeture est inférieur à 0,04 s.

3° LE CIRCUIT EXTRA-CORPOREL.

De nombreux montages sont possibles. De toutes manières, ils comportent obligatoirement une voie de retour, une voie d'injection et le shunt de dérivation.

a) Les voies de retour.

Placées en amont des poumons, les canulations

veineuses peuvent être thoraciques ou périphériques. Le sang veineux qui parvient à la C.E.C. doit obligatoirement passer par un oxygénateur. Mais le sang de retour peut être prélevé *en aval* des poumons, en particulier par la canulation artérielle, pendant l'ouverture systolique du shunt. Dans ce cas, ni les canulations veineuses, ni l'oxygénation ne sont nécessaires.

b) La voie d'injection et le shunt.

La ligne d'injection fait suite à la pompe de C.E.C. Cette ligne se bifurque pour aller, d'une part, à la canulation artérielle et, d'autre part, par l'intermédiaire du shunt, au circuit extra-corporel en amont de la pompe d'injection qui est ainsi court-circuitée.

c) Dans l'ensemble, quel que soit le type de circuit, il y a perfusion ou injection diastolique par fermeture du shunt, et dérivation systolique de la C.E.C. par son ouverture.

Un de nos montages expérimentaux est représenté sur la figure 4 a.

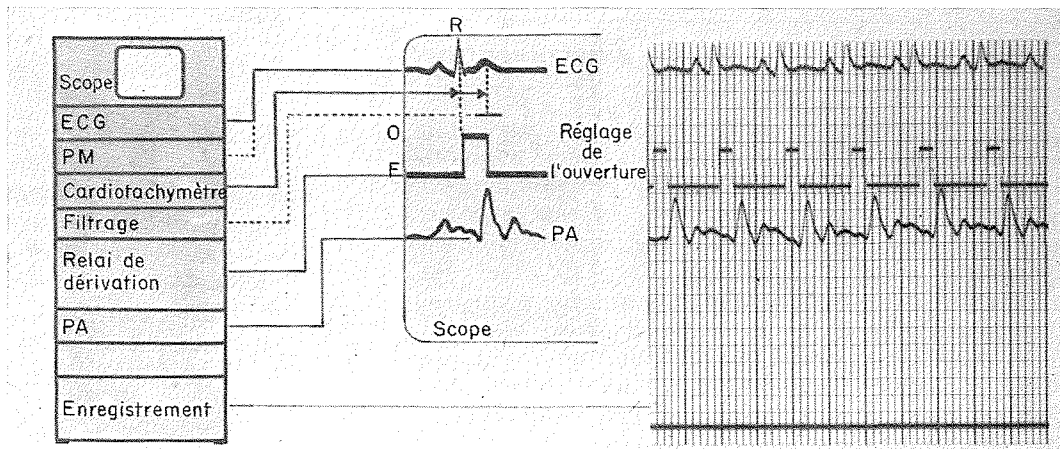
4° LES TYPES D'ASSISTANCE (fig. 4 b).

Trois types d'assistance sont possibles, suivant le type de circuit :

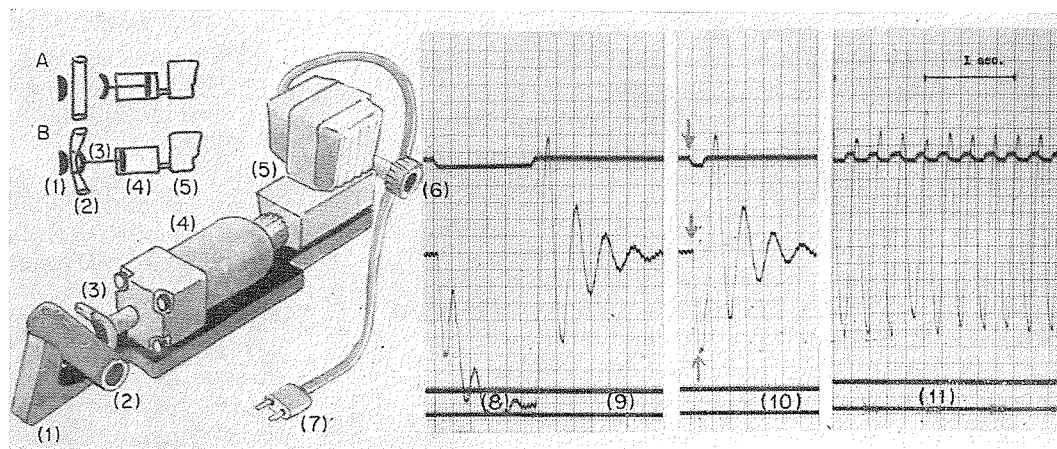
a) Assistance gauche, ou artério-artérielle.

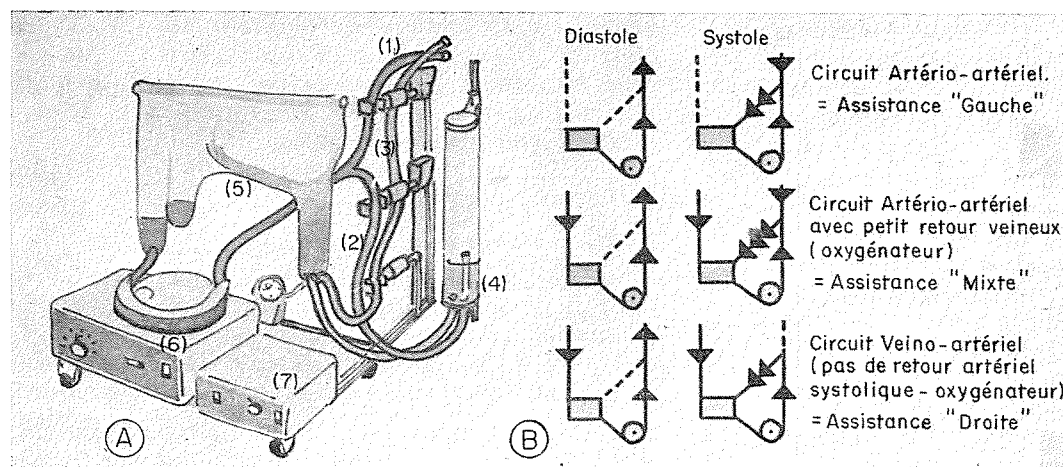
Le retour est artériel et systolique, il se fait par le shunt, en même temps que la dérivation de la C.E.C., vers le réservoir de retour. Il n'y a pas de retour veineux, ni d'oxygénateur.

2/ L'onde R de l'E.C.G. marquant le début de la systole ventriculaire, sélectionnée par le cardi tachymètre, et après filtrage si nécessaire, est transformée en une impulsion rectangulaire de durée réglable; le calage de la fermeture se fait d'après la courbe tensionnelle. L'impulsion d'origine peut être naturelle (E.C.G.) ou artificielle (Pace Maker).



3/ La commande électro-pneumatique permet la fermeture du shunt par compression, et inversement. A : Ouverture. - B : Fermeture. (1), butoir; (2), tubulure; (3), piston et écraseur; (4), cylindre du vérin; (5), électrovanne et son alimentation en air comprimé (6) et en 220 (7). Les courbes sont enregistrées au banc d'essai : ouverture du shunt (8), fermeture (9), ouverture puis fermeture rapprochées (10), et en série, à 240 mn (11).





4/ A. C.E.C. expérimentale. - B. (1). Ligne artérielle. - (2). Shunt, branché ici sur le réservoir de retour. - (3). Ligne veineuse. - (4). Réservoir de retour. - (5). Oxygénateur (RYGG). - (6). Pompe d'injection. - (7). Commande électronique d'ouverture du shunt.

b) Assistance mixte ou intermédiaire.

A un circuit artério-artériel peut être adjoind un petit retour veineux de décharge comportant obligatoirement une oxygénation : c'est une assistance mixte, à la fois droite et gauche, avec la possibilité de tous les intermédiaires.

c) Assistance droite.

Le retour veineux peut avoir un débit très important. Il est inutile alors de créer une fuite systolique artérielle synchronisée (embolie pulmonaire, par exemple). La ligne d'injection artérielle est donc fermée pendant l'ouverture du shunt, et inversement.

débit égal, le travail est diminué si la pression artérielle est abaissée (ouverture du shunt pré-systolique) et si la résistance est diminuée (ouverture du shunt synchrone à la systole ventriculaire).

2. LA POMPE D'INJECTION DE LA C.E.C.

Son débit est positif (injection) quand le shunt est fermé. Il dépend alors du réglage ($N_{C.E.C.}$) qui se fait d'après le niveau dans le réservoir de retour de l'oxygénateur.

Son débit est nul quand le shunt est ouvert, c'est-à-dire au moment de chaque systole (la durée totale de la dérivation est donc fonction de la fréquence cardiaque) et pour la durée d'ouverture du shunt.

3. LE SHUNT.

En diastole, il est fermé : son débit est nul. En fait il est intéressant, pour tenir compte des périodes transitoires, de fermer le shunt avant la fin de la systole (phase d'éjection lente du ventricule gauche) et de l'ouvrir avant la fin de la diastole.

En systole, l'ouverture du shunt provoque trois phénomènes (sous réserve d'un calibre suffisant) :

- a) L'injection de la pompe est dérivée vers le circuit intermédiaire de la C.E.C.;
- b) L'éjection ventriculaire gauche est facilitée par diminution de la résistance : à la perte de charge provoquée par l'ouverture du shunt s'ajoute l'effet de siphonage de la tubulure, fonction de la différence de niveau entre le circuit corporel et le réservoir de retour;
- c) Si l'ouverture du shunt se fait un peu avant la systole ventriculaire, on a une chute de la pression aortique présystolique qui diminuera d'autant le travail du ventricule gauche.

4. LA LIGNE ARTÉRIELLE.

En diastole, l'injection est effective. En pratique, dès que le shunt est fermé, le débit de la pompe d'injection étant constant, le débit diastolique est de forme rectangulaire, de hauteur (y) proportionnelle au débit de la pompe, de longueur (x) égale à la durée de la diastole, ceci évidemment pour une révolution cardiaque. Il y a donc intérêt à diminuer la fréquence cardiaque N_C pour augmenter le rendement.

Étude expérimentale

ETUDE MÉCANIQUE.

Circuit corporel et circuit extra-corporel comportent un certain nombre d'éléments directement en rapport. Pour savoir ce que l'on peut espérer d'un tel circuit, on doit étudier les moteurs en conflit : ventricule gauche et pompe de C.E.C., et les connexions : shunt, ligne d'injection, ligne veineuse, réservoir aortique (le ventricule droit est placé en série avec le ventricule gauche par l'intermédiaire de la résistance pulmonaire). Chacun de ces éléments doit être étudié au point de vue hémodynamique pendant la systole et la diastole.

1. LE VENTRICULE GAUCHE.

- en diastole, il est isolé du lit artériel par la fermeture des sigmoïdes (sauf incontinence valvulaire qui pose des problèmes particuliers);
- en systole, le débit ventriculaire gauche est d'abord diminué du volume dérivé en amont du ventricule gauche, c'est-à-dire du débit du retour veineux.

Le travail demandé au ventricule gauche est proportionnel à la fréquence cardiaque N_C et au débit effectif Q_{VG} , lui-même lié à la pression et à la résistance par la relation :

$$Q_{VG} = \frac{\Delta P}{R} = \frac{P_{VG} - P_{Ao}}{R}$$

A travail égal, ce débit est donc augmenté ou, à

En systole :

- a) en assistance artério-artérielle, ou en assistance mixte, la ligne artérielle reste ouverte. Du fait de la contraction cardiaque et de la pression aortique, le sens de la colonne sanguine s'inverse et on a un retour artériel systolique (débit artériel négatif);
- b) en assistance veino-artérielle, du fait de l'importance du retour veineux possible, on peut être amené à fermer la ligne artérielle pendant la systole : il n'y a pas alors de débit artériel systolique négatif.

5. LA LIGNE VEINEUSE.

Le retour veineux représente la totalité du sang qui arrive à la C.E.C. en assistance veino-artérielle et une partie seulement de celui-ci en assistance mixte. Il est nul en assistance artério-artérielle.

Ce retour est permanent quand il existe. Il dépend de la pression veineuse, de la différence de niveau entre canulations et réservoir de retour, et de la résistance du circuit que l'on peut faire varier pour un réglage éventuel.

6. DANS L'ENSEMBLE IL FAUT ÉQUILIBRER LES DÉBITS DE RETOUR ET D'INJECTION.

Ceci se fait d'après le niveau moyen du réservoir de retour de la C.E.C.

Le débit d'injection diastolique doit être égal :

- au débit artériel systolique négatif en assistance artério-artérielle;
- à la somme des débits artériels systolique négatif et veineux, en assistance mixte;
- au débit veineux (permanent) en assistance veino-artérielle.

Expérimentation mécanique.

Les paramètres hémodynamiques des différents éléments du circuit sont très nombreux, d'autant qu'il s'agit en réalité d'une succession de phénomènes transitoires.

L'expérimentation est donc la méthode la plus simple pour évaluer les possibilités des circuits.

L'étude hydraulique au banc d'essai du circuit extra-corporel avec des réservoirs à niveau constant a permis la mise au point mécanique et l'évaluation des débits en faisant varier de nombreux paramètres : résistance, fréquence et durée d'ouverture du shunt, etc.

Expérimentation animale.

Nous donnerons un aperçu des résultats de notre expérimentation en ce qui concerne la mise en jeu de l'appareillage, les effets cliniques, les effets hémodynamiques, les débits coronaires.

A - Méthode d'expérimentation.

Nous utilisons des chiens sous anesthésie générale avec intubation et respiration artificielle sous Claude Bernard ou Spiromat. Héparine : 4 mg/kg.

Les canulations artérielles sont en général fémorales, exceptionnellement iliaques, jamais bilatérales. Les canulations veineuses ont été fémorales ou thoraciques, par l'oreillette droite.

Il est souvent nécessaire de remplacer les électrodes E.C.G. périphériques par des électrodes précordiales (V_3 ou V_6) ou mieux, si le thorax est ouvert,

myocardiques. Nous n'avons jamais créé de bloc afin de ralentir le cœur, car l'appareillage permet sans difficulté de suivre le rythme de 140 à 160 que l'on rencontre souvent chez le chien.

B - Mise en jeu de l'appareillage.

1. Assistance artério-artérielle.

Le galet de la pompe et le shunt fermé empêchent tout retour artériel sur le circuit d'injection ou sur le shunt. Par l'intermédiaire du relais de dérivation, on crée un faible retour artériel à chaque systole : le niveau monte dans le réservoir de retour. Il suffit alors de régler le débit de la pompe d'injection pour équilibrer le niveau. On règle ensuite l'ouverture du shunt sur l'oscilloscope jusqu'à l'ouverture maximale : de l'onde R de l'E.C.G. jusqu'à l'accident tensionnel qui traduit la fermeture des sigmoïdes, on a alors l'effet d'assistance gauche, mécanique, maximale.

En mesurant le débit de la pompe d'injection et le temps de fermeture du shunt (temps de perfusion diastolique), on peut connaître exactement (abaques) le débit injecté qui, par définition, est égal au débit artériel systolique négatif.

2. Assistance mixte.

On couple à l'assistance artério-artérielle un petit retour veineux. Le retour supplémentaire est compensé par l'augmentation du débit de la pompe d'injection (qui permet ainsi la mesure exacte du débit veineux).

3. Assistance veino-artérielle.

Si le débit veineux est important, il faut bloquer la ligne artérielle pendant la systole pour empêcher toute fuite artérielle. Pendant ce temps l'injection est dérivée par le shunt ouvert et inversement.

4. Il est évidemment possible et facile de passer d'un type d'assistance à l'autre.

C - Constatations cliniques.

Elles sont rapportées sans conclusions car nous ignorons quels débits et quelles durées d'assistance doivent être recherchées. Nous nous contenterons de noter que :

1. Les perfusions continues à contre-courant, à débit important, provoquent un « forçage » du myocarde : on voit rapidement le cœur devenir gros, tendu, cyanotique. Il ne tarde pas à se ralentir tandis qu'apparaissent les signes électrocardiographiques de souffrance.

2. Le passage « en dérivation systolique » fait rétrocéder les signes observés (fig. 6).

3. Les poumons apparaissent d'autant plus pâles que le débit du retour veineux est plus important, phénomène qui traduit la décharge relative de la petite circulation.

D - Constatations hémodynamiques.

1. Une injection intra-artérielle continue provoque, et ceci proportionnellement au débit :

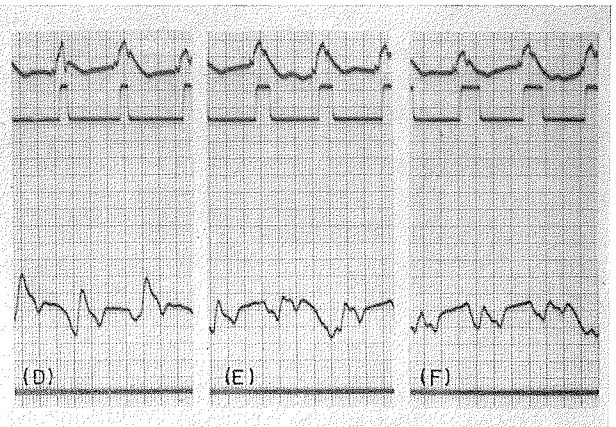
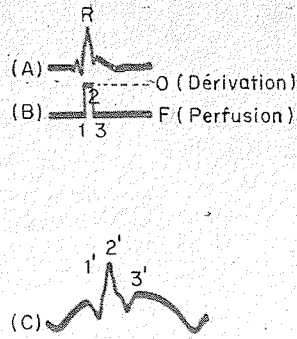
- l'apparition des cycles tensionnels propres aux pompes à galets;
- la diminution, puis l'irrégularité des complexes systoliques.

2. La mise en jeu de la dérivation systolique de

5/ A : E.C.G. Ici, l'électrode est auriculaire.

B : Signal d'ouverture et de fermeture du shunt. - 1 : ouverture = début de la dérivation, poursuivie pendant la durée 2, variable et réglable, courbe (D) : 2 = 0,08 s, courbe (E) 2 = 0,16 s, courbe F : 2 = 0,245 s - 3 : Fermeture = fin de la dérivation, début de la perfusion.

C : Courbe de P.A. (carotide). 1' correspond à 1 avec un retard de 0,06 s. 3' correspond à 3 avec un retard de 0,24 s à 0,36 s.



Le clocher systolique 2' est d'autant plus « enclavé » que 2 est plus longue.

la C.E.C. amène une régularisation de la courbe tensionnelle.

3. Les perturbations provoquées par le passage d'un type de C.E.C. à l'autre sont immédiates dans le cas de la perturbation (fig. 6) et un peu plus lentes dans le cas de la régularisation, comme si le myocarde devait « récupérer »...

4. La morphologie de la courbe dépend :

- a) du calage de l'ouverture par rapport à l'onde R : pour que la dérivation systolique soit efficace, elle doit être synchrone, ou mieux, précéder R. Dans ce cas, on observe l'enclavement du clocher systolique entre deux cassures de la courbe tensionnelle à l'ouverture et à la fermeture du shunt (fig. 5);
- b) du débit : si le débit est faible, le clocher systolique ne paraît pas modifié, mais la courbe diastolique présente un petit dôme qui traduit la perfusion diastolique. Si le débit est important, on peut inverser la courbe tensionnelle avec chute systolique et clocher diastolique (fig. 5 f);
- c) des effets de résonance apparaissent parfois pour une ouverture du shunt et une pression donnée. Ils disparaissent dès que l'on modifie l'un des paramètres.

Il est possible que cet effet soit intéressant à rechercher.

E - Débits.

Ils varient suivant le circuit, le type d'assistance et la viscosité sanguine (dilution, température).

Dans l'ensemble, les débits réalisés en assistance artérielle oscillent pour un chien de 20 kg entre 400 à 800 cm³/mn, le dernier chiffre n'est nullement exceptionnel.

Les débits sont évidemment plus élevés en assistance circulatoire mixte.

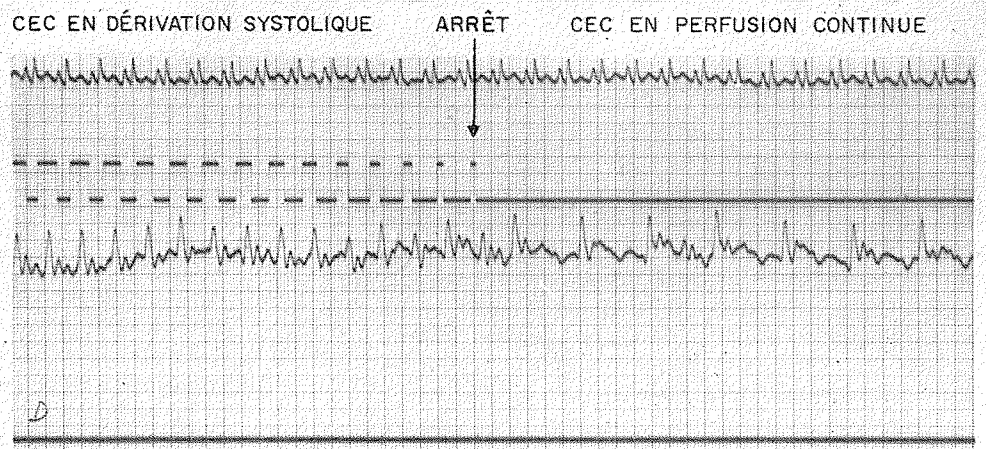
F - Les débits coronaires.

Ils ont été mesurés chez 5 chiens, successivement sans C.E.C., en C.E.C. continue veino-artérielle et en dérivation systolique. Les résultats portent sur plusieurs dizaines de mesures et montrent que :

- 1° les débits coronaires sont diminués au cours des circulations veino-artérielles continues, et ceci d'autant plus que le débit dans la C.E.C. est plus grand. Plusieurs de nos mesures montrent une diminution de débit de 85 % par rapport au témoin;
- 2° en dérivation systolique, les débits coronaires sont normaux si le calage de l'ouverture du shunt est strictement systolique.

Ils peuvent être diminués si l'ouverture est incomplète ou asynchrone. On a alors un type de circulation intermédiaire entre circulation continue et dérivation systolique.

6/ Dès l'arrêt de la dérivation systolique apparaissent des phénomènes de compétition : les cycles de la pompe, ou plutôt du galet, deviennent apparents sur la courbe tensionnelle. Les clochers systoliques sont perturbés et irréguliers.



Conclusion

La dérivation systolique des C.E.C. est une méthode simple dont le seul inconvénient, en dehors de ceux de toutes les C.E.C., est une complication matérielle très relative.

Elle permet une assistance cardiaque vraie à débit majeur (sans que cela soit forcément une obligation), avec suppression du conflit entre le cœur gauche et la pompe d'injection. Le débit coronaire reste normal, alors que, dans les mêmes conditions de débits, les perfusions continues provoquent une diminution des débits coronaires allant de 40 à 80 %.

La dérivation systolique permet de pratiquer trois types d'assistance : droite, gauche, ou mixte, et le passage immédiat de l'une à l'autre.

Elle permet de pratiquer en chirurgie une assistance mécanique nécessaire, sans canulation veineuse, donc avant ou après la fermeture du thorax.

Références

- [1] *Travail du cœur* :
KAYSER (Ch.). — Physiologie, t. III, Ed. Méd. Flammarion, Paris.
- [2] *Assistance cardiaque en général* :
HINGLAIS (J.), GOURGON (R.) et WEISS (M.). — Les assistances cardio-circulatoires. Revue bibliographique. Problèmes actuels. *Cœur et Méd. Int.*, 1965, IV, n° 1, 85-94.
PAOLI (J.M.). — Thèse (1965), Marseille.
- [3] *Assistance circulatoire par dérivation systolique des C.E.C.* :
PAOLI (J.M.). — Thèse (1965), Marseille.
PAOLI (J.M.), DOR (V.), MALMEJAC (C.), CHICHET (C.) et HOUEL (J.). — Assistances circulatoires par dérivation systolique. *Marseille Médical*, 102, n° 11 (1965), pp. 907-911.

PAOLI (J.M.), DOR (V.), MALMEJAC (C.), CHICHET (C.), NOIRCLERC (M.) et HOUEL (J.). — La dérivation systolique des circulations extra-corporelles. Principe et étude expérimentale. *Annales de Chirurgie thoracique et cardio-vasculaire*, vol. 5, n° 1, janvier 1965, pp. 152-164.

PAOLI (J.M.), MALMEJAC (C.), DOR (V.), NOIRCLERC (M.) et HOUEL (J.). — Assistances circulatoires par dérivation systolique des circulations extra-corporelles. Etude expérimentale. Communication au Forum de Chirurgie expérimentale, Congrès Français de Chirurgie, octobre 1965, in : *Bulletin de l'Académie de Chirurgie*, 92, 1-2-3, 1966.

Discussion

Président : M. le Docteur HERTZOG

Commentaire de M. GOURGON :

« Nous tenons à remercier M. PAOLI de son exposé, car nous avons nous-mêmes entrepris, dans le service du Dr LAURENT à Broussais, une expérimentation dont le protocole permet de réaliser :

- « — soit une contrepulsion artérielle bifémorale;
- « — soit une dérivation veino-artérielle partielle avec réinjection diastolique du volume sanguin dérivé;
- « — soit une association des deux méthodes.

« Son principe n'est donc pas fondamentalement différent de celui de la méthode exposé par M. PAOLI. Il est cependant probable que la contrepulsion permet d'obtenir une aspiration artérielle plus efficace que la simple dérivation artérielle telle que celle décrite par M. PAOLI et que, sous réserve d'une synchronisation correcte, la diminution de la résistance artérielle systémique à l'éjection ventriculaire gauche est plus importante.

« Les résultats que nous avons observés sont encourageants, car ils montrent que l'adjonction d'une dérivation veino-artérielle pulsée à une contrepulsion artérielle permet d'obtenir :

- « -- soit, pour une pression aortique moyenne identique, une diminution significative de la pression systolique ventriculaire gauche;
- « — soit, pour une même pression systolique ventriculaire gauche, une augmentation nette de la pression aortique moyenne. »

M. le Président remercie les auteurs de cette communication.

Bloc auriculo-ventriculaire observé chez un enfant de 6 ans présentant une C.I.V. haute. Les flèches placées au-dessus de l'enregistrement électrocardiogramme inférieur indiquent l'emplacement des ondes P de contractions auriculaires; il n'y a aucun synchronisme entre ces contractions auriculaires et les contractions ventriculaires.

(Enregistrement obtenu au Centre de Chirurgie cardio-vasculaire « Paul SARTY », à Lyon, sur appareil Hellige.)

