Colin Bands MB CHB FRCPC,
Jan M. Davies MSC MD FRCPC

Editorials

Perioperative cardiac arrest and resuscitation: do we know what we're doing?

IN 1916, Bellamy Gardiner defined the extent of the responsibility of the anesthesiologist. He stated that a *"practised administrator"* should relieve the surgeon *"of all responsibility with regard to the patient's condition during (the) operation"*.¹ He listed several functions, including the *"resort to stimulants and methods of resuscitation in cases of failing vitality"*.

How knowledgeable are current Canadian anesthesiologists about perioperative resuscitation? In this issue, Porayako and Butler attempted to start to answer this question by assessing actively practising Canadian anesthesiologists about the management of *"perioperative cardiac arrest"*.² The authors developed a questionnaire of ten clinical vignettes, involving perioperative resuscitation. The vignettes included patients with an automated internal cardioverter / defibrillator device, Wolf-Parkinson-White syndrome, and chronic obstructive lung disease. All cases were based on *"rare but treatable causes of cardiac arrest"* at a large teaching hospital. Each vignette was matched to at least one similar case reported in the literature. Correct answers were based on the American Heart Association (AHA) Advanced Cardiac Life Support (ACLS) guidelines,³ as well as references in the resuscitation literature. Each question had a single correct answer and some had one or more potentially *"lethal errors"* - options that would have been *"unequivocally harmful to the patient"*.² Demographics, involvement in cardiac anesthesia, time from the last ACLS course, and attitude towards ACLS and CME were also sought. Members of the Department of Anaesthesia and the Program in Critical Care at the University of Western Ontario provided consensus on the clarity and validity of the questions. The questionnaire was

pretested on 32 anesthesiologists and then mailed to a random sample of 200 members of the Canadian Anesthesiologists' Society.

The pass rate was set at 70%. Of the 124 anesthesiologists who responded, 20.2% passed but only 13.7% passed without committing a 'lethal error'. Slightly more than half the respondents (56.3%) chose at least one 'lethal error'. Neither the number of years after residency training nor the length of time since last taking the ACLS course made a difference in the scores. Those practicing cardiac anesthesia achieved higher scores.

This study raises three major questions: first, the validity of the study; second, the applicability of the AHA ACLS guidelines to perioperative cardiac arrests; and third, the safety of anesthetic practice in Canada.

Was the study valid?

The ten vignettes were described as being from actual cases, and appear realistic and not representing contrived situations. However, we would question the choice of some of the 'correct' answers.

Question 1 concerned a burn patient with an asystolic arrest, precipitated by succinylcholine-induced hyperkalemia. The 'correct' answer was calcium gluconate. Yet anesthesiologists might choose to treat hyperkalemia with bicarbonate, as suggested by a reference used by the authors, the International Liaison Committee on Resuscitation (ILCOR) Advisory Statement on Special Resuscitation Situations.⁴ However, this choice was an *"incorrect answer, less preferable alternative"*.²

Question 7 concerned an intraoperative overdose of beta-blocker (labetolol) in an otherwise healthy man undergoing a craniotomy for meningioma. The

From the Department of Anaesthesia, Foothills Medical Centre, Calgary Regional Health Authority, University of Calgary, 1403 29th Street NW, Calgary, Alberta, Canada T2N 2T9.

Address correspondence to: Dr. J.M. Davies. Phone 403-670-1667; Fax: 403-670-2425; E-mail: jdavies@ucalgary.ca.

'correct' answer, glucagon, is not in the anesthetic drug or operating room (OR) crash carts in Calgary. Administration would therefore be delayed while the drug was obtained from the central exchange carts in the OR complex. Many anesthesiologists would consider epinephrine as the first drug of treatment, as it is readily available and familiar. Yet the authors listed a dose of epinephrine 10 µg as an *"incorrect answer"*, although this small dose would not do any harm as an initial treatment. Another option, amrinone, was a *"definitely harmful treatment, lethal error"*.² However, at least one report, published since 1992, describes the successful use of amrinone in the treatment of beta-blocker overdose.⁵

These two examples illustrate the pitfalls of testing knowledge in this fashion. There is often no single definitive therapy for a given problem. In the ILCOR Advisory Statement, beta-blockers are an example of common agents that may cause cardiac arrest and that may respond differently to standard ACLS guidelines.⁴ The suggestions for additional treatment of beta-blocker overdose were developed based on fundamental principles of pharmacology after review of the current literature and expert opinion.⁴ As such, the ACLS protocols are a form of clinical practice guidelines – systematically developed statements which may assist practitioners (and patients) about appropriate decisions for specific clinical circumstances.⁶ Clinical practice guidelines *"translate conscientious and judicious recommendations from research evidence into clinical practice"*.⁷ However, the evidence may be weak or even lacking – there may be little scientific proof on which to base recommendations.⁴ In addition, ACLS protocols, like other clinical practice guidelines, face a *"temporal paradox"* in that *"best practices may change before the ink is dry (or the software written)"*.⁸ Thus, there may be several appropriate, justifiable or correct answers for perioperative resuscitation. The 'best' treatment may depend on current practice, the anesthesiologists' knowledge, and the availability of treatment options.

Are the ACLS guidelines applicable to the management of perioperative cardiac arrests?

Question 4 concerned treatment of a wide complex pulseless tachycardia in a woman who had just received an epidural top-up of bupivacaine for a Cesarean section. The question asked for the *"management priority"* after appropriate but failed initial resuscitation (including defibrillation). The correct answer was *"expedient delivery"* (sic). Few anesthesiologists would be prepared to perform a Cesarean section themselves. While arranging for an obstetrician or surgeon – to

'expedite the delivery' – an anesthesiologist might opt to administer 5 mg·kg⁻¹ bretylium or high dose epinephrine, for treatment of the bupivacaine toxicity.⁹ (Yet both were 'incorrect' answers.) The ILCOR Advisory Statement does recognise *"epidural anesthetics"* as an etiology of cardiac arrest in pregnancy and does recommend *"immediate perimortem Cesarean section"* after failed advanced life support maneuvers.⁴ However, no consideration is given to the actual treatment of bupivacaine toxicity,⁹ which anesthesiologists would treat during the course of resuscitation.

Question 9 concerned complete heart block induced by insertion of a pulmonary artery catheter. Many practitioners might first choose to withdraw the catheter, but this was not one of the options offered. In addition, withdrawal of the catheter is not part of the ACLS protocols.

These two examples illustrate a second concern with the study, the applicability of the AHA ACLS guidelines. The purpose of the study was to test anesthesiologists' knowledge of perioperative resuscitation against that derived from ACLS protocols and the resuscitation literature. The authors mentioned that the low pass rate could be explained by *"confusion with the question"* and ambiguity of the *"best answers"*.² Confusion and ambiguity might be reflected in the response rate to the option "I don't know". However, the authors did not provide this result.

It is also possible that some perioperative arrests require treatment that does not conform to the AHA ACLS guidelines. Indeed, Porayko and Butler noted with interest that *"there was a trend to a higher score among those respondents who felt that the AHA ACLS protocols were not useful for anesthetic practice when compared with those respondents who were not familiar with the protocols"*.²

Perioperative arrests are unique. The major contributing factors include the effect of the operation, such as *uncontrolled hemorrhage*.¹⁰ The patients are well monitored and trained personnel are in close attendance. The anesthetic of itself may also influence the arrest.¹¹ It would be interesting to know the outcome of the cases used to formulate the vignettes, whether or not ACLS protocols were followed, and what influence the anesthesiologists' knowledge had on resuscitation.

What does this study tell us about anesthetic practice in Canada?

Extrapolating from the small sample, this study could be interpreted as suggesting that Canadian anesthesiologists have a deficiency of knowledge about the management of perioperative cardiac arrests. Of great-

est potential significance was the number of "lethal errors" chosen, e.g., cardioversion for pulseless electrical activity; defibrillation for malignant hyperthermia induced supraventricular tachycardia. The inference is that this deficiency could affect patient outcome. However, a review of the literature failed to reveal any clinical studies of the effect of (lack of) knowledge of anesthesiologists on the outcome of patients who suffered a perioperative cardiac arrest. In fact, perioperative arrests are rare events and may occur as infrequently as 1.4 in 10,000 anesthetics.¹²

What should anesthesiologists do in response to this study?

Although Porayko and Butler raise a number of questions, anesthesiologists should not ignore the results. Because of their expertise in airway management and hemodynamic manipulation, anesthesiologists should be well qualified to manage acute physiological collapse. Yet, in a recent simulation study in Toronto, only 9% of subjects followed the ACLS guidelines and 61% showed major deviations from the guidelines. These included failure to discontinue the anaesthetic, to defibrillate or to administer epinephrine.¹³ Protocols such as the ACLS guidelines represent "structured approaches" to emergencies. In aviation, the use of protocols and non-normal checklists has been shown to reduce the risk of missing items which might result when trying to recall them strictly from memory, while at the same time maintaining situational awareness.¹⁴ We need "written algorithms" for the diagnosis and management of problems, such as cardiac arrest, that "do not occur sufficiently frequently for the practising anaesthetist to remain skilled in their management".¹⁵ Porayko and Butler suggested that the higher scores of those practicing cardiac anesthesia might be related to an association with increased critical care training during cardiovascular fellowships. The results might also reflect day-to-day familiarity with resuscitation, rather than any deficiency with specialty training. We also need more opportunities for recurrent training, and to be able to practice these guidelines in a realistic setting.¹³ We would encourage the authors of this study and others to examine further the role of the AHA ACLS guidelines in the management of perioperative arrests and the effect of anesthesiologists' knowledge on patient outcome.

L'arrêt cardiaque périopératoire et la réanimation : Savons-nous ce que nous faisons?

En 1916, Bellamy Gardiner a défini l'importance de la responsabilité de l'anesthésiologiste. Il déclarait qu'«un praticien expérimenté» devrait soulager le chirurgien «de toute responsabilité quant à l'état du patient pendant l'opération».¹ Il mentionnait quelques fonctions, y compris le «recours aux stimulants et à des méthodes de réanimation dans les cas de vitalité défaillante».

Les anesthésiologistes canadiens qui sont en pratique actuellement sont-ils bien informés au sujet de la réanimation périopératoire? Dans le présent numéro, Porayko et Butler ont tenté une première réponse à cette question en évaluant les anesthésiologistes en pratique active au sujet de la conduite à tenir lors d'un «arrêt cardiaque périopératoire».² Les auteurs ont préparé un questionnaire sur dix vignettes illustrant des situations cliniques où la réanimation périopératoire était en jeu. Les vignettes concernaient des cas de défibrillation interne automatisée, du syndrome de Wolf-Parkinson-White et de broncho-pneumopathie chronique obstructive. Tous les cas étaient basés sur des «causes rares mais traitables d'arrêt cardiaque» survenant dans un grand hôpital universitaire. Chaque vignette était appariée à au moins un cas semblable déjà documenté. Les réponses correctes étaient basées sur les directives d'une technique spécialisée de réanimation cardio-respiratoire (Advanced Cardiac Life Support – ACLS) de l'American Heart Association (AHA),³ et sur des articles concernant la réanimation. Chaque question n'avait qu'une seule bonne réponse et certaines réponses présentaient un ou plusieurs choix d'«erreurs fatales» possibles - choix qui seraient «incontestablement dangereux pour le patient».² On a demandé des renseignements démographiques, des informations sur la participation à l'anesthésie cardiaque, le temps écoulé depuis le dernier cours de l'ACLS et l'attitude face à ce cours et à la formation médicale continue (FMC). Les membres du Département d'anesthésie et du programme en soins intensifs de l'université Western Ontario se sont entendus sur la clarté et la validité des questions. Le questionnaire a été prétesté auprès de 32 anesthésiologistes, puis posté à un échantillon aléatoire

de 200 membres de la Société canadienne des anesthésiologistes.

La note de passage a été fixée à 70 %. Parmi les 124 anesthésiologistes qui ont répondu, 20,2 % ont réussi, mais seulement 13,7 % ont passé sans commettre d'«erreur fatale». Un peu plus de la moitié des répondants (56,3 %) ont choisi au moins une «erreur fatale». Les résultats n'étaient pas influencés par le nombre d'années de pratique ni par le temps écoulé depuis le dernier cours ACLS. Ceux qui pratiquent l'anesthésie cardiaque ont eu de meilleurs résultats.

Cette étude soulève trois questions importantes : d'abord, la validité de l'étude; ensuite, l'applicabilité des directives AHA ACLS aux arrêts cardiaques périopératoires; enfin, la sécurité de la pratique anesthésique au Canada.

L'étude était-elle valide?

Les dix vignettes étaient décrites comme des représentations de cas réels, et non de situations fictives, et semblaient réalistes. Cependant, nous pourrions remettre en question le choix de certaines réponses «correctes».

La question 1 concernait un patient brûlé qui a subi un arrêt asystolique, précipité par l'hyperkaliémie induite par la succinylcholine. La réponse «correcte» était le gluconate de calcium. Néanmoins les anesthésiologistes pouvaient choisir de traiter l'hyperkaliémie avec du bicarbonate, comme le propose le Comité de liaison international sur la réanimation (International Liaison Committee on Resuscitation, ILCOR) dans une déclaration sur les situations spéciales de réanimation (Advisory Statement on Special Resuscitation Situations) dans un article utilisé par les auteurs.⁴ Pourtant, ce choix était jugé comme une «réponse incorrecte, un moins bon choix».²

La question 7 avait trait à une surdose peropératoire de β -bloquant (labétolol) chez un patient en santé qui subissait une craniotomie pour l'ablation d'un méningiome. Or, le glucagon, c'était la réponse «correcte», ne se retrouve pas sur les chariots d'urgence de la salle d'opération ou des anesthésiques à Calgary. L'administration aurait donc été retardée, le temps de se procurer le médicament sur le chariot central du bloc opératoire. Beaucoup d'anesthésiologistes auraient opté pour l'épinéphrine comme premier choix, puisqu'elle est facilement disponible et familière. Malgré tout, les auteurs ont inscrit une dose de 10 μ g d'épinéphrine comme une «réponse incorrecte», même si cette faible dose n'était pas préjudiciable comme traitement initial. Un autre choix, l'amrinone, était un «traitement clairement dangereux, une erreur fatale».² Cependant, au moins un des articles publiés depuis 1992 décrit l'utilisa-

tion efficace de l'amrinone comme traitement d'une surdose de bêtabloquant.⁵

Ces deux exemples illustrent bien les pièges inhérents à ce type d'évaluation des connaissances. Souvent, il n'y a pas qu'une seule et unique thérapie pour un problème donné. Dans la déclaration de l'ILCOR, les β -bloquants sont un exemple de médicaments d'usage courant qui peuvent causer un arrêt cardiaque et qui peuvent s'accorder différemment aux directives standards de l'ACLS.⁴ D'autres traitements pour la surdose de β -bloquant ont été proposés sur la base des principes pharmacologiques fondamentaux, à la suite d'une révision de la documentation actuelle, et d'après l'opinion d'experts.⁴ Comme tels, les protocoles de l'ACLS sont une forme de recommandations de pratique clinique - des directives mises au point de façon systématique pour aider les praticiens (et les patients) à prendre les décisions appropriées dans des circonstances cliniques particulières.⁶ Les recommandations de pratique clinique «*transforment en action clinique les directives fiables et judicieuses issues de la recherche scientifique*».⁷ Cependant, l'évidence peut être mince ou même absente - il est possible que peu de preuves scientifiques existent sur lesquelles on pourrait baser les recommandations.⁴ De plus, les protocoles d'ACLS, comme d'autres recommandations de pratique clinique, sont limités par un «*paradoxe temporel*» au sens où «*les meilleures pratiques peuvent avoir changé avant que l'encre qui a servi à les écrire n'ait eu le temps de sécher (ou pour le logiciel, le temps d'être écrit)*».⁸ Alors, il peut y avoir plus d'une solutions appropriées, justifiables ou correctes à la réanimation périopératoire. Le «meilleur» traitement peut dépendre de la pratique courante, des connaissances de l'anesthésiologiste et des choix de traitements disponibles.

Les directives de l'ACLS sont-elles applicables au traitement de l'arrêt cardiaque périopératoire?

La question 4 concernait le traitement d'une tachycardie à complexe QRS large non pulsatile chez une femme à qui on venait tout juste d'administrer une dose complémentaire de bupivacaïne pour une césarienne. La question portait sur le «*traitement prioritaire*» après qu'une réanimation appropriée (comprenant la défibrillation) a échoué. La bonne réponse était «*accouchement en temps opportun*» (sic). Peu d'anesthésiologistes seraient en mesure de réaliser eux-mêmes la césarienne. Pendant qu'un obstétricien ou un chirurgien se prépare - à «*expédier l'accouchement*» - un anesthésiologiste peut choisir d'administrer 5 mg·kg⁻¹ de brétylium ou une forte dose d'épinéphrine pour traiter l'intoxication à la bupivacaïne.⁹ (Néanmoins, les deux suggestions étaient des

réponses «incorrectes»). La déclaration de l'ILCOR reconnaît «*les anesthésiques périduraux*» comme une étiologie possible de l'arrêt cardiaque pendant la grossesse et recommande «*la césarienne immédiate*» après l'échec des manœuvres spécialisées de réanimation.⁴ Cependant, on ne tient pas du tout compte du traitement effectif de l'intoxication à la bupivacaïne,⁹ que l'anesthésiologiste pourrait réaliser pendant la réanimation.

La question 9 concernait le bloc cardiaque complet induit par l'insertion d'un cathéter de l'artère pulmonaire. Beaucoup de praticiens choisiraient d'abord le retrait du cathéter, mais ce n'était pas un choix de réponses et, qui plus est, cela ne fait pas partie des protocoles de l'ACLS.

Ces trois exemples illustrent une deuxième préoccupation à propos de l'étude concernant l'applicabilité des directives de l'AHA ACLS. L'objectif de l'étude était de vérifier les connaissances des anesthésiologistes en réanimation périopératoire en regard du contenu des protocoles de l'ACLS et des documents sur la réanimation. Les auteurs affirment que le faible taux de réussite peut s'expliquer par «*la confusion soulevée par les questions*» et l'ambiguïté des «*meilleures réponses*».² La confusion et l'ambiguïté peuvent être reflétées dans le taux de réponses à l'option «Je ne sais pas». Cependant, les auteurs n'ont pas fourni ce résultat.

Il est aussi possible que certains arrêts cardiaques périopératoires exigent un traitement qui ne correspond pas aux directives de l'AHA ACLS. En effet, Porayko et Butler ont noté avec intérêt qu'«*il y avait une tendance vers des cotes plus hautes chez les répondants qui croyaient que les protocoles de l'AHA ACLS n'étaient pas utiles à la pratique de l'anesthésie comparés aux répondants pour qui les protocoles n'étaient pas familiers*».

Les arrêts périopératoires sont particuliers. Les facteurs responsables les plus importants comprennent l'effet de l'opération, comme une «*hémorragie incontrôlée*»¹⁰ qui peut survenir même si les patients sont bien surveillés et si le personnel compétent sur place est attentif. L'anesthésique lui-même peut influencer l'arrêt.¹¹ Il serait intéressant de connaître l'évolution des cas utilisés comme sujets des vignettes et de savoir si les protocoles d'ACLS ont été suivis ou non et si les connaissances des anesthésiologistes sur la réanimation ont influencé l'issue de l'intervention.

Que nous révèle cette étude sur la pratique anesthésique au Canada?

En extrapolant à partir du faible échantillon, cette étude pourrait laisser croire que les anesthésiologistes canadiens n'ont pas de connaissances suffisantes sur la con-

duite à tenir en présence d'arrêts cardiaques périopératoires. Ce qui pourrait être le plus significatif, c'est le nombre d'«*erreurs fatales*» choisies, par ex. la cardioversion pour l'activité électrique non pulsatile; la défibrillation pour la tachycardie supraventriculaire induite par l'hyperthermie maligne. Cette déficience pourrait, en conséquence, modifier l'évolution du patient. Cependant, on ne peut trouver d'études cliniques sur l'effet des connaissances (ou du manque de connaissances) des anesthésiologistes sur l'évolution des patients qui subissent un arrêt cardiaque périopératoire. De fait, l'arrêt périopératoire est un événement rare et il peut survenir dans 1,4 anesthésie sur 10 000.¹²

Comment les anesthésiologistes doivent-ils réagir à cette étude?

Même si Porayko et Butler ont soulevé un certain nombre de questions, les anesthésiologistes ne peuvent ignorer les résultats. Étant donné leur compétence dans la gestion des voies aériennes et de la manipulation hémodynamique, les anesthésiologistes devraient être bien qualifiés pour s'occuper d'un collapsus physiologique aigu. Pourtant, lors d'une simulation récente réalisée à Toronto, seulement 9 % des sujets ont suivi les directives de l'ACLS et 61 % ont fourni des réponses qui déviaient largement des directives. On retrouve, entre autres, le fait de ne pas avoir arrêté l'administration de l'anesthésique, d'avoir omis la défibrillation ou l'administration d'épinéphrine.¹³ Les protocoles tels que les directives de l'ACLS représentent des «*lignes de conduite structurées*» adaptées aux situations d'urgence. Dans l'aviation, on a montré que l'emploi de protocoles et de liste de rappel des anomalies pouvait réduire le risque d'oublier des éléments, ce qui pourrait arriver si on se fie strictement à sa mémoire pour tout se rappeler et demeurer en même temps attentif à la situation.¹⁴ Nous avons besoin d'«*algorithmes écrits*» pour les diagnostics et la résolution des problèmes, comme l'arrêt cardiaque, qui «*ne surviennent pas assez souvent pour que le praticien demeure expert à les régler*».¹⁵ Porayko et Butler croient que les meilleurs résultats obtenus par les praticiens d'anesthésie cardiaque pourraient s'expliquer par la formation plus poussée en soins intensifs pendant la spécialisation cardiovasculaire. Les résultats peuvent aussi refléter la fréquence du recours à la réanimation dans la pratique courante, plutôt qu'une déficience dans la spécialisation. Nous avons également besoin de plus d'occasions de formation périodique et de la possibilité de pratiquer ces directives dans des situations réelles.¹³ Nous encourageons les auteurs de cette étude, et d'autres, à aller plus loin dans l'évaluation du rôle des directives de l'AHA ACLS quant à la

conduite à tenir lors d'un arrêt cardiaque périopératoire et à l'effet des connaissances de l'anesthésiologiste sur l'évolution du patient.

References

- 1 *Bellamy Gardiner H.* A Manual of Surgical Anaesthesia, 2nd ed. London: Bailliere Tindall and Cox, 1905: 1916. *Cited in:* Harrison GG. Anaesthetic accidents. Clinics in Anaesthesiology 1983; 1: 415–29.
- 2 *Porayko LD, Butler R.* Perioperative resuscitation knowledge base. Can J Anesth 1999; 46: 529–35.
- 3 *Anonymous.* Guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiac care. Emergency Cardiac Care Committee and Subcommittees, American Heart Association. Part III. Adult advanced life support. JAMA 1992; 268: 2199–241.
- 4 *Kloeck W, Cummins RO, Chamberlain D, et al.* Special resuscitation situations. An advisory statement from the International Liaison Committee on Resuscitation. Circulation 1997; 95: 2196–210.
- 5 *Kollef MH.* Labetalol overdose successfully treated with amrinone and alpha-adrenergic receptor agonists. Chest 1994; 105: 626–7.
- 6 *Battista RN, Hodge MJ.* Clinical practice guidelines: between science and art. CMAJ 1993; 148: 385–9.
- 7 *Stockall CA.* Evidence-based medicine and clinical guidelines: past, present and future (Editorial). Can J Anesth 1999; 46: 105–8.
- 8 *Lewis S.* Paradox, process and perception: the role of organizations in clinical practice guidelines development. CMAJ 1995; 153: 1073–7.
- 9 *Carpenter RL, Mackey DC.* Local anesthetics. In: Barash PG, Cullen BF, Stoelting RK (Eds.). Clinical Anesthesia, 3rd ed. Philadelphia: Lippincott-Raven Publishers, 1997: 413–40.
- 10 *Torres NE, White RD.* Current concepts in cardiopulmonary resuscitation. J Cardiothor Vasc Anesth 1997; 11: 391–407.
- 11 *Jasani MS, Salzman SK, Tice LL, Ginn A, Nadkarni VM.* Anesthetic regimen effects on a pediatric porcine model of asphyxial arrest. Resuscitation 1997; 35: 69–75.
- 12 *Girardi LN, Barie PS.* Improved survival after intraoperative cardiac arrest in noncardiac surgical patients. Arch Surg 1995; 130: 15–8.
- 13 *Kurrek MM, Devitt JH, Cohen M.* Cardiac arrest in the OR: how are our ACLS skills? Can J Anaesth 1998; 45: 130–2.
- 14 *Hawkins FH.* Human Factors in Flight, 2nd ed. Aldershot: Ashgate Publishers, 1993.
- 15 *Williamson JA, Webb RK, Sellen A, Runciman WB, van der Walt JH.* Human failure: an analysis of 2000 incident reports. Anaesth Intensive Care 1993; 21: 678–83.