Endomyocardial pH and right ventricular ischemia: not just another tool?

Michel Carrier MD

THE measure of myocardial tissue pH with solid electrodes implanted in the left ventricle 1) to study ischemic changes in the myocardial tissue; 2) to evaluate myocardial protection with different cardioplegic solutions in animals; and 3) to determine the quality of myocardial protection obtained during cardiac surgery in humans has been used for the last 30 years.¹⁻³ Thus, myocardial tissue pH measurement has been used in the study of different approaches to myocardial protection in cardiac surgery, always focussing on monitoring ischemic and acidotic changes in the left ventricular myocardium. The effects of pharmacologic agents on myocardial ischemia have also been studied with the use of myocardial tissue pH electrodes.^{4,5}

The study by Skrobik and Filep⁶ published in the present issue of the Journal presents two unique aspects of myocardial tissue pH measurement. First, a novel pH electrode was specifically designed for monitoring endomyocardial pH, as opposed to the usual transmural electrode, and second, the study focussed on ischemic changes occurring in the myocardium of the right ventricle as opposed to the left myocardium. The study evaluated the monitoring of endomyocardial and of epicardial tissue pH with two distinct electrodes, one surgically implanted in the right ventricular myocardium (epicardial) and the other inserted into the jugular vein to the level of the endocardium of the right ventricle of pigs. After baseline measurements, the right coronary artery was ligated and tissue myocardial pH measured serially up until ventricular fibrillation.

As expected, myocardial tissue pH of the right ventricle decreased significantly following ligation of the right coronary artery. Although, the authors suggest that acidotic changes occurred earlier in the endocardium compared with the epicardium following coronary ligation, they rightly stated that this could simply be a technical artefact related to the size of the

epicardial electrode implanted in a thin myocardial wall. Regarding the latter comment, histological examination of the myocardium surrounding the electrodes could have been of interest. Moreover, severe ischemic damage was expected in the myocardium after total coronary artery occlusion, precluding any discussion on changes occurring with moderate ischemia and, since there was no reperfusion period, no possibility to document or measure recovery. Nevertheless, the measure of endomyocardial pH via a transvenous catheter is an attractive approach to monitor ischemic changes in the right ventricle both in the intensive care unit and in the operating room.

Cardiac surgeons have known only too well how difficult it is to protect the right ventricle during surgery.⁷ Animal models and simple imaging, hemodynamic and biochemical measures to assess specific ischemic damage of the right ventricle are not yet available. The approach suggested here by Skrobik and Filep is of great interest and deserves further study especially in animal models looking at moderate ischemia and at reperfusion injury of the right ventricle. The technique will face some of the difficulties encountered in monitoring the left ventricle with pH electrodes, i.e., the need for multiple electrodes and monitoring points since the damage can be segmental and the need for stable and combined pH, temperature and reference electrodes.

From my experience with monitoring of myocardial tissue pH, these instruments show considerable promise but need to evolve further.^{8,9} Monitors to obtain on-line data, better and combined pH/temperature/reference electrodes and catheter with transvenous access to the endomyocardium as suggested by the present study will be necessary. With the technology currently available, the technique may remain confined, almost exclusively, to the laboratory. Alternatively, we may be on the threshold of developing a new approach to study and to monitor the right

From the Department of Surgery, Montreal Heart Institute, Montreal, Quebec, Canada.

Address correspondence to: Dr. Michel Carrier, Department of Surgery, Montreal Heart Institute, 5000 Bélanger Street E., Montreal, Quebec H1T 1C8, Canada. Phone: 514-376-3330; Fax: 514-376-4766; E-mail: carrier@icm.umontreal.ca

ventricle in the intensive care unit as well as in the operating room. The measure of tissue pH of the right ventricular endomyocardium may well become a useful technical tool to assess ischemic damage in the right heart.

L'étude du pH endomyocardique et de l'ischémie ventriculaire droite, un outil comme les autres?

Pendant les 30 dernières années, on a utilisé chez l'humain la mesure du pH du tissu myocardique avec des électrodes solides implantées dans le ventricule gauche pour : 1) étudier les changements ischémiques du tissu myocardique, 2) évaluer la protection myocardique avec différentes solutions cardioprotectrices chez les animaux et 3) déterminer la qualité de la protection myocardique obtenue pendant la cardioplegie.¹⁻³ Ainsi, la mesure du pH tissulaire myocardique a été utilisée dans l'étude de différentes méthodes de protection myocardique en cardioplegie, en mettant toujours l'accent sur le monitoring des modifications ischémiques et acidosiques du muscle ventriculaire gauche. Les effets des médicaments sur l'ischémie myocardique ont aussi été étudiés avec des électrodes mesurant le pH myocardique.^{4,5}

L'étude de Skrobik et Filep,⁶ publiée dans le présent numéro du Journal, présente deux aspects uniques de mesure du pH myocardique. Premièrement, une nouvelle électrode pour le pH a été spécialement conçue pour le monitoring du pH endomyocardique, comparée à l'électrode transmurale habituelle, et deuxièmement, l'étude insiste sur les changements ischémiques qui surviennent dans le myocarde ventriculaire droit par opposition au myocarde gauche. L'étude a évalué le monitoring du pH tissulaire épicaudique et endomyocardique avec deux électrodes distinctes, l'une implantée chirurgicalement dans le myocarde ventriculaire droit (épicaudique) et l'autre insérée par la veine jugulaire au niveau de l'endocarde du ventricule droit chez des porcs. Après les mesures de base, l'artère coronaire droite a été ligaturée et le pH tissulaire myocardique mesuré de façon sériée jusqu'à la fibrillation ventriculaire.

Comme prévu, le pH tissulaire myocardique du ventricule droit a baissé de façon significative à la suite de la ligature de l'artère coronaire droite. Les auteurs avancent que les modifications acidosiques surviennent plus tôt dans l'endocarde, comparé à l'épicaudique, à la suite de la ligature coronaire, mais ils indiquent avec raison que cette situation peut n'être qu'un artefact technique relié à la taille de l'électrode épicaudique implantée dans la mince paroi myocardique. En ce qui concerne ce dernier commentaire, nous croyons que l'examen histologique du myocarde autour des électrodes aurait été intéressant. Qui plus est, on s'attendait à des dommages ischémiques myocardiques sévères après l'occlusion totale de l'artère coronaire, excluant toute discussion sur les changements provoqués par l'ischémie modérée et, comme il n'y a pas eu de reperfusion, toute possibilité de documenter ou de mesurer la récupération. Néanmoins, la mesure du pH endomyocardique au moyen d'un cathéter transveineux est une méthode attrayante de surveillance des modifications ischémiques du ventricule droit autant à l'unité des soins intensifs que dans la salle d'opération.

Les chirurgiens cardiaques ne savent que trop comment il est difficile de protéger le ventricule droit pendant une opération.⁷ Les modèles animaux et l'imagerie simple, les mesures hémodynamiques et biochimiques pour évaluer les dommages ischémiques du ventricule droit n'existent pas encore. La méthode présentée ici par Skrobik et Filep est très intéressante et mérite une étude complémentaire, spécialement chez des modèles animaux quant à l'ischémie modérée et à la lésion consécutive à la reperfusion du ventricule droit. La technique présentera certaines des difficultés connues du monitoring du ventricule gauche avec des électrodes pour pH, c'est-à-dire, la nécessité de multiples électrodes et le monitoring de divers points, puisque les dommages peuvent être segmentaires, et la nécessité d'électrodes de référence stables auxquelles on peut combiner la mesure du pH et de la température.

D'après mon expérience avec le monitoring du pH tissulaire myocardique, ces instruments promettent beaucoup, mais doivent être améliorés.^{8,9} Il sera nécessaire de mettre au point des moniteurs permettant des données en ligne, de meilleures électrodes combinées pour le pH, la température et la référence et des cathéters donnant un accès transveineux à l'endomyocarde comme le suggère la présente étude. La technologie actuellement disponible pourrait, presque exclusivement, confiner la technique au laboratoire. Autrement, nous pourrions être sur le point d'élaborer une nouvelle façon d'étudier et de surveiller le ventricule droit à l'unité des soins intensifs comme à la salle d'opération. La mesure du pH tissulaire de l'en-

domyocarde ventriculaire droit peut très bien devenir un outil technique réel d'évaluation des dommages ischémiques du coeur droit.

References

- 1 *MacGregor DC, Wilson GJ, Holness DE, et al.* Intramyocardial carbon dioxide tension. A guide to the safe period of anoxic arrest of the heart. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1974; 68: 101–7.
- 2 *Lange R, Kloner RA, Zierler M, Carlson N, Seiler M, Khuri SF.* Time course of ischemic alterations during normothermic and hypothermic arrest and its reflection by on-line monitoring of tissue pH. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1983; 86: 418–34.
- 3 *Khuri SF, Warner KG, Josa M, et al.* The superiority of continuous cold blood cardioplegia in the metabolic protection of the hypertrophied human heart. *J Thorac Cardiovasc Surg* 1988; 95: 442–54.
- 4 *Matsumura N, Matsumura H, Abiko Y.* Effect of lidocaine on the myocardial acidosis induced by coronary artery occlusion in dogs. *J Pharmacol Exp Ther* 1987; 242: 1114–9.
- 5 *Moo Y, Markle DR, Goldstein SR, et al.* Contrasting effects of verapamil and nifedipine on pH of ischemic myocardium in the dog. *J Pharmacol Exp Ther* 1989; 248: 654–60.
- 6 *Skrobik YK, Filep JG.* Acute right ventricular ischemia: a new evaluation method. *Can J Anaesth* 2002; 49: 84–89.
- 7 *Christakis GT, Weisel RD, Mickle DAG, et al.* Right ventricular function and metabolism. *Circulation* 1990; 82: IV-332–40.
- 8 *Carrier M, Tourigny A, Thoribe N, et al.* Effects of cold and warm blood cardioplegia assessed by myocardial pH and release of metabolic markers. *Ann Thorac Surg* 1994; 58: 764–7.
- 9 *Carrier M, Khalil A, Tourigny A, Solymoss BC, Pelletier LC.* Effect of L-arginine on metabolic recovery of the ischemic myocardium. *Ann Thorac Surg* 1996; 61: 1651–7.