

PRECAUTIONS A PRENDRE CONTRE L'INFLAMMATION DES ANESTHESIQUES INFLAMMABLES*

I. LES RISQUES DE L'ELECTRICITE STATIQUE DANS LES SALLES D'OPERATION

P. J. SEREDA†

II. LES RISQUES DE L'ELECTRICITE DANS LES SALLES D'OPERATION

A. R. MORSE‡

I. LES RISQUES DE L'ÉLECTRICITÉ STATIQUE DANS LES SALLES D'OPÉRATION

IL PEUT paraître paradoxal de parler des risques de feu et d'explosions des agents anesthésiques qui surviennent, d'après les statistiques, seulement une fois sur 80,000 ou 100,000 anesthésies, alors que les risques de la chirurgie, j'en suis sûr, sont beaucoup plus fréquents. Vous êtes d'accord, toutefois, j'en suis certain, que les chiffres ne donnent pas toujours une idée exacte de l'importance du risque. En effet, ne nous sentons-nous pas toujours plus troublés par la mort accidentelle de l'enfant d'un voisin, accident qui aurait pu être évité par *un peu plus d'attention*, que par la mort de plusieurs enfants attribuables à différentes maladies contre lesquelles nous ne pouvons rien? Cet article parle précisément de se « un peu plus d'attention » en ce qui concerne le feu et les explosions des agents anesthésiques. Si l'on désire que toute la sécurité possible soit obtenue, il faut compter que la coopération des ingénieurs et de tous ceux qui tiennent à la sécurité dans la salle d'opération soit assurée aux membres de la profession médicale. Nous avons la conviction qu'il est possible d'obtenir cette sécurité.

Depuis un certain temps, plusieurs personnes qualifiées ont consacré leur temps et leurs efforts à l'étude de ce problème et les codes détaillés de sécurité, tel le NFPA américain, bulletin 56, sont un témoignage de leur travail. C'est décevant de se rendre compte que, même aujourd'hui, il existe encore des membres de la profession médicale qui manifestent un certain scepticisme au sujet de ces mesures de sécurité, tout comme s'il s'agissait pour eux de subir un contrôle extérieur, et de limiter la liberté du chirurgien et de l'anesthésiste dans l'exécution d'un bon travail qu'ils devraient pouvoir faire mieux que quiconque. Cela est bien humain, mais soyez assurés que ceux qui écrivent des codes, à la demande et

*Présenté à l'assemblée annuelle d'automne, 19 et 20 octobre 1962, au Centre Médical de la Défense National à Ottawa, devant la section d'anesthésie de l'Association Médicale de l'Ontario.

†Division des Recherches en Construction, National Research Council, Ottawa, Canada.

‡Division de Radiotechnique et de Génie Electrique, National Research Council, Ottawa, Canada.

avec l'aide de la profession médicale, n'ont qu'un seul but en tête : sauver la vie de ceux qui, autrement, pourraient mourir inutilement.

Le plus grand progrès vers la sécurité réside dans la compréhension et la vigilance du risque. C'est une question d'éducation ! Il ne fait pas de doute que tous savent que les flammes ouvertes, les étincelles provenant d'appareils électriques non à l'abri des étincelles, les filages défectueux, les lampes à incandescence, les surfaces chaudes de toutes sortes, les endoscopes, les cautères à haute fréquence, une cigarette qui se consume, peuvent devenir la source d'ignition pour les mélanges d'agents anesthésiques inflammables. Toutefois, il existe une source d'ignition, l'étincelle d'électricité statique, qui ne semble pas aussi bien comprise. Cette source d'ignition est d'autant plus importante qu'elle est responsable de la majorité des explosions.

Qu'est-ce que l'électricité statique ? Nous nous rendons compte de sa présence quand nous voyons un faisceau de petits éclairs et aussi quand nous enlevons, dans l'obscurité, notre chemise de nylon. Nous entendons même le bruit dans le cas du tonnerre et le crépitement du matériel synthétique. Ce que nous voyons ou entendons c'est l'étincelle produite par la décharge des charges électriques accumulées. L'une de deux surfaces accolées intimement va devenir dans un état tel que le nombre d'électrons et d'ions vont être distribués de façon inégale entre les deux surfaces. Si ces surfaces sont toutes les deux de bonnes conductrices, dès que nous les séparerons, il va se faire une distribution égale des électrons et des ions sur chacune des surfaces avant que le dernier point de contact se rompe. Mais si l'une des surfaces est un isolant, au moment de la séparation, la répartition des charges ne peut plus se faire parce que la mobilité des électrons est inhibée. Le temps nécessaire pour que la décharge se fasse tient à la résistance et à la capacitance du système, et cela est régi par la vitesse de séparation des deux surfaces.

Bien des gens sont sous l'impression qu'il faut que les deux surfaces en contact soient isolantes pour que naissent des charges d'électricité statique. Cela n'est pas exact. Si je prends un morceau de nickel que je recouvre de nylon et un rouleau de nickel, lorsque je passe le rouleau sur le nylon, et que je jette le nylon dans une boîte de métal (ce qui s'appelle "Cage de Faraday"), vous pouvez évaluer la charge électrique qui a été engendrée en faisant la lecture sur le voltmètre électrostatique. Maintenant, je vais vous démontrer l'effet de la charge d'induction : cela prouve que si un seul objet est porteur d'une charge, il peut provoquer plusieurs étincelles et continuer à demeurer chargé (voir la figure 1, p. 123).

Pour cela, je coupe le circuit et l'aiguille du voltmètre tombe à zéro. Ce qui se passe : c'est que, du sol, des charges électriques de signe contraire viennent neutraliser la charge électrique de la boîte. Observons que ces charges électriques venues du sol pour neutraliser ne peuvent pas passer de la boîte au nylon puisque le tissu est isolant. Maintenant si je rétablis le circuit, vous observez que le voltmètre demeure à zéro, parce que les charges électriques étaient en équilibre à la suite de l'opération antérieure. Mais, toutefois, si j'enlève le tissu pendant que le circuit est rétabli, nous constatons que, de nouveau, l'aiguille du voltmètre atteint le sommet de l'échelle. Cela signifie que la charge électrique transmise à la boîte par le tissu chargé d'électricité n'est plus en état d'équilibre. Maintenant, si je

coupe le circuit, il peut se produire une étincelle au moment où la charge électrique retourne au sol. C'est là que réside le risque sérieux des tissus porteurs de charges électriques; parce que ce tissu est isolant, il ne peut perdre, à la fois, qu'une faible partie de sa charge électrique, mais il peut charger par induction un objet conducteur qui ne possède pas de mise à terre et provoquer une forte étincelle entre cet objet et le sol. Souvenons-nous également que, une fois porteur d'une charge électrique, ce tissu peut répéter cette induction indéfiniment, sans perdre sa charge, comme il est possible de le démontrer en rétablissant le circuit et en plongeant de nouveau le tissu dans la boîte sans le frotter de nouveau. Même si ce phénomène est difficile à expliquer, je puis vous assurer que, en pratique, il peut exister très facilement lorsque des personnes porteuses de vêtements isolants se déplacent dans une salle.

En conséquence, le premier geste à faire pour éliminer les étincelles d'électricité statique est de mettre de côté tous les objets qui peuvent engendrer des charges électriques et les remplacer par d'autres objets possédant un degré convenable de conductivité de façon à ce que les charges électriques ne puissent pas s'accumuler.

Ainsi, tous les caoutchoucs non conducteurs doivent être remplacés par des caoutchoucs conducteurs et les tissus synthétiques peuvent être remplacés par du coton qui n'engendre pas d'électricité si le degré d'humidité demeure au-delà de 50 pour cent (du coton propre peut engendrer de l'électricité aussi bien que les tissus synthétiques dans un milieu où l'humidité demeure entre 25 et 35 pour cent).

Un choix judicieux du tissu que le personnel doit porter dans les salles d'opération et le maintien d'une humidité relative de 50 pour cent et plus sont deux excellents moyens, et sont des moyens nécessaires, pour diminuer les risques d'électricité statique. Toutefois, il est excessivement difficile d'éviter la génération de toute charge électrique et, c'est pour cela qu'il faut une deuxième ligne de défense. On peut réaliser de façon très efficace cette deuxième ligne de défense en maintenant une charge électrique égale entre tous les objets et toutes les personnes en installant les planchers conducteurs, et en prenant soin que tous les objets et toutes les personnes demeurent en contact avec les planchers. Il faut porter des chaussures conductrices, car les gens, en circulant, sont susceptibles d'engendrer ou de ramasser des charges électriques. Il est décevant de constater que certains hôpitaux possèdent, dans leurs salles d'opération, des planchers conducteurs dont ils vérifient la conductibilité régulièrement mais, en même temps, personne n'y porte de chaussures conductrices, ce qui annule tous les autres efforts.

Les souliers conducteurs sont tellement importants que j'aimerais en parler plus en détail. En général, on divise ces souliers en trois classes: d'abord, ceux dont la semelle et le talon sont faits de matériel conducteur qui vient en contact avec le pied (par l'intermédiaire d'un bas humide); ensuite, un appareil conducteur qu'on attache à la chaussure ordinaire et enfin des bottes conductrices. Il me semble que la solution la plus satisfaisante se trouve dans les bottes car elles peuvent servir de couvre-chaussures réguliers dans la salle d'opération, et il suffirait de leur faire subir les modifications nécessaires pour qu'elles conduisent

l'électricité entre la personne et le sol. On peut réaliser cela en installant une lanière de caoutchouc conducteur dans la botte, lanière qui établit le contact entre la cheville de l'individu et le plancher. Il reste une responsabilité pour le porteur de ces bottes : cette lanière doit être glissée au contact de la peau et non pas arrachée comme un objet nuisible ! Peu importe la sorte de souliers que portent les gens, il faut que, tous les jours, avant d'entrer dans la salle d'opération, chacun vérifie sa conductivité. Cela constitue un chaînon tellement important dans la chaîne vers la sécurité que je ne peux pas insister trop !

A l'occasion d'une visite récente dans un hôpital, je demandais qu'on me montre l'appareil pour vérifier la conductivité des chaussures; l'officière m'a répondu que, il y a quelques années, cet appareil était dans le corridor à l'entrée de la salle d'opération, mais qu'on l'avait fait enlever parce qu'il était nuisible. Je vous signale ce fait pour vous démontrer jusqu'où peut aller la complaisance. Le personnel des salles d'opération, dans cet hôpital, s'est probablement dit : « Nous n'avons jamais eu d'incendie, en conséquence, nous n'avons pas besoin de cela. » Quoi qu'ils en pensent, l'appareil peut avoir prévenu l'incendie. *La sécurité suppose la vigilance constante.*

Tout comme le personnel, l'outillage doit être mis en contact conducteur avec les planchers conducteurs en employant des roulettes conductrices ou des mises à terre appropriées. De toutes les mises à terre, les chaînes pendantes sont les moins efficaces non, seulement parce qu'elles peuvent être renvoyées sur l'outillage « pour les enlever du chemin » (ce que j'ai constaté récemment dans un hôpital) mais, en plus, parce que la chaîne peut devenir un isolant lorsque l'un des chaînons devient couvert de saletés ou d'oxyde. Pour assurer le passage de l'électricité, une chaîne doit toujours être réellement serrée. Toutefois, il ne faut pas enlever les chaînes si on ne les remplace pas par quelque chose de mieux !

Nous avons convenu de remplacer par du matériel conducteur tous les objets en caoutchouc ou en tissu non conducteur. Vous me direz : « Nous avons fait cela depuis des années ! » mais, est-ce que tous les objets en usage actuellement sont vérifiés périodiquement pour être certain qu'ils conduisent suffisamment ? Avec le temps, ces objets peuvent perdre leur conductivité (ou même être remplacés par des objets non conducteurs) et vous pouvez vivre dans un paradis imaginaire !

En conclusion, permettez-moi de vous rappeler le vieil adage qui dit que la sécurité est comparable à une chaîne et que « cette chaîne n'a qu'une force égale à la force de la plus faible de ses mailles ». Donc, une compréhension réelle des risques de l'électricité statique et des moyens de s'en débarrasser, une vigilance constante et des vérifications périodiques sont là les mailles nécessaires si vous désirez travailler dans une chaîne de circonstances dépourvues de risques d'incendie et d'explosions des agents anesthésiques par l'électricité statique.

II. LES RISQUES DE L'ÉLECTRICITÉ DANS LES SALLES D'OPÉRATION

Alors que chacun semble plus ou moins indifférent aux chocs électriques à la maison, il devient beaucoup plus dangereux si cette même indifférence se transporte dans les salles d'opération. Des circonstances qui bien souvent, dans la vie quotidienne, joueront un rôle secondaire, prennent une importance de premier

plan si on les place dans les conditions réalisées au cours de la chirurgie, car la même sorte de défektivité électrique qui, en temps ordinaire, ne donne que des ennuis bénins devient alors un réel danger.

Il existe trois possibilités sérieuses et différentes. En premier lieu, un mauvais circuitage peut entraîner un surchauffage des fils ou de l'outillage, ou peut occasionner des étincelles. En deuxième lieu, un membre du personnel peut prendre un choc électrique et faire un mouvement involontaire qui peut avoir des effets secondaires désastreux. En troisième lieu, si les défektivités du système électrique font que le courant passe dans le malade inconscient, le malade peut subir de sérieuses brûlures ou, même, peut être électrocuté. Au moins deux de ces éventualités possibles sont survenues plus d'une fois. Nous ne savons pas si des chocs électriques pris par les membres du personnel ont entraîné des accidents, mais vous en connaissez peut-être des cas.

Quand on doit construire ou rénover un hôpital, nous présumons que le personnel qui doit se servir des salles d'opération est consulté pour bien connaître ses exigences.

A ce moment-là, il peut se faire un formidable pas vers la sécurité concernant les trois risques mentionnés plus haut si le personnel donne un clair aperçu de ses exigences. Le personnel à qui l'on demande conseil devrait lire les codes actuels de sécurité durant l'usage des agents anesthésiques, code dont la préparation a nécessité tant de travail, ou, encore, écrire pour demander conseil à l'Association Canadienne des Standards.

De cette façon, il saurait quoi demander aux architectes et pourquoi il le demande. Après tout, les architectes et les ingénieurs ne sont que comme les docteurs et le commun des mortels : ils ne connaissent pas toutes les réponses et peuvent oublier quelque chose. Nous accumulons des renseignements depuis de nombreuses années et nous les tenons à la disposition du public; cependant, il se bâtit encore des hôpitaux qui sont loin d'offrir la protection qu'on serait en droit d'attendre.

En électricité, il existe trois principales précautions à prendre. La première doit être prise au cours de la construction et concerne ce qu'on pourrait appeler l'installation permanente; la seconde concerne l'achat de l'outillage et la troisième concerne l'administration, le fonctionnement et l'entretien.

L'installation permanente comprend des choses comme l'entrée du courant, les boîtes de distribution, les circuits, les commutateurs, les sorties, l'éclairage en général, la lampe principale pour la chirurgie, les négatoscopes, les horloges et les minuteurs. Ici l'exigence générale consiste en une entrée de courant pour l'installation permanente par salle ou deux salles d'opération, que cette entrée ne soit pas mise à terre, qu'elle soit isolée de toute autre entrée par un transformateur isolé, que toute installation soit à l'abri des étincelles, ou qu'elle soit placée au-dessus de ce qu'on appelle la zone dangereuse, c'est-à-dire au-delà de cinq pieds du sol, et que le circuit porte un indicateur continu pour attester qu'il demeure sans contact avec le sol.

(Je devrais peut-être expliquer ce que signifie un circuit sans mise à terre. Dans une maison ordinaire, le circuit possède une mise à terre sur un des deux fils qui alimentent un appareil; dans un circuit sans mise à terre, le transformateur iso-

lant non seulement isole le circuit de la source principale de courant qui a une mise à terre mais, en plus, il fournit l'électricité à chacun des deux fils du circuit, sans mise à terre ni sur l'un ni sur l'autre des fils. Toutefois, toute partie de métal neutre ou ne transportant pas de courant est soigneusement mise à terre. Un tel système, s'il est muni d'un détecteur pour assurer qu'il demeure en bon état, devient une magnifique protection contre les chocs électriques ou contre l'ignition électrique accidentelle des agents anesthésiques.)

Pour démontrer la nécessité de comprendre et de surveiller, je vais vous raconter un fait : nous avons reçu une fois, juste avant la construction d'un nouvel hôpital, les copies des plans. Nous avons remarqué que les salles d'opération devaient avoir un système électrique isolé sans mise à terre — ce qui était magnifique — mais que tout le bloc opératoire était alimenté par un seul transformateur isolé placé dans un coin du sous-sol. Un semblable système, indépendamment du soin qu'on a mis à l'installer, posséderait assez de fuite vers le sol pour constituer un risque même avant d'y ajouter un outillage électrique chirurgical. Heureusement ce plan a été changé pour permettre l'usage d'un circuit isolé séparé, avec son propre transformateur isolé pour chacune des salles d'opération.

La deuxième précaution principale est d'acheter de l'outillage électrique, surtout l'outillage portatif, dont l'usage est permis en présence d'agents anesthésiques inflammables. Ce n'est pas toujours possible, mais il faut continuer à le demander, et les manufacturiers vont finir par le fabriquer même s'ils ne le font pas actuellement. Toutefois, il y a des appareils comme les cautères à radio-fréquence qui sont pratiquement impossibles à construire de façon à ce qu'ils puissent subir les épreuves avec succès.

Il est bien possible que plusieurs d'entre vous travaillent actuellement dans des salles d'opération qui ne possèdent pas la protection prévue. Si telle est la situation, la troisième précaution devient, pour vous, trois fois plus importante. Il faut aider l'ingénieur électricien, ou l'électricien ordinaire, à diminuer le danger des défauts électriques en lui signalant toute anomalie qui apparaît sur le système électrique, ou tout choc inoffensif qui pourrait être pris, car ce sont là des signes avant-coureurs. Cette obligation pour le maintien préventif est de la plus haute importance pour l'outillage électrique portatif car, bien souvent, on ne fait pas d'inspection régulière de cet outillage. Occasionnellement, cet outillage peut appartenir à un membre du personnel. Il n'y a pas longtemps, en Ontario, un membre du personnel d'un hôpital a été gravement brûlé à la suite de l'ignition des agents anesthésiques par un morceau d'un appareil portatif. Je dois avouer que de semblables éventualités ne m'étonnent pas, car j'ai vu des modèles horribles d'outillage défectueux—tôt ou tard, toutes les conditions se réalisent et le malheur arrive.

Heureusement, il devient de plus en plus possible d'employer des agents anesthésiques non-inflammables, à la fois parce qu'il apparaît de nouveaux agents meilleurs et non-inflammables, et parce que les façons de les employer s'améliorent. (J'ai même lu que quelqu'un avait mis à point une sorte d'anesthésie à l'épreuve des chocs électriques — à mon avis, cela m'apparaît comme une croix entre l'électrochothérapie et la chaise électrique, mais, de toute façon, ce n'est pas inflammable!) Néanmoins, il faut tout mettre en œuvre pour n'avoir que de

L'outillage électrique approuvé comme étant à l'abri des étincelles car, comme vous les savez, on peut être placé dans la nécessité d'employer des agents anesthésiques inflammables, à un court délai d'avis. (C'est un point où la discussion préalable et la coopération entre le chirurgien et l'anesthésiste sont des plus précieuses.) A part cela, je n'insisterai jamais assez : évitez, à tout prix, de faire des modifications à un bon appareil à l'abri des étincelles, modifications qui changeraient son rendement, comme employer des extensions qui ont des commutateurs et des prises de courant ordinaires.

Un problème qui se pose plus fréquemment au cours des opérations et qui peut présenter un intérêt particulier, c'est celui de l'usage de plus d'un appareil électrique médical en même temps. Monsieur Jack Hopps, du Conseil National des Recherches, que quelques-uns d'entre vous connaissent par son travail sur les défibrillateurs, les électro-encéphalographes et la pompe cœur-poumon, a démontré que si l'on ne prend pas les précautions requises, le courant électrique peut passer d'un appareil dans le malade inconscient et dans un autre appareil. En cours d'opération, le malade peut subir plusieurs brûlures locales ou des chocs électriques, particulièrement au cœur dans certains cas. Étant donné que ces appareils, je crois, fonctionnent sous le contrôle des anesthésistes, il s'impose qu'ils se familiarisent avec leur fonctionnement et avec leur action réciproque. Les mises à terre de ces appareils exigent une attention spéciale; si l'on ne fait pas attention à la fois au fil actif et à la mise à terre, l'on ne pourra réaliser qu'il y a quelque chose de défectueux avant que le malade n'ait subi un tort considérable.

Malheureusement, de l'outillage et des techniques perfectionnées, conçus spécialement pour mettre du côté du malade de meilleures chances de santé, ne sont pas sans susciter de nouveaux problèmes. Sans aucun doute, ils augmentent la complexité de la garantie de sécurité contre le choc et les explosions. C'est dans ce but que les codes ont été rédigés pour aider le personnel des hôpitaux à procurer aux malades le plus de bienfaits sans risques et, c'est pour cette raison que les codes sont quelquefois difficiles à lire.

Personne n'oserait suggérer, par exemple, qu'une grande ville se serve, pour un instant, des règlements et des contrôles de la circulation en usage il y a 50 ans. Il en est ainsi dans les salles d'opération. Quelques-uns vous ont reçu des exemplaires du code canadien suggéré pour l'usage des agents anesthésiques inflammables, exemplaires qui étaient distribués au congrès mondial des Anesthésistes il y a deux ans. Ce code a été établi par un comité de l'Association canadienne des Standards, sous la présidence de monsieur Gordon Hughes, de la division des plans d'hôpitaux du département du Bien-Etre et de la Santé nationale. Des représentants de toutes les sections intéressées ont contribué à la réalisation de ce code. Entre autres, le docteur Shapley a apporté une précieuse contribution non seulement à cause des suggestions qu'il a faites comme mesures de sécurité, mais aussi en permettant aux autres membres du comité de se familiariser avec l'ambiance mystérieuse des salles d'opération.

Nous souhaitons que ce code soit publié prochainement et mis à la disposition de tous. Comme Moïse a dit, en apportant les tables de la loi des dix commandements, « C'est un document lourd de conséquences ». Les raisons pour lesquelles

il est lourd de conséquences ne se trouve pas seulement dans la complexité du sujet, mais aussi parce que le comité a fait de son mieux pour en faire une source de renseignements en plus d'un code. Nous avons la conviction que, en lisant ce code, le personnel de l'hôpital va réellement comprendre, non seulement les risques qu'il encourt, mais également les raisons qui justifient chacune des recommandations. Je vous incite à lire attentivement et en entier ce code, plus spécialement l'avant-propos et les parties I et III, aussitôt qu'il vous sera possible d'en obtenir un exemplaire. Ces chapitres sont les sections explicatives, et celles qui traitent des façons de procéder de l'administration et dans les salles d'opération. Le pamphlet NFPA No 56, que est le pendant américain, est actuellement en circulation et cela vaut la peine de le lire.

En somme :

1. Voir à ce que l'installation électrique permanente soit faite dans de petites boîtes isolées sans mise à terre et à l'épreuve des étincelles et à l'endroit désigné.
2. Demander de l'outillage à l'épreuve des étincelles.
3. Vérifier tout l'outillage avec soin et établir un programme de maintien préventif.
4. Employer l'outillage tel quel. Ne faites pas d'adaptations de « bouts de broche » ou des modifications.
5. Etablissez, au préalable, des façons de procéder de toute sécurité, et soyez prêts à des accrocs.
6. Lisez les codes et les autres articles sur la sécurité durant l'usage des agents anesthésiques inflammables.
7. Soyez toujours sur vos gardes; il n'y a que votre vigilance pour éviter que vous ne soyez témoin de la prochaine statistique rare.