

PRISE EN CHARGE DU PATIENT ÉLECTRISÉ OU FOUDROYÉ

Marc Bertin-Maghit, Amélie Mazaud, Corina Spann, Laure Fayolle-Pivot, Diane Le Quang, Julien Textoris, Thomas Rimmelé.

*Centre des Brûlés. Service d'Anesthésie Réanimation. Hôpital Edouard Herriot,
5 Place d'Arsonval 69437 Lyon cedex 03.*

Auteur correspondant : Dr. Marc Bertin-Maghit (marc.bertin-maghit@chu-lyon.fr)

Points essentiels

- L'électrisation correspond aux différents traumatismes induits par une exposition au courant électrique.
- L'électrocution est un arrêt cardio-circulatoire provoqué par contact direct avec l'électricité, le plus souvent par fibrillation ventriculaire.
- Trois types de phénomènes physiques sont responsables d'électrisation : les brûlures électriques avec passage interne du courant, l'arc électrique, le flash électrique.
- Le foudroiement met en jeu des forces électriques d'intensité et de voltage extrêmes, responsables d'accidents d'une grande hétérogénéité.
- Les électrisations par courant de basse tension sont en majorité des accidents domestiques caractérisés par une gravité cardio-vasculaire immédiate.
- Les électrisations par courant de haute tension sont en majorité des accidents du travail et sont responsables de brûlures profondes et de lésions délabrantes.
- Le passage du courant électrique dans l'organisme se fait entre des points d'entrée et de sortie, sièges de brûlures apparentes nommées marques électriques de Jellineck. Le trajet interne suit préférentiellement les axes vasculo-nerveux, avec un traumatisme thermique responsable de brûlures internes.
- La rhabdomyolyse secondaire à l'atteinte musculaire profonde se complique d'une tubulopathie rénale analogue à celle observée dans les crush syndromes.
- L'expansion volémique, supérieure à celle calculée à partir de la surface apparente des brûlures, vise à prévenir « l'acute kidney injury ». Elle est associée aux diurétiques et à l'alcalinisation des urines.
- Le traitement chirurgical impose des gestes itératifs de décompression, de parage, de régularisation et de reconstruction.

1. INTRODUCTION

L'électricité est omniprésente dans l'environnement humain. Sa forme naturelle est responsable d'accidents décrits depuis l'antiquité, dus à la foudre, l'électricité statique, ou certains animaux tels le gymnote ou le poisson torpille. Les recherches scientifiques sur l'électricité ont d'abord concerné l'étude du magnétisme. En 1752, Benjamin Franklin démontrait les liens entre foudre et phénomène électrique, tout en étant également à l'origine de la première démarche de prévention appliquée à ce phénomène par l'invention du paratonnerre. Si la pile électrique a été inventée par le physicien italien Alessandro Volta à la fin du XVIII^{ème} siècle, c'est au cours du siècle suivant que les recherches scientifiques isolées évoluent vers des démarches rationnelles scientifiques aboutissant à l'emploi quotidien de l'électricité par l'homme. Il est possible de citer à titre d'étape symbolique la mise en point de la première lampe par Thomas Edison en 1878, ouvrant l'ère de l'exploitation industrielle du courant électrique. Électricité et risque d'accident humain sont indissociables. Le foudroiement est redouté depuis l'antiquité comme en témoigne la crainte inspirée par les foudres de Zeus. Le premier accident mortel lié à un courant alternatif de bas voltage a été rapporté en 1879. Aujourd'hui, l'électricité est devenue une source d'énergie indispensable, universelle, permanente. Son utilité trouve des champs d'application dans tous les domaines d'activité humaine. Mais cette omniprésence est indissociable de risques accidentels très différents suivant l'origine naturelle, domestique ou industrielle du courant électrique en cause, et selon les caractéristiques physiques de celui-ci. L'étude de la conduite à tenir thérapeutique vis-à-vis d'un patient électrisé ou foudroyé est indissociable des mesures de prévention primaire et secondaire de ces accidents.

2. INCIDENCE ET FACTEURS FAVORISANTS

2.1 Épidémiologie

Les études épidémiologiques sont mais imprécises. Les expositions bénignes au courant de basse tension n'entraînent souvent ni consultation ni hospitalisation. Les centres de brûlés occidentaux rapportent entre 4 et 6 % d'hospitalisations pour brûlures électriques. Celles-ci sont grevées d'une mortalité et d'une incidence des complications plus élevées que lors de brûlures thermiques classiques [1]. Les données épidémiologiques récentes confirment des notions déjà soulignées dans les mises au point antérieures :

- Les accidents domestiques par courant de basse tension concernent pour 20 % des cas des enfants de moins de 6 ans. La mortalité hospitalière des enfants victimes d'électrisation est nulle aux États-Unis [2].

- Les victimes d'accident du travail en France sont en majorité des hommes adultes. La mortalité observée est de 3 % [3]
- L'incidence globale des accidents électriques est en baisse dans les pays occidentaux [2], mais le taux de létalité reste stable.
- La fréquence et la gravité de ces accidents sont moins bien connues dans les pays émergents. Les études disponibles sont plus anciennes et rapportent une proportion de brûlés hospitalisés plus élevée après un accident d'électrisation, et des séquelles plus lourdes. Les catastrophes naturelles, par exemple le tremblement de terre de 2010 en Haïti, sont des facteurs favorisant compte tenu de la destruction partielle des réseaux de distribution de l'électricité. Des circonstances particulières, comme les surfeurs de train, jeunes gens voyageant sur les toits des wagons au Brésil ou en Afrique, sont également à souligner [2].
- Le foudroiement reste un accident rare, responsable de 0,2 à 1,7 décès par million de personnes et par an dans le monde [4], et grevé d'une mortalité hospitalière de 18% [5]. La foudre frappe plus certains pays, différents reliefs, sous des climats propices, ou lors d'activités sportives ou professionnelles spécifiques. Des études rapportent ainsi une incidence élevée dans la partie sud de l'Afrique ou les états méridionaux des USA [6]. Les risques spécifiques liés à la pratique de l'alpinisme ou la navigation de plaisance justifient depuis longtemps des mesures de prévention particulières.

Des spécificités épidémiologiques sont liées aux caractéristiques physiques du courant incriminé. Les accidents domestiques concernent des enfants dans 2/3 des cas. Les électrisations par courant de haute tension sont dominées par les accidents du travail, avec une prédominance masculine due aux caractéristiques professionnelles du secteur concerné [2].

2.2 Caractéristiques physiques

Trois catégories de courant électrique peuvent entraîner des accidents :

- Le courant domestique de basse tension, sous sa forme monophasée à 220 volts (V), ou triphasée à 380 V, est omniprésent dans les locaux d'habitation et les établissements collectifs,
- Le courant de haute tension supérieur à 1000 V est rencontré sur ses lieux de production, dans les équipements de transport et d'alimentation électriques, et dans l'environnement industriel et les transports,

- L'électricité naturelle sous sa forme majeure la foudre libère en un temps très court, de l'ordre de quelques millisecondes, un courant d'intensité de 10000 à 25000 ampères avec une tension de 10 à 100 millions de volts.

L'importance des lésions induites par l'électricité est en rapport direct avec les caractéristiques physiques du courant en cause. Les différents paramètres se définissent par :

- L'intensité I du courant mesuré en ampères,
- La tension U exprimée en volts,
- La somme des résistances R mesurée en ohms,
- Le temps de contact t avec le courant mesuré en secondes,
- La chaleur produite E exprimée en joules.

Les lois physiques d'Ohm ($U = RI$) et Joule ($E = RI^2t$) permettent d'évaluer le dégagement de chaleur responsable du traumatisme électrothermique.

- Intensité du courant

Elle est difficile à préciser. Elle varie selon les différents niveaux de résistance rencontrés au passage du courant électrique. C'est l'intensité qui est responsable des phénomènes de contraction musculaire, de sidération neuronale, et de dysfonctionnement des cellules nodales myocardiques.

Pour un courant alternatif distribué à 50 Hz selon les standards européens, l'importance des lésions organiques et de dysfonctionnement cellulaire est proportionnelle à l'intensité du courant en cause :

- 1 à 2 milliampères (mA) : seuil de perception,
- 5 mA : douleur,
- 10 mA : contraction soutenue, réversible après interruption de l'électrisation,
- 30 à 100 mA : téτανisation diaphragmatique, si le trajet du courant traverse verticalement le tronc,
- 30 mA : limite inférieure du risque d'arythmie ventriculaire en cas de passage intracardiaque concomitant à la phase électrique vulnérable du cycle cardiaque.

Les accidents plus graves peuvent être responsables d'un tableau de mort subite, par fibrillation ventriculaire, laryngospasme asphyxique ou sidération des centres bulbaires [7]. Cela illustre le concept de « l'intensité qui tue ».

- Tension du courant

Plus la tension en cause est haute (> 1000 V), plus le dégagement de chaleur le long du parcours interne du courant sera important. C'est le principe des « volts qui brûlent ». Les caractéristiques physiques des courants responsables d'électrisation conduisent donc à opposer les électrisations de bas voltages < 1000 volts, accidents domestiques responsable d'un risque cardiovasculaire instantané et de discrètes brûlures, et les électrisations de haut voltage (> 1000 V) marquées par des lésions tissulaires et viscérales profondes et sévères.

- Résistances corporelles

Ce paramètre varie selon les tissus concernés. Pour la peau, la résistance augmente avec l'épaisseur de la couche cornée et diminue selon l'humidité de la zone de contact. Dans l'organisme, la résistance est décroissante depuis l'os, puis la graisse, les tendons, la peau, les muscles, le sang et enfin les nerfs. Le trajet du courant électrique suit donc en règle les axes vasculo-nerveux.

- Temps d'exposition et surface de contact

À voltage constant, l'intensité délivrée aux tissus augmente avec la surface de contact entre la peau et le conducteur. De même, l'atteinte cutanée est d'autant plus profonde que le temps d'exposition se prolonge, notamment par effet collage lorsque la téτανisation musculaire maintient le contact de la victime contre l'élément transmetteur du courant électrique.

2.3 Électrisation interne de l'organisme

L'électrisation survient lorsque deux points distincts de l'organisme sont soumis à une différence de potentiel. Le parcours interne du courant suit préférentiellement les axes vasculo-nerveux entre deux ou plusieurs points cutanés de sortie, sièges de lésions cliniquement apparentes à l'aspect de brûlures graves parfois délabrantes appelées marques de Jellineck. Même si la surface est parfois limitée, ces lésions s'accompagnent d'une nécrose sous-jacente profonde. Le point d'entrée concerne souvent un membre supérieur ou le cuir chevelu en cas d'accident du travail.

Le ou les points de sortie siègent préférentiellement aux membres inférieurs. Tout au long du trajet, le courant peut provoquer des dysfonctionnements électriques à l'échelon cellulaire, myocardique, neuronal ou musculaire. La chaleur produite selon l'effet Joule entraîne des brûlures de proximité.

Dans les formes graves, la rhabdomyolyse, aggravée par l'hyperpression régnant dans les loges musculaires du fait de la réaction inflammatoire, se complique d'un « acute kidney injury ».

L'étendue et la profondeur des lésions apparentes ne préjugent pas de la sévérité des atteintes viscérales et tissulaires sous-jacentes, responsables d'une part du risque immédiat d'atteinte d'une grande fonction, et d'autre part d'une évolution torpide.

2.4 Brûlures cutanées isolées par électrisation

Un arc électrique survient sans contact direct avec le conducteur électrique. Un amorçage entre deux agents conducteurs de courant d'un potentiel différent provoque soit un arc électrique à distance de la victime, soit l'arc se propage sur la peau si celle-ci, plus conductrice que l'air, est à proximité des deux sources. L'humidité locale peut favoriser le phénomène. Les lésions constatées sont des brûlures cutanées thermiques classiques, parfois aggravées par la combustion des vêtements.

Le flash électrique correspond à un phénomène lumineux joignant à distance de la victime deux conducteurs sous tension. Le dégagement de chaleur concomitant entraîne des brûlures thermiques souvent du deuxième degré intermédiaire. La forte intensité lumineuse du phénomène peut être responsable d'une atteinte oculaire, kératoconjonctivite immédiate ou cataracte secondaire.

2.5 Foudroiement

La foudre est un phénomène naturel secondaire au transfert d'énergie entre un nuage chargé d'électricité statique négative et la terre, ou entre deux nuages. Les caractéristiques physiques du courant en cause sont extrêmes : tension de plusieurs millions de volts, courant d'intensité de 10 000 à 50 000 ampères délivré en 10 à 100 millisecondes [4].

L'éclair ou la foudre en boule sont les modes de manifestation lumineuse du phénomène, le tonnerre étant le phénomène acoustique correspondant. La foudre peut frapper par passage électrique direct, ou lors d'une transmission filaire avec un téléphone, ou indirectement si l'éclair est latéral dans le cas du foudroyé abrité sous un arbre faisant paratonnerre. L'impact au sol, ou tension de pas, peut provoquer des lésions à distance par blast, traumatisme acoustique, traumatisme lumineux analogue à un arc de grande puissance, ou traumatisme indirect par projection.

3. ASPECTS CLINIQUES ET DÉMARCHES DIAGNOSTIQUES

L'électrisation regroupe des tableaux cliniques très polymorphes, immédiats ou différés. L'électrocution ne concerne que la forme la plus grave d'électrisation, l'arrêt cardio-circulatoire

lors du passage du courant électrique par le cœur. Sur les lieux de l'accident, on distingue quatre situations par ordre de gravité croissante :

- Secousse musculaire brève et isolée,
- Tétanisation musculaire plus durable, sans perte de connaissance correspondant au classique « effet collage »,
- Perte de connaissance brève, éventuellement accompagnée de mouvements épileptiformes,
- État de mort apparent avec arrêt cardio-respiratoire.

3.1 Lésions engageant le pronostic vital immédiat

3.1.1 Accident cardiaque aigu

Une symptomatologie cardio-vasculaire est présente dans un tiers des électrisations avec passage interne du courant. Le courant qui suit les axes vasculo-nerveux induit des dysfonctionnements électriques du tissu nodal et une lyse du tissu myocardique.

- Arrêt cardiaque

Lors d'une exposition au courant domestique, une fibrillation ventriculaire peut survenir si l'électrisation survient dans la période vulnérable du cycle électrique correspondant à l'onde T de l'électrocardiogramme. Lors d'un foudroiement, ce sont en majorité des asystolies qui sont rapportées. L'arrêt cardiaque peut aussi être secondaire à l'anoxie due à la téτανisation des muscles respiratoires ou à la sidération directe des centres respiratoires bulbares.

- Lésions myocardiques

Le courant peut induire un spasme coronarien responsable d'une ischémie myocardique transitoire voire d'un infarctus myocardique constitué. La nécrose peut être transmurale, partielle, focalisée ou diffuse [8]. La douleur est parfois absente, ou masquée par celle induite par les lésions associées. L'échocardiographie peut confirmer la souffrance myocardique aiguë ou différée [9]. Des descriptions cliniques de cas isolés rapportent des troubles du rythme ou de conduction non spécifiques : tachycardie ventriculaire, arythmies polymorphes, blocs de branches, allongement de l'espace QT.

- Lésions vasculaires

La paroi vasculaire est vulnérable en raison de sa finesse et de sa sensibilité à l'agression électrothermique [10]. Des cas de thromboses veineuses, de rupture partielle ou totale de la paroi artérielle, de spasmes vasculaires durables sont décrits [11]. Des tableaux de dysfonctionnements neuro-végétatifs avec labilité tensionnelle sont rapportés lors de foudroiements.

3.1.2 Atteinte neurologique

Elle est d'incidence élevée après électrisation par courant de haute tension. Les données épidémiologiques sont imprécises, avec une fréquence de la perte de connaissance immédiate rapportée entre 20 et 60 % des cas. Une perte de conscience brève est en règle générale sans séquelle, alors que le coma prolongé est de pronostic péjoratif. Déficits moteurs et dysesthésies sont décrits dans 30 % des électrisations et régressent sans séquelle dans deux tiers des cas. La symptomatologie des cas ponctuels publiés est très polymorphe avec des déficits partiels d'évolution imprévisible.

Comme après tout arrêt cardio-respiratoire, une encéphalopathie anoxique peut apparaître après récupération de l'activité cardiaque [12]. Des lésions encéphaliques hémorragiques ou ischémiques sont décrites. A l'étage médullaire, le pronostic des déficits liés à une démyélinisation ou à une atteinte cordonale est imprévisible. Des cas de restitution *ad integrum* tardive sont néanmoins possibles [13]. Enfin, d'éventuelles lésions orthopédiques associées peuvent s'accompagner de lésions nerveuses mécaniques non spécifiques.

3.1.3 Lésions musculaires

Deux phénomènes physiopathologiques distincts sont en cause. L'électrisation provoque une dépolarisation instantanée de la fibre musculaire induisant une contraction isolée ou une téτανisation. De plus, le dégagement de chaleur, lié à la production d'énergie électrothermique, produit des brûlures de proximité avec nécrose musculaire. La réaction inflammatoire locale s'accompagne d'activation de médiateurs de l'inflammation, de troubles de la perméabilité vasculaire, d'œdèmes locorégionaux voire généralisés dans les formes majeures. La réaction inflammatoire systémique constatée est sensiblement identique à celle décrite dans les brûlures cutanées classiques. Au niveau des membres, fréquent site de passage du courant, l'œdème local se complique d'un syndrome des loges analogue à celui décrit dans le crush syndrome.

3.1.4 Atteinte rénale

Après électrisation avec passage intense du courant, une défaillance rénale aiguë est décrite dans 3 à 15 % des cas. L'atteinte directe du parenchyme rénal reste exceptionnelle. Sur le plan physiopathologique, il s'agit d'une nécrose tubulaire aiguë par précipitation de la myoglobine et des

protéines tissulaires libérées dans le sang lors de la rhabdomyolyse. Le patient est oligoanurique, les urines prennent une coloration porto caractéristique. L'hypovolémie initiale constante à la phase aiguë de toute brûlure grave aggrave la souffrance rénale. Une acidose métabolique complète habituellement le tableau. La gravité de la défaillance rénale aiguë est corrélée avec l'intensité du syndrome des loges, l'étendue des brûlures cutanées du 3^{ème} degré ainsi que le voltage élevé du courant causal. Sur le plan biologique l'augmentation de la créatininémie est associée à une incidence élevée des amputations secondaires [14].

3.1.5 Atteinte respiratoire

Le passage interne du courant et les possibles traumatismes mécaniques associés sont responsables de lésions directes pleurales ou bronchiques qui se révèlent par un pneumothorax ou un pneumomédiastin.

3.1.6 Lésions digestives

À l'exception des électrisations majeures, la paroi abdominale est rarement le siège de marques de Jellinek isolées. Un aspect de criblage accompagne parfois les brûlures étendues du 3^{ème} degré. À l'échelon viscéral, des ulcérations digestives voire des perforations gastro-intestinales peuvent se révéler secondairement, jusqu'à dix jours de l'accident initial [15].

3.2 Lésions fonctionnelles secondaires

En cas de brûlure grave, la morbidité liée aux séquelles esthétiques et fonctionnelles est élevée : rétractions, brides, cicatrices chéloïdes, dénutrition. Les électrisations par courant de haute tension sont grevées d'atteintes plus spécifiques.

3.2.1 Séquelles neurologiques

Fréquentes, polymorphes, les séquelles neurologiques ont une évolution imprévisible. Tous les types d'atteinte sensitivomotrice sont décrits, et peuvent être spontanément réversibles, parfois plusieurs mois après l'accident [16]. Les douleurs de désafférentation sont fréquentes et résistent aux analgésiques morphiniques. Le recours aux anticonvulsivants et aux antidépresseurs apporte une meilleure efficacité thérapeutique.

3.2.2 Atteintes ophtalmologiques

Une atteinte neurologique centrale occipitale peut se manifester par une diminution de l'acuité visuelle [17]. Les lésions ophtalmologiques directes sont secondaires à une électrisation par arc au flash électrique, et sont à type de chorio-rétinite ou de cataracte [18].

3.2.3 Séquelles psychiatriques

Le syndrome post-traumatique associe amnésie isolée, dépression, manifestations névrotiques ou psychotiques, particulièrement fréquentes et sévères après un accident du travail [3]. La prise en charge spécialisée avec suivi à long terme vient étayer la réinsertion professionnelle, sociale voire familiale de la victime et de son entourage [19].

3.2.4 Électrisation et grossesse

Le liquide amniotique est un milieu hautement conducteur. Lors d'une électrisation, le risque élevé de mort fœtale est indépendant de la gravité clinique de l'accident. Le contrôle obstétrical immédiat par échographie et monitoring doit être systématique.

3.3 Foudroiement

La présentation clinique est également extrêmement polymorphe, avec une gravité qui s'étend de la « commotion » passagère à l'arrêt cardio-circulatoire réfractaire à toute réanimation. Les déficits neurologiques de symptomatologie centrale ou périphérique sont de pronostic incertain, avec des potentialités de récupération parfois tardives.

Diverses lésions associées sont décrites, la plupart dans des rapports d'observations isolées :

- stigmates cutanés spécifiques de brûlures superficielles reproduisant un aspect en feuille de fougère, aussi appelées figures de Lichtenberg,
- lésions tympaniques, blast pulmonaire compliqué d'emphysème médiastinal ou de pneumothorax dus à l'effet de souffle.
- cataracte secondaire due à l'intensité du flash électrique.

La séméiologie neurologique après foudroiement est décrite dans la classification de Cherington qui distingue 4 groupes de lésions [4]:

- Groupe 1 : manifestations neurologiques immédiates, mais transitoires avec perte de conscience, confusion, amnésie, paresthésies.
- Groupe 2 : atteinte neurologique immédiate et prolongée avec neuropathie hypoxique ou ischémique, hémorragie intracrânienne, atteinte spinale, infarctus cérébral.
- Groupe 3 : syndrome neurologique retardé, troubles de la motricité.
- Groupe 4 : hématomes sous et extra duraux.

La prévention du foudroiement repose sur la diffusion de recommandations liées à la pratique des activités sportives exposées, particulièrement l'alpinisme. La dangerosité particulière liée au téléphone cellulaire conduit à recommander de l'abriter au milieu du sac à dos [20].

3.4 Accidents d'électrisation iatrogènes

La responsabilité médico-légale des anesthésistes-réanimateurs et des urgentistes peut être engagée vis-à-vis d'accidents électriques concernant leurs patients. Lors de l'emploi d'un défibrillateur externe, le gel conducteur appliqué sur les palettes de l'appareil prévient les brûlures cutanées locales.

Au bloc opératoire, les plaques d'électrocoagulation des bistouris électriques doivent être gardées sèches. La modification de conduction due à l'humidification par des antiseptiques peut entraîner des brûlures. La prise en charge anesthésique d'un patient porteur d'un pacemaker ou d'un défibrillateur automatique implanté impose la prévention peropératoire d'un dysfonctionnement induit par l'utilisation d'un bistouri électrique. Le risque d'accident est d'autant plus élevé que le site opératoire est proche du boîtier. Dans ce cas le recours au bistouri bipolaire, la déprogrammation préopératoire du défibrillateur, la neutralisation peropératoire par un aimant externe doivent être anticipés.

Quelques cas de brûlure induite par des oxymètres de pouls de première génération ont été décrits chez l'enfant. La prévention repose sur le respect de l'usage unique des capteurs et sur la rotation des sites de surveillance particulièrement en néonatalogie.

4. CONDUITE À TENIR

4.1 Conduite à tenir préhospitalière

4.1.1 Premiers secours

Les témoins d'un accident d'électrisation doivent en premier lieu privilégier leur propre sécurité vis-à-vis du risque de sur-accident. Avant toute manipulation de la victime, il faut vérifier que l'interruption du contact avec l'agent conducteur et la neutralisation de la source électrique sont assurées. Une fois le blessé isolé et protégé, le premier maillon de la chaîne des secours est l'appel au centre 15. L'alerte informe si possible le médecin régulateur des caractéristiques du courant en cause, de l'état des grandes fonctions et de la constatation des éventuelles lésions cutanées apparentes. Le médecin régulateur adapte les secours en activant les services techniques compétents parallèlement à l'envoi du SMUR. Le contexte particulier des interventions en milieu industriel sensible rentre parfois dans le cadre de plans particuliers d'intervention communs aux différents acteurs de l'urgence.

4.1.2 Intervention médicale préhospitalière

L'intervention d'une équipe médicalisée du SAMU est indiquée dans tous les cas d'électrisation par un courant de haute tension [21]. Lors d'une électrisation par courant domestique, le niveau de médicalisation des secours diffère selon la symptomatologie décrite. S'il s'agit d'une secousse isolée, sans perte de connaissance, avec une symptomatologie bénigne, une consultation sur place dans un délai rapide par un médecin généraliste de garde est indiquée. L'électrocardiogramme est contrôlé, et si celui-ci est pathologique un transport médicalisé vers un service de surveillance continue cardiologique est alors indiqué. A l'opposé, si une atteinte d'une grande fonction est suspectée dès l'alerte initiale, l'intervention d'emblée du SMUR est de règle.

- Conduite à tenir devant une électrisation par courant de basse tension

Un état de mort apparente doit être pris en charge selon les recommandations dédiées à la réanimation cardio-pulmonaire. L'arrêt cardiaque provoqué par un courant de basse tension est fréquemment une fibrillation ventriculaire. Le pronostic dépend du délai de mise en œuvre des manœuvres de réanimation et de la précocité de la défibrillation. L'emploi des défibrillateurs semi-automatiques disposés dans les lieux publics ou confiés aux sapeurs-pompiers trouve dans ce cadre une indication privilégiée [3].

Si d'emblée, ou après réanimation cardio-pulmonaire efficace, la victime est comateuse ou souffre d'une détresse respiratoire aiguë, l'intubation oro-trachéale et la mise sous ventilation artificielle sont indiquées.

La notion de perte de connaissance initiale, la constatation d'une symptomatologie neurologique ou d'une anomalie électrocardiographique justifient un transport médicalisé et une hospitalisation dans une unité de surveillance continue.

En l'absence de lésion cutanée apparente, une structure d'accueil d'urgence à vocation cardiologique est retenue. Si des brûlures cutanées sont apparentes, l'hospitalisation en unité de réanimation des brûlés est indiquée. Des lésions de localisation particulière sont associées à des risques spécifiques. Ainsi, des brûlures électriques surviennent chez des enfants ayant porté à la bouche des fils électriques dénudés. L'œdème initial gêne l'alimentation, puis la chute d'escarre à distance peut être hémorragique.

Si l'électrisation ne s'accompagne d'aucune manifestation clinique et en l'absence de lésion apparente, il n'y a pas d'argument formel imposant l'hospitalisation [22]. Lorsque la victime se présente directement à un service d'urgence, si l'examen clinique ne constate ni lésion cutanée ni déficit neurologique, après contrôle de l'électrocardiogramme et en l'absence d'élévation de la

troponinémie, le patient peut retourner à domicile. Si une anomalie est décelée lors de ce bilan, une hospitalisation de 24 heures en unité de surveillance continue est souvent préférée, sans que cette conduite de précaution soit étayée par une recommandation de haut niveau de preuve.

- Conduite à tenir devant une électrisation par courant de haute tension

Il est possible de différencier arbitrairement quatre types de lésions :

- Les brûlures électrothermiques internes et profondes par effet Joule,
- Les brûlures limitées et de profondeur variable par arc électrique,
- Les brûlures cutanées thermiques classiques par flash électrique,
- Les lésions traumatiques associées par chute ou projection.

Dans tous les cas, la victime est mobilisée, déshabillée et examinée comme un polytraumatisé potentiel. La superficie des brûlures est évaluée selon la règle des 9 de Wallace et sera précisée rétrospectivement suivant les tables de Lund et Brodwer. L'évolution initiale de la profondeur est prudente, se contentant de différencier les zones de 3^{ème} degré indiscutable de celles d'apparence superficielle.

L'abord veineux périphérique est placé si possible en zone saine. Deux voies sont recommandées si la superficie brûlée est supérieure à 20 % de la surface corporelle. La voie centrale, souvent fémorale, reste un recours en cas d'échec en périphérie. Le remplissage vasculaire initial des brûlés se réfère à différentes formules proposées dans la littérature médicale, sans que ces dernières n'aient fait l'objet d'évaluation comparative fiable. Le protocole du Parkland Hospital, aussi appelé formule de Baxter, reste la référence la plus suivie dans le cadre de l'urgence, principalement en raison de sa simplicité. Il recommande un apport de 4 ml/kg/% de surface corporelle brûlée durant les 24 premières heures, dont la moitié est perfusée au cours des 6 premières heures, sous forme de cristalloïdes type Ringer Lactate. L'oxygénothérapie est toujours indiquée. L'intubation trachéale et la ventilation mécanique ne sont justifiées que devant une détresse respiratoire ou des troubles de conscience.

Les brûlures électriques profondes par courant de haut voltage posent le problème de l'association de lésions viscérales et tissulaires profondes. Les apports calculés au regard des seules zones apparentes de brûlures sont sous-estimés. Il est recommandé de les majorer de 50 % ou de les évaluer sur la base de 9 à 12 ml/kg/% de surface corporelle brûlée le premier jour.

L'analgésique de référence est la morphine, administrée par titration de bolus de 50 µg/kg sous couvert d'une évaluation continue de la tolérance et de l'efficacité.

4.1.3 Transport et admission hospitalière

Le remplissage vasculaire immédiat, poursuivi durant le transport et l'admission préserve le pronostic vital et la fonction rénale à court terme. Le chauffage de l'habitacle sanitaire et l'enveloppement par une couverture de survie préviennent l'hypothermie. La surveillance clinique guide les débits des perfusions et les injections itératives d'analgésiques. Une pression artérielle moyenne supérieure à 65 mm Hg et un niveau d'analgésie avec échelle visuelle analogique inférieure à 5 sont des objectifs thérapeutiques classiques. L'éloignement géographique du centre des brûlés peut justifier un relai hospitalier de proximité pour compléter la mise en condition du patient, pratiquer un bilan traumatologique exhaustif et réaliser les éventuelles interventions chirurgicales urgentes.

4.1.4 Hospitalisation en centre de brûlés

Comme chez tout brûlé grave, la réanimation initiale est dominée par le maintien de l'équilibre hémodynamique par des apports hydroélectrolytiques adéquats. Chez l'électrisé ayant subi un passage interne de courant de haute tension, l'extrapolation à partir de la surface cutanée brûlée pour guider le remplissage vasculaire est insuffisante. Les apports doivent être majorés, l'estimation de l'hypovolémie relative reposant sur les données de l'échocardiographie, les mesures de thermodilution ou la surveillance des indices dynamiques de dépistage de l'hypovolémie. Les objectifs thérapeutiques sont de maintenir une diurèse de l'ordre de 1 à 2 ml/kg/h et un pH urinaire supérieur à 7. La supplémentation en bicarbonate de sodium isotonique garde dans ce cadre une indication particulière, le pH urinaire alcalin prévenant la précipitation intratubulaire de myoglobine. La kaliémie est contrôlée par des dosages pluriquotidiens. Si la défaillance rénale aiguë survient malgré un traitement médical adapté, le recours à l'épuration extrarénale peut s'imposer.

La prévention des thromboses vasculaires repose sur l'anticoagulation précoce. Le recours à l'héparine calcique se justifie si l'altération de la fonction rénale contre-indique les héparines de bas poids moléculaire.

L'examen ophtalmologique est immédiat, des corticoïdes locaux pouvant être indiqués.

L'analgésie associe les molécules de palier I et II aux morphiniques. L'incidence élevée des douleurs de désafférentation, à court comme à long terme, impose le recours aux antiépileptiques type gabapentine [23].

Sur le plan chirurgical, des gestes de décompression, aponévrotomie et fasciotomie aux niveaux des membres, doivent être réalisés dans un délai de six heures en cas d'ischémie constatée [24]. Les mesures des pressions internes régnant dans les loges musculaires oedématisées peuvent étayer cette indication. Les interventions secondaires itératives sont guidées par les données de l'imagerie tout en évaluant le risque rénal surajouté par l'injection des produits de contraste : artériographie, scanner, IRM. Les gestes chirurgicaux visent initialement à parer les zones nécrotiques puis, à distance, à greffer sur des tissus sains. Les régularisations, voire amputations de membres sont différées d'autant que l'état général et particulièrement la fonction rénale du patient l'autorisent [25]. Le dialogue multidisciplinaire entre anesthésistes-réanimateurs et chirurgiens est permanent pour convenir d'une stratégie consensuelle. Lorsque des amputations sont nécessaires, la topographie du geste est discutée en fonction des possibilités d'appareillage ultérieur. L'acceptation des prothèses est variable, entravée par la persistance de zones de nécrose ou de fibrose sièges fréquents d'infections chroniques, parfois difficile voire impossible lors de désarticulation de hanche ou d'épaule.

La prise en charge secondaire des patients en service de soins de suite spécialisé est indispensable. La réhabilitation est laborieuse, et l'accompagnement des patients sur le long terme se poursuit jusqu'à consolidation des lésions.

5. CONCLUSION

Les victimes d'électrisation et de foudroiement sont en majorité des adultes jeunes et des enfants. Le courant domestique de basse tension provoque des traumatismes de gravité cardiovasculaire immédiate. L'électrisation par courant industriel de haute tension induit des lésions cutanées, viscérales et tissulaires profondes, et s'accompagne d'un risque d'« acute kidney injury ». Le pronostic vital et fonctionnel des patients les plus graves dépend de l'efficacité de la chaîne de soins qui associe urgentistes, anesthésistes-réanimateurs et chirurgiens des centres de brûlés et médecins rééducateurs. La morbidité élevée liée à ces accidents impose de poursuivre et renforcer encore et toujours les mesures de prévention primaire.

RÉFÉRENCES

1. Cancio LC, Jimenez-Reyna JF, Barillo DJ, Walker SC, Mc Manus AT, Vaughan GM. One hundred ninety-five cases of high-voltage electric injury. *J Burn Care Rehabil* 2005 ; 26 : 331-40.
2. Luz DP, Millan LS, Alesis MS, Uguetto WF, Paggiaro A, Gomez DS, Ferreira MC. Electrical burns : A retrospective analysis across a 5- year period. *Burns* 2009 ; 35 : 1015-9.
3. Piotrowski A, Fillet AM, Perez P, Walkowiak P, Simon D, Cornire MJ, Cabanes PA, Lambroze J. Outcome of occupational electrical injuries among French electric company workers : A retrospective report of 311 cases, 1996-2005. *Burns* 2014 ; 40 : 480-8.
4. Ritenour AE, Morton MJ, Mc Manus JG, Barillo DJ, Cancio LC. Lightning injury : A review. *Burns* 2008 ; 34 : 585-94.
5. Arnoldo BD, Purdue GF, Kowalske K, Helm PA, Burris A, Hunt JL. Electrical injuries : a 20-year review. *J Burn Care Rehabil* 2004 ; 25 : 479-84.
6. Pincus JL, Lathrop SL, Biones AJ, Andrews SW, Aurelius MB. Lightning Deaths : A retrospective review of New Mexico's cases, 1997-2009. *J Forensic Sci* 2015 ; 60 : 66-71.
7. Michine T, Ishikawa T, Zhao D, Kamilodai Y, Zhu BL, Macda H. Pathological and biochemical analysis of the pathophysiology of fatal electrocution in five autopsy cases. *Legal Medicine* 2009 ; 11 : 549-52.
8. Koumboulis AC. Electrical injuries. *Crit Care Med* 2002 ; 30 : 524-30.
9. Kim SH, Cho GY, Kim MK, Park WJ, Kim JH, Lion HE, Lim SY, Shim C. Alteration in left ventricular function assessed by two-dimensional speckle tracking echocardiography and the clinical utility of cardiac troponin I in survivors of high-voltage electrical injury. *Crit Care Med* 2009 ; 37 : 1282-7.
10. Park KH, Park WJ, Kim MK, Kim HS, Kim SH, Cho GY, Choi YJ. Alterations in arterial function after high-voltage electrical injury. *Crit Care* 2012 ; 16 : R 25.

11. Makasi F, Isao T, Aya Y, Nakayama R, Tadaki Y, Hiyedosi T. Extensive thrombosis of the inferior vena cava and portal vein following electrical injury. *Burns* 2005 ; 31 : 660-4.
12. Yeong EK, Huang HF. Persistent vegetative state in electrical injuries : a 10-year review. *Burns* 2008 ; 34 : 585-94.
13. Baqain E, Haertsch P, Kennedy P. Complete recovery following a high voltage electrical injury associated with delayed onset of quadriplegia and multiple cranial nerves dysfunction. *Burns* 2004 ; 30 : 603-5.
14. Kopp J, Loos B, Spilker G, Horch RE. Correlation between serum creatinine kinase levels and extent of muscle damage in electrical burns. *Burns* 2004 ; 30 : 680-3.
15. Marques EG, Pereira Jr GA, Muller Neto BF, Freitas RA, Yaegashi LB, Fagatti Almeida CE, Farina Jr JA. Visceral injury in electrical shock trauma : propose guideline for the management of abdominalelectrocution and literature review. *Int J Burn Trauma* 2014 ; 4 : 1-6.
16. Reisner AD. Possible mechanismsfor delayed neurological damage in lightning and electrical injury. *Brain Injury* 2013 ; 27 : 565-9.
17. Boozalis G, Purdue G, Hunt J, Mc Culley J. Ocular changes from electrical burn injuries : a literature review and report of cases. *J. Burn Car Rehabil* 1991 ; 12 : 458-62
18. Norman ME, Albertson D, Young BR. Ophtalmic manifestations of lightning strike. *Surv Ophtalmol* 2001 ; 46 : 19-24.
19. Kita MS, Mansfield E, Bayley M, Cassidy JD, Colantonio A, Gomy M, Jeschke M, Kirsh B, Kristmann V, Moody J, Vartanian O. Returning to work after electrical injury : workers' perspectives and advices to others. *J Burn Care Res* 2014 ; 35 : 498-507.
20. Zaphren K, Durrer B, Herry JP, Brugger H. Lightning injuries : prevention and on-site treatement in mountains and remote areas. Official guidelines of the international Comission for Mountain Emergency Medicine and the Medical Commission of the International

Mountaineering and climbing Federation (ICAR and UIAA MEDCOM). Resuscitation 2005 ; 65 : 369-72.

21. Bagou G, Coulon T. Accident électrique. In SAMU de France ed. Guide d'aide à la régulation au SAMU Centre 15. SFEM 2009 : 356-7.

22. Bailey B, Gaudreault P, Thivierge RL. Experience with guidelines for cardiac monitoring after electrical injury in children. Am J Emerg Med 2000 ; 18 : 671-5.

23. Li A, Gomez M, Fish JS. Effectiveness of pain management following electrical injury. B J Burn Care Res 2010 ; 31 : 73-82.

24. Panucci CJ, Osborne NH, Jaber RM, Cederna PS, Wahl WL. Early fasciotomy in electrically injured patients as a marker for injury severity and deep veinous thrombosis risk : an analysis of the National Burns Repository. J Burn Care Res 2010 ; 31 : 882-7.

25. Tarim A, Ezer A. Electrical burn is still a major risk factor for amputations. Burns 2013 ; 39 : 354-7.

Aucun conflit d'intérêt