

ELECTRISATION. DONNEES ACTUELLES ET CONDUITES A TENIR

par H. Gastinne, D. Mathé et R. Gay (*)

Résumé :

Les conséquences d'une électrisation ne sont pas toutes prévisibles ; la tension et la fréquence du courant sont des données généralement connues ; par contre, le temps de contact, le trajet du courant et l'intensité délivrée sont des éléments très variables d'un accident à l'autre ; ils sont difficiles ou impossibles à évaluer. Une électrocution par un courant à basse tension (50 à 380 V) expose la victime à des risques immédiats de fibrillation ventriculaire et/ou d'arrêt respiratoire. Dans cette éventualité, la survie de l'électrisé dépend de la mise en route précoce d'une réanimation cardiaque et/ou respiratoire. Dans d'autres circonstances, l'aspect initial de la victime est plus rassurant ; il faut néanmoins redouter l'apparition secondaire de troubles de la conscience, d'une dépression respiratoire, de troubles du rythme cardiaque. Les électrisations provoquées par des courants à haute tension (supérieur à 380 V) comportent les mêmes risques cardiaque, respiratoire et neurologique, de plus les brûlures profondes sont très fréquentes. Elles sont graves par leurs conséquences immédiates : état de choc, rhabdomyolyse, insuffisance rénale. Ces lésions thermiques évoluent vers la nécrose et nécessitent un traitement chirurgical souvent délabrant.

L'électrisation désigne toutes les manifestations physiologiques et physiopathologiques dues à un passage de courant au travers du corps humain. Cette dénomination englobe donc tous les accidents provoqués par un contact électrique.

Le terme d'*électrocution* ne s'emploie que pour les électrisations suivies à plus ou moins long terme de décès.

I. EPIDEMIOLOGIE.

Les données statistiques sont difficiles à établir. La déclaration des électrisations n'est pas constante, surtout pour les accidents domestiques. La terminologie employée n'est pas toujours rigoureuse. Les chiffres sont donc approximatifs.

Pour les six dernières années, le nombre annuel moyen d'électrocutions est de 180. Ce nombre augmente légèrement chaque an-

née mais, rapporté au nombre d'utilisateurs, il correspond à une diminution relative des accidents mortels. En 1976, 60 % des électrocutions survenaient sur le lieu de travail (2 à 5 % des accidents mortels du travail). Il semble que la part des électrocutions domestiques ait tendance à augmenter.

Le nombre des électrisations sans décès est encore moins précis. Les caisses d'assurance des travailleurs salariés dénombrèrent, en 1976, 2 632 accidents du travail par électrisation. Le nombre d'accidents domestiques est mal connu. Il serait très proche de celui des accidents du travail.

II. PHYSIOPATHOLOGIE.

1. Généralités.

Les conséquences physiologiques d'une électrisation sont multiples. Certaines résultent de phénomènes d'inhibition ou de stimulation (accidents neurologiques, fibrillation ventriculaire, téτανisation musculaire), c'est le choc électrique et ses conséquences. On doit les distinguer des effets liés à la libération d'énergie thermique.

a) LES CONSÉQUENCES D'UN CHOC ÉLECTRIQUE seraient éventuellement prévisibles si l'on pouvait connaître la fréquence du courant, sa durée de passage et son intensité.

La *fréquence* est généralement connue ; elle joue un rôle important dans les phénomènes de dépolarisation cellulaire. Le courant alternatif expose à la fibrillation ventriculaire pour des intensités quatre fois plus faibles que le courant continu.

La *durée de passage* du courant est variable d'un accident à l'autre ; le temps de contact peut être prolongé par une réaction d'agrippement au conducteur ou par une perte de connaissance immédiate.

L'*intensité* varie aussi ; elle dépend de la *tension* du courant et des *résistances* qui lui sont offertes selon la relation $I = U/R$ (**). La tension est le plus souvent connue, mais les résistances peuvent varier dans un rapport de 1 %. Des résistances placées en série (vêtements, sol) s'ajoutent à la résistance corporelle. Cette dernière varie considérablement en fonction du trajet emprunté par le courant mais aussi en fonction de facteurs physiques, physiologiques et même psychologiques. Deux cas particuliers méritent d'être soulignés. L'eau abaisse les résistances ; l'intensité délivrée est alors élevée ; ceci rend compte

(*) R. GAY et H. GASTINNE : service de réanimation médicale, hôpital Dupuytren, 87031 Limoges Cedex. D. MATHÉ : S.A.M.U. hôpital universitaire Dupuytren, 87031 Limoges Cedex.

de la gravité des accidents qui surviennent en milieu humide. Inversement, l'augmentation brutale des résistances par carbonisation des tissus lors d'une électrisation à haut voltage abaisse l'intensité. Ceci pourrait expliquer que, dans de tels cas, le risque de fibrillation ventriculaire ne soit pas plus grand que pour des tensions plus faibles.

b) LES EFFETS THERMIQUES DE L'ÉLECTRICITÉ sont exprimés par la relation $Q = RI^2t$, Q est la quantité de chaleur libérée. Les résistances, l'intensité et le temps de contact sont donc impliqués. Compte tenu de la relation qui unit tension, intensité et résistance, la formule précédente peut s'écrire : $Q = (U^2/R)t$.

Cette expression fait apparaître le rôle capital du *voltage* dans la genèse des brûlures. Pour qu'elles se produisent à basse tension, il faut que le temps de contact soit prolongé, que les résistances soient abaissées ou que l'énergie thermique soit libérée dans un petit volume tissulaire (contacts bipolaires rapprochés au niveau de la bouche ou de la main chez l'enfant).

-
- (**) La tension électrique (U) s'exprime en volt(V)
 L'intensité de courant électrique (I) s'exprime en ampère ... (A)
 La résistance électrique (R) s'exprime en ohm(Ω)
 La quantité de chaleur (Q) s'exprime en joule (J)
 Le temps de passage du courant (t) s'exprime en seconde ... (s)

Si la fréquence du courant et sa tension sont le plus souvent connus, il est par contre difficile d'évaluer les autres paramètres. Les variations imprévisibles du temps de contact et des résistances expliquent sans doute la disparité des conséquences pour des électrisations apparemment comparables.

Ces notions ont en pratique une grande importance pour la prévention des électrocutions. La commission électrotechnique internationale a ainsi établi un diagramme de risque électrique (fibrillation ventriculaire, brûlures) en fonction de l'intensité et du temps de passage du courant. Ces données servent de base pour l'étude du seuil de déclenchement et du temps de réponse de certains dispositifs de protection (disjoncteurs différentiels résiduels).

2. Effets physiologiques de l'électrisation.

a) CONSÉQUENCES CARDIO-CIRCULATOIRES.

La fibrillation ventriculaire (FV).

Le courant doit traverser le cœur pour qu'elle se produise. Cette éventualité est fréquente quand le courant passe d'un membre supérieur à l'autre ou de la tête à un membre inférieur. Elle est moins fréquente lorsque le courant passe d'un membre

supérieur à un membre inférieur. Des FV par contact direct peuvent s'observer dans certaines conditions de pratique médicale ; la FV apparaît alors pour des intensités très faibles (2 à 10 μ A). C'est le cas lorsqu'une sonde de simulation cardiaque ou un cathéter placé dans les cavités droites du cœur servent de conducteur. L'intensité dangereuse peut être délivrée par des appareils médicaux défectueux sous forme de courants de fuite.

La FV se déclenche quand des cellules myocardiques en nombre suffisant sont dépolarisées par le courant pendant la période réfractaire relative du cycle cardiaque (20 % du cycle cardiaque). Des courants de 15 à 100 Hz, des temps de passage supérieurs à 1,5 s sont particulièrement dangereux. Pour un contact externe, l'intensité doit être supérieure à 30 mA. Paradoxalement, le risque de FV diminue quand l'intensité délivrée dépasse un certain niveau. Selon DALZIEL, au-delà de 5 A, le déclenchement d'une FV ne serait plus observé. Ceci n'est possible que pour de hautes tensions .

L'hypoxie consécutive à un arrêt respiratoire peut aussi entraîner une FV.

L'action directe de l'électricité sur le système nerveux central et sur les barorécepteurs carotidiens peut entraîner un collapsus vaso-vagal.

Atteintes cardio-vasculaires.

L'électrisation a été rendue responsable de lésions myocardiques. Des lésions cellulaires analogues ont été notées après des cardioversions réalisées avec des énergies élevées. Ces lésions expliquent sans doute les *troubles du rythme* et de la *conduction* qui sont souvent observés après une électrisation grave. Leur délai d'apparition est imprévisible. On note également des manifestations fonctionnelles sans traduction électrocardiographiques (*palpitations, lipothymies*). Un enregistrement continu par la méthode de HOLTHER infirmerait peut-être cette impression rassurante.

Des troubles de repolarisation transitoires, sans symptomatologie clinique peuvent se manifester dans des délais très variables. Leur relation avec une insuffisance coronarienne est difficile à établir. A l'inverse, des infarctus du myocarde authentiques ont été observés.

Les conséquences vasculaires de l'électrisation sont liées à la faible résistance des vaisseaux qui canalisent le passage du courant. Des spasmes artériels, des lésions de la média, des thromboses artérielles, des artérites des membres ont été décrites.

b) CONSÉQUENCES MUSCULAIRES.

A partir de 6 mA, le courant alternatif entraîne une *tétanisation musculaire* qui cède à la rupture du contact. Le nombre d'unités motrices concernées augmente avec l'intensité. Si la téτανisation porte sur les extenseurs, elle rejette la victime en arrière et peut être cause de lésions traumatiques. Si l'intensité délivrée dépasse 10 mA, la prédominance des fléchisseurs provoque un agrippement au conducteur. Pour des intensités supérieures à 20 mA, et si le trajet du courant passe par la cage thoracique, la téτανisation du *diaphragme* est possible et entraîne alors un blocage respiratoire.

c) CONSÉQUENCES NEUROLOGIQUES.

Le choc électrique a des effets directs sur le système nerveux. Les mécanismes sont multiples et intriqués, lésions cellulaires avec ou sans effet électrothermique, sécrétions anarchiques de neuromédiateurs, modifications de la circulation cérébrale, œdème cérébral secondaire.

En dehors de tout contexte hypoxique, l'électrisation peut entraîner des *troubles de la conscience*, de l'*obnubilation au coma profond*. L'inhibition des structures du tronc cérébral peut engendrer des *troubles neurovégétatifs*, mais surtout un *arrêt respiratoire* immédiat ou retardé, de quelques minutes à quelques heures. La sidération respiratoire peut durer jusqu'à 24 heures, mais elle est toujours réversible en l'absence de lésions cérébrales hypoxiques majeures. *Des crises convulsives, un syndrome déficitaire* peuvent s'observer en cas de contact céphalique.

L'évolution de ces troubles est difficile à prévoir. Quelquefois, ils sont transitoires et régressent totalement en quelques heures ou quelques jours ; d'autres fois, la régression est incomplète et s'accompagne de *séquelles*. Une symptomatologie proche du *syndrome postcommotionnel* des traumatisés crâniens peut s'observer, mais elle n'aurait pas la même tendance régressive. Une atrophie corticale, un syndrome extra-pyramidal peuvent se constituer longtemps après l'accident. Une cataracte, une surdité, des lésions médullaires, des atteintes nerveuses périphériques ont également été décrites.

d) BRÛLURES ÉLECTRIQUES.

Celles qui résultent du contact avec un arc électrique ont la même sémiologie et relèvent du même traitement que les brûlures communes.

Les brûlures électrothermiques sont différentes. Le dégagement de chaleur par effet Joule se produit *en profondeur* au niveau des masses musculaires et des axes vasculo-nerveux. La résis-

tance électrique de ces tissus est faible, l'intensité délivrée localement est importante. Ce sont des brûlures profondes, le plus souvent indolores car les terminaisons sensibles sont détruites.

Elles réalisent un *tableau voisin de celui du crush-syndrome*. Dans les premières heures, elles entraînent une *fuite plasmatique*, un *état de choc* et surtout un *œdème* sous-aponévrotique qui peut être compressif. Il se constitue un syndrome des loges et une rhabdomyolyse avec libération de myoglobine dans la circulation. Une *insuffisance rénale aiguë* peut apparaître et le risque d'*hyperkaliémie* est important.

Dans les jours suivants, les lésions thermiques évoluent vers la *nécrose*. La surinfection par des germes anaérobies est possible. L'étendue de la nécrose peut varier. Des *phénomènes vasculaires*, hémorragie, thrombose, mais aussi revascularisation accompagnent les destructions thermiques. Tout ceci pose aux chirurgiens de réels problèmes pour déterminer le moment et l'étendue des résections nécessaires. De toute façon, ces brûlures sont délabrantes, longues à cicatriser malgré les plasties. Elles sont cause d'importantes séquelles trophiques fonctionnelles et esthétiques.

Au total, les accidents provoqués par les basses tensions (50 à 380 V) sont graves quand les résistances sont basses ou quand le contact est prolongé. Le risque vital est immédiat par inefficacité circulatoire ou par arrêt ventilatoire. Les brûlures sont rares, parfois superficielles, parfois profondes mais localisées. Elles n'entraînent alors que des séquelles fonctionnelles. Pour les hautes tensions, supérieures à 380 V, le risque cardio-respiratoire n'est pas très différent, mais les brûlures sont fréquentes, profondes, dangereuses dans l'immédiat et mutilantes par leurs séquelles.

III. CONDUITE A TENIR.

1. Principes généraux.

Tout sujet victime d'un choc électrique, même apparemment bénin, doit bénéficier dès que possible d'un examen médical et d'un électrocardiogramme. Si des troubles de conscience transitoires sont observés, même si l'aspect est rassurant, l'hospitalisation est nécessaire. Elle est obligatoire dans tous les cas, s'il s'agit d'un accident à haute tension.

Le sort immédiat de la victime dépend largement de l'attitude des témoins. Ils doivent provoquer la coupure du courant, prévenir le risque d'une chute à la coupure, obtenir par appel du S.A.M.U. l'assistance d'une équipe médicale spécialisée et entreprendre sans délai, en cas de besoin, une ventilation artificielle par le bouche à bouche et un massage cardiaque externe.

2. Sur les lieux de l'accident.

La démarche thérapeutique est guidée par l'appréciation des caractéristiques grossières de l'électrisation (tension, temps de contact, humidité) et surtout par l'état initial de la victime.

a) POUR LES ACCIDENTS A BASSE TENSION, il est possible d'évoquer schématiquement quatre situations :

- *L'accident bénin* ressenti comme une simple secousse. Le sujet est conscient, respire normalement, présente une certaine émotion et une tachycardie. Chez le sujet jeune, ce type d'incident n'entraîne habituellement aucune complication ;
- *L'accident préoccupant* où la victime a présenté transitoirement des troubles de la conscience. Elle doit rester allongée, être accompagnée à l'hôpital par une équipe médicalisée. Elle justifie une surveillance attentive pour déceler la survenue de troubles de rythme cardiaque, de désordres acido-basiques, de troubles neurologiques, et en particulier de troubles des régulations respiratoires ;
- *L'accident grave* où, après son dégagement, l'électrisé reste inconscient. Le rythme respiratoire est irrégulier, la ventilation insuffisante, les téguments cyanosés. Le pouls est rapide, la tension artérielle instable. Le sujet doit être placé en position latérale de sécurité. La ventilation par le bouche à bouche doit être entreprise en cas de besoin. Aussitôt arrivés, les secours médicalisés complètent ces premiers soins par la mise en œuvre d'une ventilation artificielle après intubation trachéale et une alcalinisation éventuelle ;
- *L'état de mort apparente*, avec disparition des pouls fémoraux et carotidiens, doit entraîner dès la coupure du courant la ventilation par bouche à bouche associée au massage cardiaque externe. Ces manœuvres sont poursuivies jusqu'à l'arrivée des secours, même si la situation semble désespérée. Un *coup de poing sternal*, asséné dans la première minute de l'accident permet quelquefois de réduire une FV. La survenue de lésions cérébrales irréversibles serait plus tardive que pour les autres arrêts cardiaques. Quelques cas de guérison sans séquelles ont été observés après une heure de massage cardiaque.

La ventilation artificielle instrumentale se pratique en oxygène pur jusqu'à l'arrivée en milieu hospitalier, même si le cœur, sous l'effet de l'adrénaline ou d'une défibrillation a retrouvé une activité apparemment efficace. Selon des hypothèses récentes, l'efficacité du massage cardiaque externe serait améliorée par une augmentation de la pression intrathoracique. Pour cela, il serait sou-

haitable de pratiquer une ventilation non synchronisée avec le massage cardiaque pour faire coïncider un certain nombre de compressions avec une insufflation.

La surveillance du tracé électrocardioscopique guide la thérapeutique. Une FV à grandes mailles relève du choc électrique externe. La FV à petites mailles justifie l'injection intraveineuse de 1 à 2 mg d'adrénaline avant de défibriller. Quand le tracé est plat, seule l'injection d'adrénaline permet le retour sous massage à une activité cardiaque électrique. Les énergies délivrées pour la défibrillation ne devraient pas au début être supérieures à 3 ou 4 J. kg⁻¹. En cas d'échec, le niveau d'énergie doit être progressivement augmenté.

La correction de l'acidose métabolique se fait habituellement avec une solution de bicarbonate de sodium semi-molaire. La dose à injecter est difficile à évaluer. La tendance habituelle entraîne à dépasser largement la dose nécessaire. Cet excès peut ultérieurement mettre en péril la survie cérébrale.

b) POUR LES ACCIDENTS A HAUTE TENSION, les accidents graves précédemment décrits se rencontrent également. Mais dans 80 % des cas, il existe aussi des brûlures. La correction de l'hypovolémie qu'elles entraînent doit être faite dès que possible avec les solutés disponibles. La perfusion de bicarbonate de sodium isotonique est utile pour alcaliniser les urines et réduire la précipitation intratubulaire de la myoglobine.

L'association à des traumatismes est ici fréquente. La mobilisation et le transport de ces blessés doivent être réalisés avec les précautions d'usage.

3. Pendant l'hospitalisation.

a) TRAITEMENT MÉDICAL.

Le traitement symptomatique entrepris sur les lieux de l'accident est poursuivi dans des unités de réanimation. Il est prudent de surveiller pendant quelques jours l'électrocardiogramme, le taux des enzymes musculaires et cardiaques dans le sang, la présence de myoglobine dans les urines, l'alcalinité des urines et l'état de la fonction rénale. La demande de certains examens complémentaires peut se justifier dans le souci de constituer un dossier médico-légal. Les traitements entrepris sont adaptés aux différentes complications rencontrées.

Il convient cependant d'insister sur les problèmes spécifiques posés par les brûlures électriques. L'examen des téguements ne permet pas d'apprécier l'importance de la brûlure et d'estimer le volume de la séquestration liquidienne. Certains

conseillent la perfusion, au cours des 24 premières heures de 4 ml. kg⁻¹ % de surface brûlée. En fait, il est préférable de se fonder sur les signes d'hypovolémie, sur la pression veineuse centrale, la protidémie, la diurèse horaire et l'état de la fonction rénale. Plasma, albumine, sang et solutés cristalloïdes sont utilisés comme dans le traitement des brûlures conventionnelles. En raison de l'atteinte musculaire probable et de possibles lésions rénales précoces, l'administration de potassium doit rester prudente. La prévention du téτανos par des globulines spécifiques et l'ajustement de l'état vaccinal est nécessaire. L'antibioprophylaxie contre les germes anaérobies est souhaitable (pénicilline G et/ou métronidazole). HUNT et coll. accordent beaucoup d'importance à l'utilisation locale d'acétate de mafénide car ce produit est doté d'une excellente pénétration tissulaire. L'apport précoce d'une ration calorico-azotée importante (300 mg N. kg⁻¹, 50 Cal. kg⁻¹) est nécessaire dans un premier temps par voie intraveineuse puis par voie entérale.

b) TRAITEMENT CHIRURGICAL.

Il est dominé au début par l'obligation de réaliser des aponévrotomies de décharge en cas de syndrome compressif dans les loges musculaires. Il faut aussi réséquer les zones de myonécrose. La résection précoce radicale est mutilante mais quelquefois impérative en cas de risque vital, choc persistant, lésions étendues, rapport créatine/créatinine sanguine supérieur à l'unité.

Des résections itératives, après un temps suffisant d'observation, se justifient quand les lésions sont moins étendues. Elles permettent de faire la part de la myonécrose et des lésions œdémateuses et inflammatoires d'accompagnement.

L'attitude chirurgicale est guidée par le souci de prévenir l'extension des lésions, de diminuer le risque de surinfection et de limiter les conséquences générales et fonctionnelles de la myonécrose. Dès que possible, la mise en place d'autogreffes assure la couverture des lésions profondes.

Quelle que soit la stratégie adoptée, le choix du moment et de l'étendue des résections peut être facilité par des examens complémentaires. L'artériographie montre les thromboses et les ruptures vasculaires, mais elle ne renseigne pas fidèlement sur l'état de la circulation musculaire. Les examens au ¹³³xénon ou au pyrophosphate de ⁹⁹technecium seraient à cet égard plus intéressants. Pendant l'intervention, l'injection de bleu de disulfine permet de distinguer les tissus non vascularisés. Les biopsies peropératoires, leur examen microscopique et leur mise en culture sont également utiles.

IV. CONCLUSION.

Dans les faits, l'électricité n'est guère dangereuse quand on considère la multitude des utilisateurs et le nombre des imprudences commises. Toute électrification comporte néanmoins le risque d'une mort immédiate ou retardée ou des séquelles graves. Il serait donc illogique de conclure sans parler de prévention.

La prévention repose sur le respect et l'amélioration des normes de fabrication et d'installation, sur l'utilisation de systèmes de protection. Elle repose aussi et surtout sur l'éducation du plus grand nombre concernant le risque électrique et sur l'apprentissage des gestes élémentaires de survie. Cette éducation devrait être réellement développée dans les écoles, conformément aux dispositions réglementaires qui existent depuis vingt ans.
