

## Raccourcissement myocardique régional et débit sanguin des greffons après chirurgie de pontage aorto-coronarien\*

par P.W. SERRUYS, P.G. HUGENHOLTZ et R.W. BROWER

*Chez 56 patients opérés de pontage aorto-coronarien, les auteurs ont étudié la relation entre la fraction de raccourcissement myocardique régional, le débit sanguin des greffons et leurs hyperhémies réactionnelles après leurs occlusions temporaires peropératoires.*

*Le raccourcissement régional des territoires pontés a été mesuré grâce à des marqueurs radio-opaques suturés par paires à l'épicarde, distalement à l'anastomose coronaire. En postopératoire, les marqueurs ont été filmés à intervalles de temps réguliers.*

*Si l'on exclue les régions dyskinétiques, la fraction de raccourcissement pour l'ensemble des territoires pontés était de 9,8 p. 100 à une semaine, de 12,8 p. 100 à un mois, de 13,3 p. 100 à trois mois et de 13,9 p. 100 à six mois. Le débit moyen des greffons était de 56 ml/mn et l'hyperhémie était en moyenne de 25 p. 100, encore que 37 p. 100 des greffons ne présentaient pas d'hyperhémie réactionnelle.*

*En post-opératoire immédiat, il existe une corrélation statistique significative entre la fraction de raccourcissement régional et le débit sanguin des greffons dont l'hyperhémie réactionnelle est supérieure à 20 p. 100.*

*Néanmoins, au troisième mois postopératoire, la corrélation devient statistiquement non significative suggérant l'interférence d'autres facteurs physio-pathologiques.*

*L'hyperhémie réactionnelle après clampage temporaire du greffon suggère que la perfusion du territoire ponté dépend essentiellement du greffon et non d'autres sources de perfusion : coronaire sténosée ou réseau collatéral.*

*Dès lors, il nous a semblé que le débit du greffon, en cas d'hyperhémie réactionnelle, devait avoir une valeur prédictive quant au raccourcissement myocardique régional de la période post-opératoire immédiate.*

**MOTS CLÉS :** raccourcissement myocardique régional, débit sanguin des greffons, hyperhémie réactionnelle, marqueurs épicaudiques radio-opaques.

(\*) Cette étude a été subsidiée par un fond (n° 076-067) de la Fondation hollandaise de cardiologie. Département de cardiologie et de chirurgie thoracique, Thoraxcentrum, hôpital Dijkzigt, B.P. 1738, Rotterdam, Pay-Bas.

Pour toute correspondance: Dr. P.W. Serruys, Thoraxcentrum, B.P. 1738, Université Erasme, Rotterdam, Pay-Bas.

Article reçu en septembre 1978 et accepté en novembre 1978.

Arch. Mal. Cœur, 72<sup>e</sup> année, 1979, n° 3, pp. 221 à 230

### INTRODUCTION

Il a été démontré que le débit sanguin des greffons était un facteur déterminant de la perméabilité des greffons dans la période post-opératoire immédiate [1, 4]. Par ailleurs, la signification de l'hyperhémie réactionnelle

(HR) n'est pas entièrement élucidée, bien que ce test soit d'application courante lors de la mesure peropératoire du débit sanguin des greffons [5, 7].

Lors d'études antérieures [4], nous avons montré que le test d'hyperhémie réactionnelle pouvait être négatif si le territoire ponté était encore suffisamment perfusé par la coronaire elle-même ; par contre, si cette même coronaire est clampée, alors le test d'hyperhémie réactionnelle sur le greffon devient positif.

Ce dernier fait a été également observé par d'autres auteurs [8]. Dès lors, la positivité du test d'hyperhémie suggère que le myocarde du territoire ponté dépend, quant à sa perfusion, du débit sanguin du greffon.

Cette hypothèse de travail a pu être testée grâce à une méthode, récemment mise au point, de mesure de raccourcissement régional dans les territoires de pontage.

Les pontages aorto-coronariens visent à améliorer la perfusion myocardique en aval des obstructions coronariennes ; il est évident que la contraction myocardique de ces territoires chirurgicalement reperfusés est au centre du débat : le raccourcissement myocardique régional reflète une perfusion adéquate, qu'elle soit en provenance du greffon, de la coronaire

sténosée ou d'un réseau collatéral suppléant. Dès lors, il est à prévoir que la corrélation entre le raccourcissement régional et le débit du greffon sera, en cas de test d'hyperhémie positif, plus grande et plus significative qu'en l'absence d'hyperhémie.

Nous avons donc étudié, au cours de la période post-opératoire immédiate, la relation entre le débit des greffons, l'hyperhémie réactionnelle post-clampage et la contraction régionale.

Il doit être théoriquement possible de prédire en postopératoire le pourcentage de raccourcissement régional, à partir des mesures de débit des greffons, faites en peropératoire.

Enfin, un des objectifs de ce travail est de mieux comprendre la relation qui existe entre les mesures hémodynamiques peropératoires des greffons et les performances mécaniques ultérieures des territoires chirurgicalement reperfusés.

## MÉTHODES

### A) PATIENTS

L'étude concerne 56 patients opérés de pontage aorto-coronarien. Ont été exclus de cette étude les patients qui ont fait l'objet d'un geste opératoire supplémentaire : fermeture de CIV, remplacement ou plastie valvulaire — ou ceux dont l'intervention chirurgicale était anormalement prolongée ou compliquée. L'âge des patients varie de 41 à 62 ans. Il y a 52 hommes et 4 femmes. Quatre patients ont subi une anévrysmectomie.

### B) RACCOURCISSEMENT RÉGIONAL

La méthode utilisée pour quantifier le raccourcissement régional épicaudique a fait l'objet de publications antérieures [9 10]. En bref, des marqueurs épicaudiques sont implantés en cours de chirurgie, dans chaque territoire coronarien qui a été ponté. Les marqueurs sont suturés par paire à l'épicarde, 2 cm en aval de l'anastomose coronarienne ; ils sont séparés entre eux de 2 cm et alignés sur l'un des axes transverses du cœur, perpendiculaire à son grand axe (fig. 1).

Au total, 120 paires de marqueurs furent implantées dans des régions coronariennes

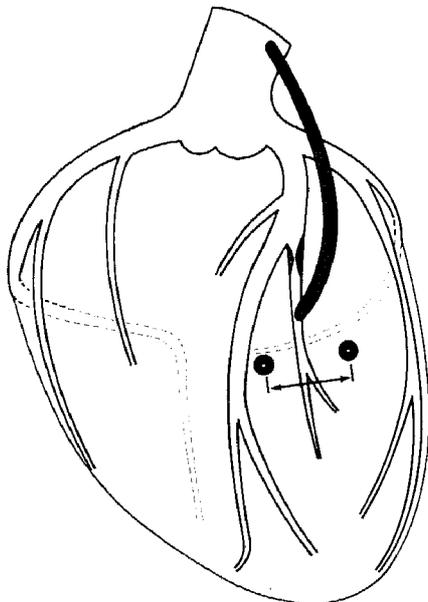


FIG. 1

Paire de marqueurs radio-opaques suturés à l'épicarde, distalement à l'anastomose coronarienne.

pontées. 51 paires dans le territoire de l'inter-ventriculaire antérieure et de ses diagonales ; 35 paires dans la portion terminale du trajet de la coronaire droite ; et 34 paires au niveau de la circonflexe et de ses branches marginale et postéro-latérale. En post-opératoire, les patients furent examinés à une semaine, un mois, trois mois et six mois.

Les mouvements de chaque paire de marqueurs sont successivement filmés avec notre installation conventionnelle de cinéradiologie, en faisant usage de son bras en C. Au départ, le thorax des patients, en décubitus dorsal, est examiné sous scolie afin de déterminer la position des marqueurs.

Ensuite, on fait faire au bras en C une rotation complète (de 0° à 360°) autour du thorax du patient afin d'établir l'angle d'incidence pour lequel la distance entre les deux marqueurs à filmer, est minimale. Puis, le bras en C est tourné de 90° de telle sorte que la distance maximale séparant les marqueurs

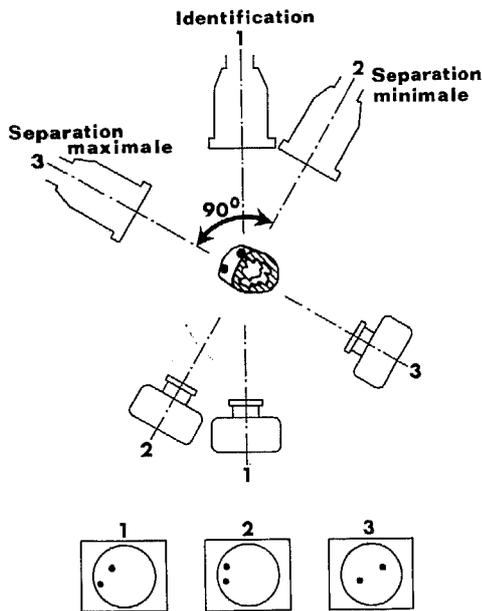


FIG. 2

Procédure suivie avant de filmer les marqueurs épicaudiques. 1) Identification de la paire de marqueurs (billes, barres, couronnes). 2) Le bras en C de l'appareil de cinéradiologie est orienté (OAD ou OAG) de telle sorte que la projection de la distance séparant les marqueurs soit minimale sur l'écran de l'amplificateur de brillance. 3) Le bras en C est basculé de quatre vingt dix degrés ; la projection de la distance séparant les deux marqueurs est cette fois maximale.

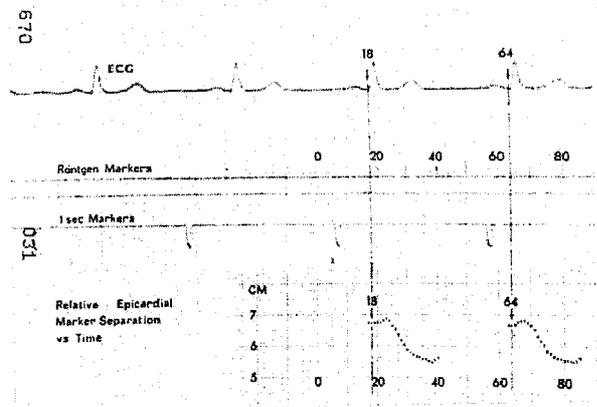
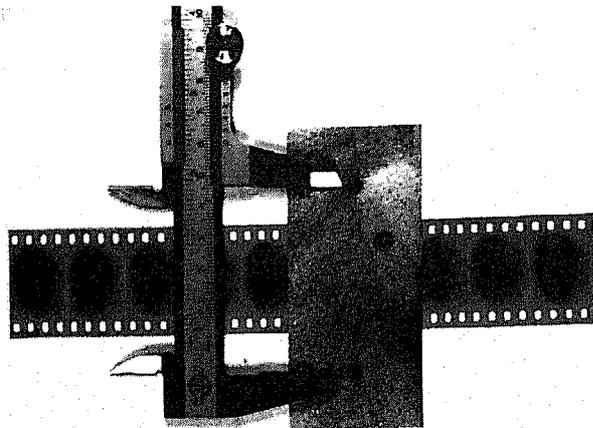


FIG. 3

Les distances séparant les deux marqueurs sont mesurées, grâce à un Vernier, sur chaque image filmée ; les images filmées 18 et 64 correspondent aux débuts de l'onde Q électrocardiographiques ; les images 23 et 68 aux débuts du raccourcissement apparent ; les images 38 et 83 aux distances minimales séparant les marqueurs.

soit alors visualisée ; le mouvement des marqueurs est ainsi filmé à 50 images/s, durant cinq cycles cardiaques et ce, en apnée expiratoire ; l'électrocardiogramme et les signaux électriques témoins de chaque image filmée sont simultanément enregistrés sur papier à la vitesse de déroulement de 50 mm/s (fig. 2 et 3). Ultérieurement, les films sont projetés image par image sur l'écran d'un projecteur Vanguard et les distances séparant les marqueurs sur chaque image filmée sont mesurées grâce à un vernier. Récemment, la procédure a été entièrement automatisée [11, 12].

Au moins quatre cycles cardiaques sont analysés ; ils sont analysés depuis l'image filmée précédant l'onde Q de l'électrocardiogramme

jusqu'au point de séparation minimale des deux marqueurs.

La moyenne de ces quatre mesures est retenue en fin d'analyse. La manière de mesurer la fraction de raccourcissement (FR) et le délai de raccourcissement (T) est illustrée à la figure 3. La fraction de raccourcissement se définit par l'équation suivante :

$$FR = (L_{max} - L_{min}) / L_{max} \times 100 (\%)$$

où  $L_{max}$  est la distance maximale qui sépare les marqueurs après le début du complexe QRS ;  $L_{min}$  est la distance minimale séparant les marqueurs.

T, le délai de raccourcissement, est le temps qui s'écoule entre le début de l'onde Q électrocardiographique et le début du raccourcissement apparent ; il est normalement inférieur à 100 ms.

#### C) DÉBIT DES GREFFONS ET HYPERHÉMIE RÉACTIONNELLE

Le débit sanguin des greffons est mesuré grâce à un débitmètre électromagnétique (Transflow 600, Skalar, Delft) dont la sonde s'adapte au diamètre des greffons (2,0, 2,5, 3,0, 3,5, 4,0 ou 5,0 mm). Chaque sonde est calibrée *in vitro*, selon une méthode décrite par ailleurs [3, 4].

Les valeurs de débit moyen sont déterminées électroniquement en utilisant un filtre dont la constante de temps est de 5 s. Alors

que la bande de fréquence utilisée pour l'enregistrement des phases pulsatiles du courant sanguin, était de 100 Hz.

Le test d'hyperhémie réactionnelle (HR) consiste à clamber le greffon durant 10 s ; immédiatement après la reperfusion, le pic de débit diastolique ( $Qd_{max}$ ) est comparé aux valeurs basales (fig. 4) mesurées avant occlusion du greffon ( $Qd$ ).

$$HR : 100 \text{ p. } 100 \times (Qd_{max} - Qd) / Qd$$

Les mesures sont faites avant la fermeture du thorax, environ 30 mn après la fin de la circulation extracorporelle.

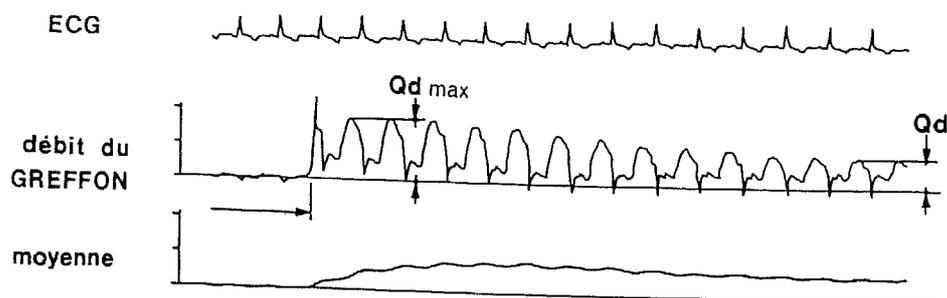
#### RÉSULTATS

Les débits des greffons varient de 3 à 200 ml/mn.

Le débit moyen est de 56 ml/mn ( $n = 112$ ,  $sd = 34$ ).

139 greffons aorto-coronariens ont été implantés chez nos 56 patients. Il y a 112 territoires pontés qui satisfont aux critères d'analyse de notre étude :

1. Le débit du greffon et son hyperhémie réactionnelle ont été mesurés ;
2. Des marqueurs épicaudiques ont été suturés dans les territoires pontés ;
3. Le mouvement des marqueurs a été correctement enregistré dans la période post-opératoire.



$$HR = 100 \% \times (Qd_{max} - Qd) / Qd$$

FIG. 4

Test d'hyperhémie réactionnelle (HR) après occlusion temporaire du greffon.  $Qd_{max}$  : débit diastolique maximal mesuré immédiatement lors de la reperfusion du greffon après son occlusion.  $Qd$  : débit diastolique de base.

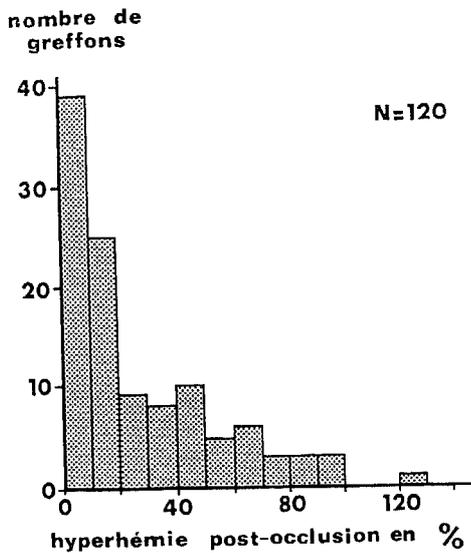


FIG. 5

Histogramme des pourcentages d'hyperhémie réactionnelle.

Le débit moyen des greffons implantés dans le territoire de l'interventriculaire antérieure est de 57 ml/mn ( $n = 48$ ), de 49 ml/mn dans le territoire de l'artère circonflexe ( $n = 34$ ), et de 62 ml/mn dans celui de la coronaire droite ( $n = 30$ ).

Il n'existe pas de différence significative ( $p \leq 0,05$ ) entre les débits sanguins moyens de ces trois régions pontées. L'hyperhémie réactionnelle varie, de 0 à 120 p. 100. De toute évidence, les divers pourcentages d'hyperhémie ne sont pas distribués selon une courbe de Gauss ; ainsi un tiers des greffons ont une hyperhémie réactionnelle inférieure à 10 p. 100 ; 53 p. 100 d'entre eux ont moins de 20 p. 100 d'hyperhémie (fig. 5). La valeur moyenne d'hyperhémie, en cas de test positif est de 37 p. 100 ( $n = 76$ ). Le débit moyen des greffons ayant une hyperhémie inférieure à 20 p. 100, est de 52 ml/mn ( $n = 64$ ,  $SD = 34$ ). Le débit moyen des greffons ayant une hyperhémie égale ou supérieure à 20 p. 100 est de 61 ml/mn ( $n = 48$ ,  $SD = 34$ ). Cette différence de débit (52 ml/mn versus 61 ml/mn) n'est pas statistiquement différente.

Les analyses de régression linéaire ne mettent pas en évidence de corrélations significatives entre les mesures de débit et d'hyperhémie, que l'on considère le groupe dans sa totalité ou les sous-groupes décrits ci-dessus.

En post-opératoire, le mouvement des marqueurs fut enregistré à une semaine, un mois, trois mois et six mois. La fréquence cardiaque moyenne pour l'ensemble du groupe était de 95 systoles par minute à une semaine, 91 syst/mn à un mois, 83 syst/mn à 3 mois et 77 syst/mn à 6 mois ; la déviation standard pour l'ensemble des mesures est de 15 systoles par minute.

Si l'on exclut de l'analyse les territoires pontés qui présentent une expansion paradoxale systolique, la fraction de raccourcissement (FR) des autres régions revascularisées est en moyenne de 9,8 p. 100 à une semaine, 12,8 p. 100 à un mois, 13,3 p. 100 à 3 mois et 13,9 p. 100 à 6 mois. La déviation standard pour l'ensemble des mesures est de 4,7 p. 100.

A une semaine, il y a quatre régions revascularisées qui présentent un mouvement paradoxal, à un mois le nombre s'élève à 10, à 3 mois il est de 11 et à 6 mois de 10.

Dans la majorité des cas l'identification visuelle de ce mouvement paradoxal coïncide avec un délai de raccourcissement supérieur à 200 ms (fig. 6).

La relation éventuelle, qui existe entre le débit des greffons et la fraction de raccour-

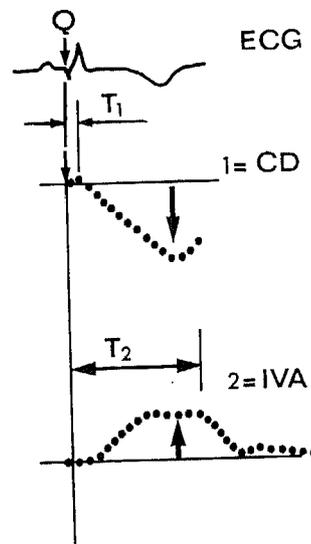


FIG. 6

Expansion systolique paradoxale (2 mois post-opératoire). *Haut de la figure* : exemple de contraction régionale normale avec délai de raccourcissement ( $T_1$ ) inférieur à 100 ms ; *bas de la figure* : contraction régionale dyskinétique avec délai de raccourcissement apparent ( $T_2$ ) supérieur à 200 ms.

TABLEAU I

COEFFICIENTS DE CORRÉLATION ENTRE LA FRACTION DE RACCOURCISSEMENT  
(DÉLAI DE RACCOURCISSEMENT INFÉRIEUR À 100 MS)  
ET LE DÉBIT DES GREFFONS

	Groupe total HR	HR ≥ 0 %	HR ≥ 10 %	HR ≥ 20 %	HR ≥ 30 %	HR ≥ 40 %
1 semaine						
r .....	0,16	0,26	0,27	0,42	0,45	0,65
p .....	ns	0,10	0,10	0,05	0,05	0,01
1 mois						
r .....	0,11	0,26	0,31	0,36	0,32	0,46
p .....	ns	0,10	0,05	0,05	0,10	0,05
3 mois						
r .....	0,13	0,28	0,32	0,28	0,18	0,33
p .....	ns	0,10	0,05	0,10	ns	ns
6 mois						
r .....	0,10	0,14	0,17	0,17	0,11	0,19
p .....	ns	ns	ns	ns	ns	ns

Les coefficients (r) et les valeurs de p sont tabulés en fonction du pourcentage d'hyperhémie ; ns : non significatif ( $p > 0,1$ ).

cissement observée en post-opératoire dans les régions revascularisées, a été recherchée par de multiples analyses de régressions. Afin de constituer un groupe-control homogène, n'ayant pas d'asynchronisme de contraction, nous avons donc exclu de l'analyse les régions épicaudiques qui présentaient un mouvement systolique paradoxal ou un délai de raccourcissement supérieur à 100 ms.

Le tableau I donne les coefficients de corrélation entre les fractions de raccourcissement et les débits des greffons ; les coefficients de corrélations sont tabulés en fonction du pourcentage d'hyperhémie et en fonction du temps écoulé depuis l'intervention.

Les coefficients de corrélation, figurant dans la première colonne sous la mention « groupe total » concerne l'ensemble des mesures, sans tenir compte de la positivité ou de la négativité du test d'hyperhémie réactionnelle. Les autres colonnes de droite détaillent les résultats en fonction des divers pourcentages d'hyperhémie (HR ≥ 0, 10 p. 100, 20 p. 100, 30 p. 100 et 40 p. 100).

Lorsqu'on considère les mesures faites une semaine après l'intervention, le coefficient de corrélation devient statistiquement significatif ( $r = 0,42$ ,  $p < 0,05$ ) pour une hyperhémie de 20 p. 100.

La relation devient encore plus significative ( $r = 0,65$ ,  $p < 0,01$ ) lorsqu'on prend pour critère une hyperhémie de 40 p. 100. Un mois après l'intervention, les résultats s'analysent de manière fort semblable. Par contre, six mois après l'intervention, il n'existe plus de relation statistiquement significative.

Dès lors, au cours de la période postopératoire immédiate, il est évident que la corrélation entre la fraction de raccourcissement et le débit des greffons est d'autant plus étroite que le pourcentage d'hyperhémie est élevé.

## DISCUSSION

Le débit moyen des greffons est de 56 ml/mn ce qui correspond aux valeurs décrites par d'autres : 50 ml/mn [13] ; 35 ml/mn [5] ; 75 ml/mn [13] ; 47 et 49 ml/mn (cor D et IVA) [7] ; 51 et 53 ml/mn (cor D et G) [14] ; 70, 69 et 75 ml/mn (cor D, IVA et circ.) [6].

Les débits des greffons des différentes régions ne sont pas significativement différents ; la positivité ou la négativité du test d'hyperhémie n'implique pas non plus une différence dans les débits des greffons. Sur ce dernier point nous confirmons les données publiées par Kreulen et coll. qui ont trouvé un débit

basal de 53 ml/mn pour les greffons dont le test d'hyperhémie est positif et un débit basal de 42 ml/mn, en cas d'épreuve de clampage négative (différence non significative) — quant au test d'hyperhémie, nos résultats sont comparables à ceux de la littérature. 63 p. 100 de nos greffons ont une réponse positive au test. Le pourcentage d'hyperhémie réactionnelle est en moyenne de 37 p. 100.

Kreulen [7] trouve une épreuve d'hyperhémie positive (HR 10 p. 100) dans 43 p. 100 des cas tandis que Greenfield [5] l'a trouvée positive (HR 20 p. 100) dans 84 p. 100.

Bittar [6] mentionne une positivité du test dans 76 p. 100.

La technique utilisée pour mesurer le raccourcissement régional dans les territoires myocardiques revascularisés est d'introduction récente ; elle nécessite certaines explications complémentaires.

Une analyse détaillée des sources d'erreurs ainsi que de la variabilité — intra et inter-observateurs — des mesures des divers paramètres a été récemment publiée [9].

Globalement, l'imprécision est de plus ou moins 1,5 p. 100 en terme de FS et de 20 ms en terme de délai de raccourcissement. La rotation du cœur au cours de sa contraction pourrait influencer la projection radiologique de la distance qui sépare les deux marqueurs.

Cet effet de rotation a été étudié par divers auteurs [15, 17]. Leur conclusion est que cet effet n'est pas très important. Nos études en biplan ont depuis lors confirmé ces données [11]. De plus, cet effet de rotation est minimisé si l'axe de l'amplificateur de brillance est orienté perpendiculairement à l'axe qui joint les deux marqueurs épicaux. C'est cette manière de procéder que nous avons adoptée.

Nos mesures de raccourcissement régional sont comparables aux mesures de raccourcissement de l'axe transverse du cœur entier pour peu que le raccourcissement circonférentiel soit homogène et uniforme.

Des nombreuses études [15, 21] faites avec des marqueurs myocardiques, c'est celle de Mac Donald [16] dont les résultats sont les plus comparables aux nôtres en raison de la position et de l'orientation des marqueurs.

Pour cet auteur, la fraction de raccourcissement moyenne à la base du cœur est de 15,8 p. 100 (SD = 2,0 p. 100 tandis qu'à

l'équateur elle est de 12 p. 100 (SD = 1,6 p. 100) : à la base du cœur, 95 p. 100 des valeurs de FR sont comprises entre 11,8 p. 100 et 19,8 p. 100 et à l'équateur entre 8,8 p. 100 et 15,2 p. 100. Chez nos patients, la valeur moyenne de fraction de raccourcissement était de 9,8 p. 100 à une semaine, 12,8 p. 100 à un mois, 13,3 p. 100 à trois mois et 13,9 p. 100 à six mois (SD pour l'ensemble des mesures = 4,7 p. 100).

Ces valeurs sont semblables à celles que McDonald a observées à l'équateur de l'ellipsoïde cardiaque; la déviation standard de notre groupe est plus grande que la sienne, compte tenu du caractère régional de la maladie coronarienne.

Le caractère original de ce travail réside dans la corrélation entre le raccourcissement myocardique régional en post-opératoire, le débit et l'hyperhémie des greffons en per-opératoire.

L'intérêt de cette relation a été discuté dans l'introduction. Les résultats démontrent qu'il existe, entre la fraction de raccourcissement et le débit des greffons, une relation d'autant plus étroite que le pourcentage d'hyperhémie est élevé.

Par exemple, le coefficient de corrélation est de 0,65 ( $P < 0,01$ ) à une semaine post-op. dans la mesure où l'hyperhémie réactionnelle est supérieure à 40 p. 100 ; par contre, ce coefficient n'est que de 0,26, en absence d'hyperhémie. Ces divers coefficients de corrélation, même lorsqu'ils sont statistiquement différents de zéro, ne sont néanmoins pas suffisamment proches de l'unité pour suggérer une relation directe. Par contre, il est tout à fait remarquable qu'une corrélation statistiquement significative ait pu être trouvée, compte tenu des nombreux autres facteurs influençant le raccourcissement régional.

Le fait que la corrélation s'améliore lorsque l'on exclut les greffons présentant une réponse insuffisante ou nulle au test d'hyperhémie, tend à démontrer les points suivants :

1. L'hyperhémie post-clampage reflète la dépendance de la région pontée vis-à-vis du greffon, en l'absence d'autres voies perfusionnelles ;
2. Une fois cette interdépendance établie, il est démontré que le raccourcissement du territoire ponté est fonction du débit de son greffon.

Le fait que cette corrélation ne soit plus significative à trois mois, suggère que d'autres facteurs ont entre temps interféré avec le raccourcissement myocardique : occlusion post-opératoire de greffon, apparition de nouveaux réseaux collatéraux, disparition d'anciens réseaux, récupération de la fonction myocardique après le traumatisme de la chirurgie [10], progression de la maladie coronarienne, nouvel infarctus myocardique, cicatrisation d'infarctus per-opératoire et modifications thérapeutiques...

En tout état de cause, puisque la fraction de raccourcissement s'améliore progressivement entre la première semaine post-opératoire et le sixième mois post-opératoire, il est évident que la corrélation devient non significative, non pas à cause d'une détérioration, mais bien à cause d'une amélioration continue de la fonction régionale. Donc, la signification profonde de l'hyperhémie réactionnelle reste partiellement non élucidée ; ceci doit être imputé à la multiplicité des facteurs qui entrent en ligne de compte dans la description et l'interprétation des phénomènes [7, 22].

Peu après l'introduction de la chirurgie de pontage aorto-coronarien, il a été mis en évidence que l'occlusion précoce des greffons était un phénomène peu fréquent, si le débit de ces greffons dépassait les 40 ml/mn [1, 4]. Il était dès lors capital d'essayer de prévoir le débit des greffons sur la base des données pré-opératoires. Malheureusement, diverses tentatives se sont révélées infructueuses [5, 7].

Non pas que les débits des greffons soient par principe imprévisibles, mais la manière de les prévoir nous échappe jusqu'à présent. Par contre, peu de travaux ont été consacrés à l'hémodynamique per-opératoire des greffons et concomitamment à l'évaluation post-opératoire du raccourcissement régional.

Or il semble que le débit des greffons et l'hyperhémie réactionnelle aient une certaine valeur de prédiction quant au raccourcissement régional des trois premiers mois post-opératoires. Encore que cette prédiction ait essentiellement une valeur de probabilité statistique.

Les régions qui sont dyskinétiques ou qui ont un délai de raccourcissement supérieur à 200 ms, ne diffèrent pas fondamentalement des autres régions par leurs débits de greffon ou par leur réponse au test de clampage.

Ainsi, leur débit moyen est de 67 ml/mn comparé à 57 ml/mn pour les régions dites « normales ». Le test d'hyperhémie est négatif dans 27 p. 100 des cas contre 32 p. 100 pour les régions dites « normales » : enfin, le pourcentage d'hyperhémie des régions dyskinétiques est en moyenne de 38 p. 100, versus 37 p. 100 pour les autres.

En définitive, l'hémodynamique des greffons ne permet de prédire la fonction régionale que des territoires pontés qui ont un délai de raccourcissement normal et ce, seulement au cours de la période post-opératoire immédiate.

## CONCLUSION

Le but de cette étude était de tester l'hypothèse selon laquelle l'hyperhémie réactionnelle reflète la dépendance du territoire ponté vis-à-vis du débit du greffon. Nous avons également cherché à savoir dans quelle mesure la détermination per-opératoire du débit des greffons permettaient de prédire en post-opératoire immédiat le raccourcissement régional des territoires coronariens pontés.

Chez 56 patients, 120 territoires pontés ont été étudiés. Les débits ont été mesurés par débitmètre électromagnétique. L'hyperhémie réactionnelle est provoquée par l'occlusion temporaire (10 s) des greffons, une trentaine de minutes après la fin de la circulation extracorporelle.

Des paires de marqueurs épicaux sont implantés en per-opératoire dans les régions perfusées par les greffons et leurs mouvements sont filmés à une semaine, 1 mois, 3 mois et 6 mois après l'intervention.

Les mesures de débit des greffons et de leur hyperhémie post-clampage sont comparables à celles d'autres groupes. Entre la fraction de raccourcissement et le débit moyen des greffons il existe une corrélation d'autant plus étroite que le pourcentage d'hyperhémie réactionnelle est élevé. Le degré de corrélation est maximal à une semaine et devient insignifiant au 6<sup>e</sup> mois post-opératoire.

De toute évidence, ceci démontre que l'hyperhémie réactionnelle témoigne de la dépendance du territoire ponté vis-à-vis du débit du greffon, en l'absence d'autres voies perfusionnelles. Par ailleurs, il est clair que

les débits des greffons et l'hyperhémie réactionnelle ne permettent de prédire le raccourcissement régional qu'au cours des trois premiers mois ; au 6<sup>e</sup> mois, cela se révèle impossible. Divers autres facteurs, indépendants de l'hémodynamique des greffons influencent le raccourcissement régional au cours de la période post-opératoire. Entre autres, au cours de cette période de « convalescence » il existe une réelle et constante amélioration de la fraction de raccourcissement.

Par ailleurs, le débit des greffons des régions dyskinétiques et leur réponse au test d'occlu-

sion ne diffèrent pas des régions dont la contraction est qualifiée de normale. Dès lors la valeur prospective des paramètres étudiés — débit des greffons et hyperhémie — ne s'appliquent qu'aux territoires dont la contraction et le délai de raccourcissement sont normaux.

*Nous remercions la Mosby Company de nous autoriser à reproduire l'histogramme de la figure 5 et le tableau I, publiés in : "Bypass flow, reactive hyperemia and regional myocardial shortening after coronary artery bypass surgery" R.W. Brower, P.W. Serruys et al. J. thorac. cardiovasc. Surg., 77, 92, 1979.*

#### SUMMARY

In 56 patients operated on for coronary artery bypass grafting the relation between regional epicardial shortening, bypass flow, reactive hyperemia, and time postoperative was determined. Regional shortening in the newly perfused region was measured by a new technique employing four to six radiopaque markers sutured in pairs to the epicardium juxtaposed by 2 cm, and from 0 to 3 cm distal to the coronary anastomosis. Marker pairs were filmed sequentially at each follow up. Excluding dyskinesia, shortening fraction (ratio of shortening to maximum marker separation) for all graft regions at 1 week was 9.8 p. 100, 1 month 12.8 p. 100, 3 months 13.3 p. 100, and 6 months 13.9 p. 100. Average graft flow was 56 ml/mn and average reactive hyperemia was 25 p. 100 with 37 p. 100 of grafts having no response. There was a positive correlation between shortening fraction and flow, becoming significant (null hypothesis:  $r = 0$ ) when reactive hyperemia exceeded 20 p. 100. Correlation was greatest at 1 week and 1 month, but became non-significant at 6 months implicating other factors such as new collateral development, bypass closure, new infarction, or altered medical therapy. It appears that bypass flow and reactive hyperemia do have a certain predictive value as to regional shortening up to 1 to 3 months postoperative.

#### RESUMEN

En 56 pacientes operados de puente aorto-coronario, los autores estudiaron la relación entre la fracción de acortamiento miocárdico regional, el gasto sanguíneo de los injertos y sus hiperhemias reaccionales después de sus oclusiones temporales peroperatorias.

El acortamiento regional de los territorios sometidos a puente fue medida gracias a marcadores radiopacos suturados por pares al apicardio, distalmente a la anastomosis coronaria. En el postoperatorio, los marcadores fueron filmados a intervalos de tiempo regulares.

Si se excluyen las regiones discinéticas, la fracción de acortamiento para el conjunto de los territorios sometidos a puente era de 9,8 por ciento después de una semana, de 12,8 por ciento al mes, de 13,3 por ciento a los tres meses y de 13,9 por ciento a los seis meses. El gasto medio de los injertos era de 56 ml/mn y la hiperhemia fue en promedio de 25 por ciento, aunque un 37 por ciento de los injertos no presentaban hiperhemia reaccional. En el postoperatorio inmediato, existe una correlación estadística significativa entre la fracción de acortamiento regional y el gasto sanguíneo de los injertos cuya hiperhemia reaccional es superior al 20 por ciento.

No obstante, al tercer mes del postoperatorio, la correlación se vuelve estadísticamente no significativa sugiriendo la interferencia de otros factores fisiopatológicos.

La hiperhemia reaccional después de pinzamiento temporal del injerto sugiere que la perfusión del territorio puenteado depende esencialmente del injerto y no de otras fuentes de perfusión : coronaria estenosada o red colateral.

Por consiguiente, nos ha parecido que el gasto del injerto, en caso de hiperhemia reaccional, debía tener un valor predictivo en cuanto al acortamiento miocárdico regional del período postoperatorio inmediato.

#### Bibliographie

1. GRONDIN C.M., LEPAGA G., CASTONGUAY Y.R. et al. : Aorta bypass graft-initial blood flow through the graft, and early postoperative patency. *Circulation*, 44, 815, 1971.
2. WALKER J.A., FRIEDBERG H.D., FLEMMING R.J. et al. : Determinants of angiographic patency of aortocoronary vein bypass grafts. *Circulation*, 45, suppl. 1, 86, 1972.

3. MARK F. vd, FRANK H.L.L., BUIS B. et al. : Significance of blood flow measurements in implanted aorta-coronary bypass grafts. *Circulation*, 45, suppl. 2, 232, 1972.
4. MARK F. vd, FRANK H.L.L., BSO E. et al. : Some aspects of acute blood flow measurements in aortic coronary bypass grafts in relation to patency. Internal communication available from the author, Erasmus Univ., Rotterdam.
5. GREENFIELD J.C., REMBERT J.C., YOUNG W.G. et al. : Studies of blood flow in aorta-to-coronary venous bypass grafts in man. *J. Clin. Invest*, 51, 2724, 1972.
6. BITTAR N., KRONCKE G.M., DACUMOS G.C. et al. : Vein graft flow and reactive hyperemia in the human heart. *J. Thorac. Cardiovasc. Surg.*, 64, 855, 1972.
7. KREULEN T.H., KIRK E.S., GORLIN R. et al. : Coronary artery bypass surgery: assessment of revascularization by determination of blood flow and myocardial mass. *Am. J. Cardiol.*, 34, 129, 1974.
8. WEBB W.R. : Lors de la discussion de la référence 6, page 860.
9. BROWER R.W., TEN KATEN H.J., MEESTER G.T. : A method for determining regional shortening from radiopaque markers in man after bypass surgery. *Am. J. Cardiol.* 41, 1222, 1978.
10. SERRUYS P.W., BROWER R.W., TEN KATEN et al. : Early myocardial depression. Sous presse.
11. BROWER R.W., TEN KATEN H.J. : A new method for the postoperative measurement of regional shortening in three dimensions. *Transaction of the european society of cardiology*, 1, 25, 1978.
12. REIBER J.H.C., BOOMAN F., GERBRANDS J.J. et al. : Automated detection of radiopaque marker outlines from angiograms. *Transaction of the european society of cardiology*, 1, 25, 1978.
13. HAMBY R.I., AINTABLIAN A., WISOFF B.G., HARTSTEIN M.L. : Comparative study of the postoperative flow in the Saphenous vein and internal mammary artery bypass grafts. *Am. Heart J.*, 93, 306, 1977.
14. RENEMAN R.S., SPENCER M.P. : The use of diastolic reactive hyperemia to evaluate the coronary vascular system. *Ann. Thorac. Surg.*, 13, 477, 1972.
15. HARRISON D.C., GOLDBLATT A., BRAUNWALD E. : Studies on cardiac dimensions in intact, unanesthetized man. *Circ. Res.*, 13, 448, 1963.
16. McDONALD I.G. : The shape and movements of the human left ventricle during systole. *Am. J. Cardiol.*, 26, 221, 1970.
17. BROWER R.W., PENN O., TEN KATEN H.J. : Myocardial radiopaque markers used to quantify minor axis shortening for follow up studies in experimental surgery. *Eur. Surg. Res.*, 9, 364, 1977.
18. HARRISON D.C., GLICK G. et al. : Studies on cardiac dimensions in intact unanesthetized man - IV effects of isoproterenol and methozamine. *Circulation*, 29, 186, 1964.
19. GLICK G., WILLIAMS J.F. et al. : Cardiac dimensions in intact unanesthetized man-IV effects of changes in heartrate. *J. Appl. Physiol.*, 21, 947, 1966.
20. KONG Y., MORRIS J.J., McINTOSH H.P. : Assessment of regional myocardial performance from biplane coronary cine angiograms. *Am. J. Cardiol.*, 27, 529, 1971.
21. McDONALD I.G. : Contraction of the hypertrophied left ventricle in man studied by cineradiography of epicardial markers. *Am. J. Cardiol.*, 30, 587, 1972.
22. SKOTNICKI S., VONK J., SLEEGERS Th. et al. : Aorto-coronary graft flow and reactive hyperaemia in relation to postoperative myocardial infarction. *Thorax*, 31, 172, 1976.