

Modèle pédagogique *in vivo* d'apprentissage des techniques chirurgicales cardiovasculaires

Roland. G. DEMARIA^{*,**}, Simon FORTIER^{*}, Jean-Gaston DESCOTEAUX^{***}, Olivier MALO^{*}, Michel CARRIER^{*}, Louis P. PERRAULT^{*}

Résumé *Contexte* : L'apprentissage des techniques de chirurgie cardiovasculaire serait facilité par un modèle pédagogique. *But* : Le but de cette étude est la mise au point d'un modèle animal *in vivo* pour permettre l'apprentissage des techniques de chirurgie cardiovasculaire et la simulation opératoire. *Matériel* : L'animal d'expérience est le cochon Landrace (24.8 ± 4 kg). Les différents gestes techniques sont réalisés alternativement par l'enseignant puis par le résident, après un enseignement théorique. La dissection des artères carotides (artères élastiques) et des veines jugulaires est réalisée de manière bilatérale. Les veines sont ensuite prélevées et un pontage est réalisé à l'aide de deux anastomoses termino-terminales. Les artères fémorales (artères musculaires spastiques) et les veines saphènes sont ensuite utilisées avec anastomoses termino-latérales. Les temps de réalisation des différents gestes sont notés de même que les fautes commises. L'animal est ensuite refermé pour le suivi à distance du résultat par écho-Doppler, puis contrôle histologique (coloration trichrome). *Résultats* : Les résidents en chirurgie formés sur ce modèle ont tous montré un apprentissage rapide des différentes techniques de base de chirurgie cardiovasculaire. Le temps de réalisation des différents gestes et le nombre de fautes diminue de même que l'assurance du geste opératoire augmente. *Conclusion* : Ce modèle animal, proche de l'homme sur le plan anatomique et physiologique, apparaît très satisfaisant pour l'apprentissage chirurgical. Il permet aussi au futur chirurgien d'apprendre à faire face à diverses situations à risque, provoquées par l'enseignant, permettant d'utiliser ce modèle comme un véritable simulateur chirurgical *in vivo*.

Mots clés Chirurgie cardiovasculaire ; pédagogie ; modèle d'apprentissage des gestes.

Summary *Context*: Learning cardiovascular surgical techniques should be facilitated by an educational model. *Aim*: The aim of this study is the development of an *in vivo* animal model for training in cardiovascular surgical techniques and surgical simulation. *Material*: The experimental animal is the Landrace swine (24.8 ± 4 kg). Different techniques are carried out alternatively by the teacher and by the resident. The dissection of the carotid arteries (elastic arteries) and jugular veins are carried out in a bilateral approach. The veins are then harvested and a bypass is carried out using two end to end anastomoses. The femoral arteries (spastic muscular arteries) and the saphenous veins are then used with end to side anastomoses. Times of realization of the different steps and motor skill are recorded as well as the faults committed. The animal is then closed and allowed to recover for the remote follow-up of patency and flow by Echo-Doppler, and histological control (trichrome staining). *Results*: The surgical residents taught on this model all showed a very fast learning of the various basic techniques of cardiovascular surgery. The time of realization of the motor skill and the number of faults falls just as operational confidence increases. *Conclusion*: This animal model mimics the human on the anatomical and physiological levels, and is a satisfactory mean for surgical training. It also makes it possible for future surgeons to learn how to deal with various high risks situations, induced by the teacher, making this model a true *in vivo* surgical simulator.

Keywords Cardiovascular surgery; education; model of skill learning.

Pédagogie Médicale 2002 ; 3 : 159-

163

*Centre de Recherche et Département de Chirurgie, Institut de Cardiologie de Montréal, Université de Montréal, Québec, Canada. ** Service de Chirurgie Thoracique et Cardio-Vasculaire, Hôpital Arnaud de Villeneuve, CHU de Montpellier, Montpellier, France. ***Division of General Surgery, University of Calgary, Alberta, Canada.

Correspondance : Dr Louis P. Perrault - Centre de Recherche - Dpt de Chirurgie - Institut de Cardiologie de Montréal 5000 Bélanger Est - H1T 1C8 Montréal - Qc - Canada. Tél. : (001) 514 376 3330 poste 3715 - Fax : (001) 514 376 1355 mailto:roland.demaria@wanadoo.fr

Introduction

La chirurgie cardiovasculaire nécessite en plus de la connaissance théorique de l'anatomie et de la pathologie cardiovasculaire, la maîtrise d'un ensemble de techniques pour mener à bien les interventions de revascularisation cardiaque ou périphérique, types d'opérations les plus fréquemment réalisés en pratique. Ces techniques peuvent se résumer en l'abord et la dissection des vaisseaux, et la réalisation d'anastomoses vasculaires. De plus, la pratique chirurgicale peut être émaillée d'incidents voire d'accidents peropératoires notamment hémorragiques qui peuvent rapidement mettre en péril la vie du patient¹, et le chirurgien doit savoir réagir rapidement et efficacement dans ces situations, d'autant plus à risque, que l'état du patient est déjà précaire.

Avant de débiter l'apprentissage dirigé et contrôlé chez le patient, il serait très utile de disposer d'un modèle pédagogique *in vivo* permettant l'acquisition des techniques chirurgicales cardiovasculaires élémentaires, ainsi que leur contrôle fonctionnel et morphologique ultérieur, et de pouvoir simuler des situations à risque pour apprendre une conduite à tenir adaptée et efficace. Le but de cette étude est donc la mise au point et l'évaluation initiale d'un modèle porcin *in vivo* pour l'apprentissage des techniques élémentaires de chirurgie cardiovasculaire et la simulation opératoire.

Modèle pédagogique

Le résident de chirurgie doit avoir acquis un prérequis théorique sur l'anatomie chirurgicale pour les voies d'abord, et sur les fondements de la dissection artérielle et veineuse ainsi que les principes techniques de réalisation des deux types d'anastomoses vasculaires réalisées en pratique clinique : les anastomoses termino-terminales et termino-latérales. Planifié par un enseignement préliminaire oral, environ une semaine avant le début de l'entraînement pratique, avec définition des objectifs pédagogiques et comme support des schémas descriptifs mettant en évidence des points pratiques essentiels, et qui sont remis au résident sous forme de documents écrits. Le jour de l'entraînement pratique, planifié à l'avance, une révision de quinze minutes sur les points fondamentaux sera réalisée au bloc opératoire sur tableau. Le cochon de race « Landrace » (24.8 ± 4 kg) est ensuite anesthésié (injection intramusculaire de 25 mg/kg de kétamine avec

10 mg/kg de xylazine) puis une voie veineuse est installée de même qu'un électrocardiogramme. Une intubation oro-trachéale est réalisée puis l'animal est badiéonné à l'aide d'une solution iodée. Les champs stériles sont installés comme en pratique clinique en laissant un libre accès aux régions cervicales, thoracique, abdominale et inguinales. Les instruments stériles sont du même type que ceux utilisés en clinique et les lunettes grossissantes opératoires sont si possible utilisées. Tout le reste (casaques, gants, fils, matériels disposables) provient du bloc opératoire de clinique afin que le résident soit en situation similaire à la pratique chez l'homme.

Les différents gestes techniques sont réalisés alternativement d'abord par le chirurgien enseignant, qui décrit la procédure à chaque étape, de manière précise et concise en s'appuyant sur le cours préliminaire, puis par l'étudiant, corrigé ponctuellement par l'enseignant. Les voies d'abord sont donc bilatérales et symétriques. Les dissections des artères carotides (premier type d'artères dites élastiques) et des veines jugulaires sont pratiquées de manière bilatérale, avec ligature des collatérales, par fils et par clips, sur environ 5 cm. Les veines jugulaires sont ensuite prélevées et un pontage est réalisé à l'aide de deux anastomoses termino-terminales (premier type d'anastomose). Les artères fémorales (deuxième type d'artères dites musculaires) et les veines saphènes sont ensuite disséquées de la même manière et un pontage est réalisé avec deux anastomoses termino-latérales (deuxième type d'anastomose). Les temps de réalisation des différents gestes sont notés de même que les fautes commises. La perméabilité des pontages est évaluée en peropératoire, de manière mécanique directe, de même que l'hémostase. Pendant la procédure, une simulation opératoire de situation à risque est réalisée par l'enseignant avec libération inopinée d'un clamp vasculaire afin d'évaluer et corriger la réaction d'urgence du résident. Le résident aura été prévenu de la simulation avant le début de la chirurgie. Ceci ne doit pas mettre en péril la vie de l'animal et l'enseignant agira rapidement en cas de conduite inadaptée ou de défaillance de l'étudiant.

L'animal est ensuite refermé et conduit en animalerie. Le résident assure une dernière visite pour s'assurer du bon réveil de l'animal, de l'absence d'hématome et écrit le jour même un protocole opératoire complet descriptif de la procédure réalisée, ainsi que des fautes commises, qui sera corrigée par le chirurgien enseignant. Lors du deuxième entraînement, le résident et

le même chirurgien enseignant reliront ensemble ce protocole opératoire et pratiqueront la même chirurgie en insistant sur les fautes commises précédemment. En cas de décès de l'animal, le résident et, si possible le chirurgien enseignant, feront l'autopsie de l'animal afin de trouver la cause du décès et en tirer un enseignement ajouté par écrit au protocole opératoire.

Une évaluation à distance (toutes les 2 semaines) des perméabilités vasculaires par écho-Doppler, sous une courte anesthésie générale, puis un contrôle histologique (coloration trichrome) après sacrifice de l'animal, est réalisé au deuxième mois postopératoire pour évaluer la cicatrisation des anastomoses et la présence d'éventuelles sténoses anastomotiques. Ces constatations tardives seront confrontées ensemble au protocole opératoire de l'animal afin de tirer des enseignements techniques aux constatations fonctionnelles ou morphologiques tardives.

Six animaux sont prévus pour le cycle d'enseignement pratique, sur une période d'un mois et doit se situer juste avant la période de début de l'entraînement avec chirurgien enseignant, en clinique humaine.

Résultats préliminaires

Il n'y eu qu'un décès peropératoire par trouble du rythme ventriculaire inexpliqué. La mortalité à 30 jours à été de 25 % environ. La cause de la mort a pu être affirmée dans un cas et était en relation avec un très volumineux hématome inguinal. Un animal a présenté un abcès de la voie d'abord cervicale. Le nombre de thromboses durant la période de suivi a été de 50 % environ, essentiellement au niveau des anastomoses termino-terminales.

Les trois résidents en chirurgie formés sur ce modèle ont montré un apprentissage très rapide des différentes techniques de base de chirurgie cardiovasculaire (dissections, anastomoses) avec une efficacité accrue débutant au troisième ou quatrième animal. Le temps de réalisation des différents gestes et le nombre de fautes diminue progressivement. Le point délaissé par les trois résidents reste l'écriture du protocole opératoire qui apparaît très bref et très peu explicite. Le suivi des animaux a aussi été délaissé en fonction des impératifs cliniques ou de recherche.

Discussion

L'apprentissage des habiletés psychomotrices peut se décomposer en trois phases : la phase cognitive lorsque l'apprenant acquiert en mémoire de façon verbale les étapes de la tâche ; la phase associative lorsque les étapes deviennent maîtrisées et s'intègrent dans une tâche plus complexe et la phase autonome lorsque la tâche entière est complétée avec finesse sans avoir recours à la routine d'exécution de façon consciente². L'apprentissage d'habiletés chirurgicales suit habituellement ce modèle. Par exemple, la suture simple d'une incision, peut se décomposer de la façon suivante : pose de l'aiguille dans le porte-aiguille, préhension des tissus, insertion de l'aiguille dans les tissus, récupération de l'aiguille à la sortie, confection du nœud etc. Chacune des étapes doit être complétée selon certaines normes établies pour que le produit final soit acceptable. Cet assemblage d'étapes s'appelle routine d'exécution et l'intervention pédagogique vise d'abord la maîtrise de chacun des gestes puis leur synthèse en une performance complète de la tâche. Une fois maîtrisée, la suture simple peut s'insérer dans la routine d'exécution d'une tâche plus complexe tel l'anastomose vasculaire, entrant elle même dans le cadre global d'une opération de revascularisation.

Les principaux enseignements de l'utilisation préliminaire de ce modèle sont qu'il soutient la phase cognitive et associative pour que l'apprenant ait un pas d'avance lorsque vient le temps de travailler sur un vrai patient. La phase autonome requiert plusieurs mois ou années à compléter par la suite avec la pratique clinique. Ce modèle permet, en effet, une progression rapide de l'étudiant qui apprend ainsi les principes fondamentaux (théorique, puis pratique) des techniques de chirurgie cardiovasculaires de base (dissections, anastomoses) sur les deux types d'artères opérées en clinique humaine : les artères élastiques et musculaires. Les deux types d'anastomoses sont aussi réalisées (termino-terminales et termino-latérales). L'étudiant apprend à aider efficacement le chirurgien enseignant, puis est aidé, à son tour, permettant une bonne assimilation des différentes situations chirurgicales. Il intègre aussi l'importance capitale, en chirurgie, du suivi des patients, avec les contrôles fonctionnels et morphologiques qu'il confronte rétrospectivement au geste technique initial. La corrélation entre la technique et son résultats est ainsi réalisée, riche d'enseignement. La triade : démonstration du geste, pratique et contrôle

Concepts et Innovations

du geste accompli est utilisée ici et à déjà fait la preuve de son efficacité³. Il permet enfin de préparer les réflexes du résident lors du déclenchement de situations hémorragiques, afin qu'il puisse acquérir la conduite à tenir adaptée à la situation à risque (hémostase), ce qui augmentera sa confiance opératoire et son efficacité chirurgicale.

Le besoin d'un modèle d'apprentissage *in vivo* chez l'animal est crucial en chirurgie cardiovasculaire car plusieurs raisons font qu'il existe, plus que dans d'autres spécialités chirurgicales, une réticence de la part des chirurgiens enseignants à laisser pratiquer leurs jeunes résidents. D'abord, l'état précaire des patients opérés, de plus en plus âgés⁴, avec des fonctions ventriculaires gauches très altérées et des pathologies associées font que les interventions doivent être les plus courtes possibles. Ensuite, les étapes se faisant sous circulation extracorporelle et clampage aortique induisent, malgré la protection du myocarde, une dette ischémique parfois mal tolérée par le cœur, et qui est d'autant plus importante que l'intervention se prolonge. La chirurgie coronaire à cœur battant, nouvelle et en pleine expansion mais plus complexe techniquement, incite les chirurgiens à pratiquer eux-mêmes cette chirurgie⁵. Enfin, certains gestes tel la dissection de l'artère mammaire interne peuvent être définitivement compromis en cas de faute technique, aggravant alors irrémédiablement le pronostic à long terme du patient, du fait de la meilleure perméabilité à long terme de ce greffon⁶. De plus, et pour toutes ces raisons, le chirurgien enseignant va immédiatement prendre en charge l'intervention si un incident survenait, inhibant les réactions positives ou négatives du résident.

Ce modèle animal permet de préparer (phase cognitive et associative) et de rassurer à la fois le résident qui, progressivement, intègre les principes fondamentaux de technique chirurgicale et le chirurgien enseignant qui prend confiance dans son résident au fur et à mesure de sa progression, dirigée par lui-même. Il apparaît d'ailleurs souhaitable que le même binôme opère ensemble en clinique, notamment lorsque les objectifs pédagogiques fixés ont été atteints. De plus, ce modèle apprend au résident des règles de bonne conduite chirurgicale car il met l'accent sur l'importance pédagogique de faire un compte rendu opératoire écrit après l'intervention (ainsi que sur le suivi de l'opéré), permettant ainsi l'autocritique des gestes avec identification des points faibles et corrections de

ceux-ci. Cela a cependant été le plus difficile à obtenir car moins attrayants que le geste technique. Le rôle de l'enseignant est ici essentiel pour aider le résident dans la tenue d'un carnet de technique où est inscrit le compte rendu, mais aussi les objectifs pédagogiques (définis au départ) et les résultats obtenus (cotation). Peuvent y être insérés aussi les lectures du résidents, ainsi que ses présentations orales ou travaux en cours. Ce carnet pourrait être ainsi un instrument de mesure en temps réel de l'état de progression du résident. Notre modèle, couplé à des tests mesurant les capacités d'évaluation en 3 dimensions, pourrait être utilisé aussi pour guider les résidents dans leurs choix de spécialité future⁷.

Les limites de ce modèle pédagogique sont qu'il a été évalué par trois étudiants de motivation et de niveau très différent en chirurgie (débutant, moyen, plus expert). Il nécessite une infrastructure de chirurgie expérimentale pour le gros animal et un investissement en temps et en moyens. Ces contraintes ont interrompu ou reporté régulièrement les interventions, et les programmes préétablis (enseignement préalable, série de 6 animaux, suivi échographiques) n'ont jamais pu être complètement respectés pour les trois étudiants impliqués dans cette étude préliminaire. Le facteur temps réservé à l'enseignement est, comme trop souvent, diminué par rapport à la clinique ou à la recherche, plus directement utiles ou gratifiantes⁸. Le coût est élevé, tant pour obtenir les animaux, que pour l'hébergement. L'autre limite est que ce modèle ne prend pas en compte l'entraînement en chirurgie cardiaque coronaire car il nous est apparu beaucoup plus difficile de conserver les animaux vivants après sternotomie et pontages coronaires. Ce modèle est cependant très adapté à l'apprentissage de cette chirurgie, en faisant alors abstraction de la notion de suivi et en sacrifiant l'animal en fin de procédure.

Conclusions

Le modèle, décrit ici, a donné satisfaction dans la formation des jeunes résidents aux techniques de base en chirurgie cardiovasculaire qui se déroule selon un programme et des objectifs pédagogiques. Son intérêt nous apparaît aussi majeur comme simulateur d'incidents chirurgicaux, avec apprentissage, notamment pour les résidents plus expérimentés, de conduites à tenir précises et adaptées, alors d'autant plus efficaces dans des situations à risque, notamment hémorragiques.

Cependant, avec les progrès de l'image de synthèse et l'avènement de la chirurgie robotique en chirurgie cardiovasculaire⁹, nous disposerons bientôt, à la fois, d'un outil performant pour réaliser des interventions complexes sans voie d'abord traumatique et aussi d'un véritable simulateur chirurgical programmable et utilisable pour former les jeunes chirurgiens à toutes les circonstances opératoires, comme cela est le cas actuellement pour les pilotes de lignes. Notre modèle animal a cependant beaucoup d'avantages, en particulier, une reproduction fidèle de la réalité et la possibilité de

vérifier l'apprentissage non seulement par une observation du geste au moment de la performance mais surtout par l'évaluation du résultat à long terme.

Enfin, à côté de la robotique, le couplage aux techniques de communications (Internet) permettra la télé-chirurgie en direct pour les cas les plus complexes, enrichissant le chirurgien de l'expérience d'un confrère éloigné et permettant des soins de meilleure qualité pour le patient^{10,11}. La pédagogie chirurgicale cardiovasculaire entrera alors, comme la pratique chirurgicale, dans une ère nouvelle et très prometteuse.

Références

1. Gillinov AM, Casselman FP, Lytle BW, Blackstone EH, Parsons EM, Loop FD, Cosgrove DM 3rd. Injury to a patent left internal thoracic artery graft at coronary reoperation. *Ann Thorac Surg* 1999 ; 67:382-86.
2. DesCoteaux JG, Leclere H. Learning surgical technical skills. *Can J Surg* 1995 ; 38 : 33-8.
3. Wanzel KR, Matsumoto ED, Hamstra SJ, Anastakis DJ. Teaching technical skills : training on a simple, inexpensive, and portable model. *Plast Reconstr Surg* 2002 ; 109 : 258-63.
4. Akins CW, Daggett WM, Vlahakes GJ, Hilgenberg AD, Torchiana DF, Madsen JC, Buckley MJ. Cardiac operations in patients 80 years old and older. *Ann Thorac Surg* 1997 ; 64 : 606-14.
5. Ricci M, Karamanoukian HL, D'Ancona G, DeLaRosa J, Karamanoukian RL, Choi S, Bergsland J, Salerno TA. Survey of resident training in beating heart operations. *Ann Thorac Surg* 2000; 70 : 479-82.
6. Gibson CF, Loop FD. Choice of internal mammary artery or saphenous vein graft for myocardial revascularization. *Cardiology* 1986 ; 73 : 235-41.
7. Wanzel KR, Hamstra SJ, Anastakis DJ, Matsumoto ED, Cusimano MD. : Effect of visual-spatial ability on learning of spatially-complex surgical skills. *Lancet* 2002 ; 359 : 230-31.
8. Carter ER. Teaching. Has the time come and gone ? *Chest* 1996 ; 110 : 308.
9. Garcia-Ruiz A, Smedira NG, Loop FD, Hahn JF, Miller JH, Steiner CP et Gagner M. Robotic surgical instruments for dexterity enhancement in thoracoscopic coronary artery bypass graft. *J Laparoendosc Adv Surg Tech A* 1997 ; 7 : 277-83.
10. Broderick TJ, Harnett BM, Doarn CR, Rodas EB, Merrell RC. Real-time Internet connections : implications for surgical decision making in laparoscopy. *Ann Surg* 2001 ; 234 : 165-71.
11. Kingsnorth A, Vranich A, Campbell J. Training for surgeons using digital satellite television and video-conferencing. *J Telemed Telecare* 2000 ; 6 Suppl 1 : S29-S31.