

UDK 616-001.21
COBISS.SR-ID 120223241

ISSN 2466-2992 (Online) (2023) br. 1, p. 17-24

POVREDE NASTALE DEJSTVOM ELEKTRIČNE ENERGIJE I PRINCIPI ZBRINJAVANJA ŽRTVE

INJURIES CAUSED BY THE EFFECTS OF ELECTRICITY

Saša Ignjatijević¹, Dušica Janković¹, Milan Elenkov²

¹ Univerziteti klinički centar u Nišu, Urgentni centar, ² Opšta bolnica Pirot

Sažetak: UVOD: Težina oštećenja usled dejstva električne energije zavisi od vrste struje, napona i količine struje koja je primljena, otpora tkiva protoku struje, puta struje kroz telo i trajanja izloženosti tela struji. METOD: Retrospektivna analiza literature. IZVOR I SELEKCIJA MATERIJALA: pretraga kroz PubMed, Medline i analizom elektronskih časopisa dostupnih kroz KoBSON kao i pretragom štampanih izdanja časopisa sa postavkama: povrede električnom strujom, povrede zbog udara groma, voltin luk. REZULTATI PRETRAGE: U najtežoj formi (ventrikularna fibrilacija ili asistolija) su uzrok smrtnih ishoda. Poremećaji sprovodljivosti i ishemijske promene su posledica promena na koronarnim krvnim sudovima (spazam, tromboza ili disekcija). Smatra se da osobe bez simptoma sa normalnim ekg-om nakon udara niskonaponskom strujom kasnije ne razvijaju aritmije. Na nervnom sistemu, delovanje struje izaziva poremećaj nivoa svesti, a mogu se ispoljiti i različiti oblici izolovanih neuroloških poremećaja trenutne prezentacije koji se mogu javiti i nakon nekoliko dana ili meseci. Uglavnom se ispoljavaju sa motoričkim poremećajima. Dislokacije i prelomi kao i opekotine su česte povrede zbog kontakta sa strujom. Može se očekivati i oštećenje vida i sluha i veliki stepen kasnijeg invaliditeta. Postupanje sa nastradalima nakon udara struje ima osnovu u kontroli bezbednosti prilikom pružanja pomoći. U prehospitarnim uslovima osnovno je lečiti kardio-respiratorni zastoj i prevenirati povredu kičme. Iako ne postoje jasne smernice preporučuje se KPR koju treba sprovoditi u dužem vremenskom periodu. Obezbediti imobilizaciju kičmenog stuba do isključenja ili potvrde ovih povreda. U hospitalnim uslovima: monitoring kardiovaskularnog i neurološkog sistema, praćenje laboratorijskih analiza, koagulacionog statusa, elektrolita i funkcije bubrega kod velikih opekotina i velikih oštećenja. Dodatna dijagnostika (rtg, MSCT, UZ) zaviso od simptoma. Obavezna je opservacija u trajanju od 24h minimum. Udar groma – dejstvo struje visokog napona, ove povrede se razlikuju od dejstva tenhičke struje visokog napona po načinu dejstva, težini povreda. Najpoznatije su Lihtenbergove promene u vidu crvenkastih površinskih promena u vidu pera ili paprati. Nisu klasične opekotine i nastaju usled dejstva elektrona na kožu i traju obično do 24 sata. Usled dejstva munje na povređenu osobu može se javiti hipertenzija i tahikardija kao posledica stimulacije simpatikusa. Kao posledica toga ekstremiteti mogu biti bez pulsa, blede u početku da bi se kasnije boja menjala preko cijanotične do crvene kako vreme prolazi uz pojavu pulzacija. Prolazni efekti udara groma mogu biti gubitak svesti, konfuznost, amnezija i paralize ekstremiteta, a zbog doživljene mehaničke povrede epiduralni ili subduralni hematomi ili intrakranijalna hemoragija. U trajnija neurološka oštećenja spadaju konvulzije, mijelopatije sa para ili kvadriplegijom, mišićne atrofije, amiotrofična lateralna skleroza, parkinsonizam i hronični bolni sindrom. Osobama, koje se nakon pregleda ili nakon opservacije otpuste, treba dati preporuku da se u slučaju pojave odloženih manifestacija kardiološke, neurološke, psihijatrijske, oftalmološke simptomatologije ili smetnje sluha neizostavno jave lekaru.

ZAKLJUČAK: Povrede nastale dejstvom električne energije imaju svoje specifičnosti i poznavanje njihovih karakteristika olakšava postupak primarnog zbrinjavanja, dijagnostike i lečenje žrtava. Proširena i produžena KPR, monitoring kardiovaskularnog i nervnog sistema, opservacija i praćenje

pacijenata neposredno po događaju kao i prećenje neuroloških ispada u dužem vremenskom periodu su osnovne karakteristike i specifičnosti ovih povreda.

Ključne reči: povrede električnom strujom, udar groma, voltin luk.

UVOD

Povrede usled dejstva električne energije mogu se podeliti na one izazvane strujama visokog i one izazvane strujama niskog napona kao i dejstvom električnog luka. Povrede nastale dejstvom munja se izdvajaju zbog specifičnosti munje (kratko trajanje i visoki napon).

Težina oštećenja usled dejstva električne energije zavisi od vrste struje, napona i količine struje koja je primljena, otpora tkiva protoku struje, puta struje kroz telo i trajanja izloženost tela struji. Niskofrekventna struja (50-60Hz) ima veći potencijal da izazove maligni poremećaj ritma-ventrikularnu fibrilaciju u odnosu na jednosmernu struju istog napona. Visokofrekventna struja će zbog proizvodnje velike toplotne energije i sa kratkim vremenom izlaganja izazvati ozbiljnije opekotine u odnosu na struju niskog napona. Tkiva u zavisnosti od sadržaja tečnosti i elektrolita u sebi različito provode struju, pa će u zavisnosti od toga biti manje ili više izložena oštećenju. Na primer, koštano tkivo zbog sastava pruža najveći otpor protoku struje, dok su nervi i vaskularne strukture sa malim otporom. Duži kontakt sa naimeničnim izvorom struje proizvede tetaničke kontrakcije skeletne muskulature, produžava kontakt i samim tim izaziva veća oštećenja. Put prolaska je takođe bitan za vrstu oštećenja, jer će transtorakalni protok (od jedne ruke do druge) pre izazvati oštećenje miokarda nego recimo vertikalni ili protok između razmaknutih nogu [1]. Povrede izazvane visokonaponskom strujom se najčešće dešavaju na poslu, mada mogu biti i posledica nesrećnih događaja (kontakt sa električnim vodovima na železnici). Povrede niskonaponskom strukom se uglavnom dešavaju u kućnim uslovima.

METOD

Retrospektivna analiza literature

IZVOR I SELEKCIJA MATERIJALA

Pretraga kroz PubMed, Medline i analizom elektronskih časopisa dostupnih kroz KoBSON kao i pretragom štampanih izdanja časopisa sa postavkama: povrede električnom strujom, povrede zbog udara groma, voltin luk.

REZULTATI SINTEZE MATERIJALA

Električna energija dovodi do povreda organa na tri načina [2]:

1. Direktnim dejstvom na tkiva (na ćelijskom nivou izaziva oštećenje ćelijskih membrana i menja njenu propustljivost, izazivajući poremećaj elektrolita zbog čega se javlja ćelijski edem).
2. Toplotnom energijom usled prolaska kroz tkiva različitog otpora. Količina toplote koja se oslobađa je dovoljno velika da može da izazove smrtonosne opekotine. Dodatne opekotine mogu nastati i od zapaljene odeće.
3. Mehaničkim povređivanjem tela pri padu usled blasta ili tetaničkim kontrakcijama koje mogu dovesti do preloma i dislokacija zglobova. Čvrst kontakt tela sa izvorom smanjuje i otpor kože protoku struje, što sve dovodi do izraženijeg dejstva struje na organizam. Pojačava se količina toplotne energije koja se oslobađa i stepen povreda je u ovakvim situacijama veći i obimniji.

Dejstvo na kardiovaskularni sistem:

Struja svojim dejstvom na srce može izazvati aritmije koje su različitog stepena ozbiljnosti. U najtežoj formi (ventrikularna fibrilacija ili asistolija) su uzrok smrtnih ishoda. Takođe mogu se javiti različiti stepeni poremećaja sprovodljivosti. Ishemijske promene koje se mogu javiti nakon izlaganja dejstvu struje mogu biti posledica promena na koronarnim krvnim sudovima (spazam, tromboza ili disekcija) [3]. Smatra se da osobe bez simptoma sa normalnim ekg-om nakon udara niskonaponskom strujom kasnije ne razvijaju aritmije.

Dejstvo na neroni sistem

Najčešće se javljaju različiti poremećaji nivoa svesti, koji mogu biti praćeni konvulzivnim napadima. Iako su u većini slučajeva prolazni, postoji mogućnost ostajanja određenih kognitivnih smetnji (zbunjenost, stalne poteškoće sa učenjem i pamćenjem). Osim poremećaja svesti mogu se ispoljiti i različiti oblici fokalnih neuroloških poremećaja (kvadriplegija, hemiplegija, afazija ili poremećaji vida). Oštećenja kičmene moždine mogu nastati ne samo dejstvom elektriciteta, već i vaskularnim poremećajima i mehaničkim putem i mogu se javiti posle dejstva struje ili odloženo i nakon nekoliko dana ili meseci. Uglavnom se ispoljavaju sa motoričkim poremećajima. I taj odloženi početak se objašnjava progresivnim oštećenjima vaskularnih struktura (posebno arterija koje snabdevaju ćelije prednjih rogova kičmene moždine) [4]. Ovi poremećaji se najčešće ispoljavaju kao mijelitis, amiotrofična lateralna skleroza ili kao Guilian Barre. Povrede perifernih nerava (naročito na rukama usled kontakta sa izvorima struje) najčešće su zahvaćeni n.medianus, n.ulnaris, plexus brachialis [5]. Kada je tok struje zahvatio i glavu žrtve, najčešće je oštećen n.trigeminus,. Period ispoljavanja je različit i može biti trenutni i prolazan ili odložen i do 2 godine.

Dejstvo na kožu

Najčešća kontaktna mesta na telu sa strujom su ruke, glava ili stopala i na njima se mogu očekivati opekotine sive do žute boje koje su bezbolne na dodir i ispod površine kože.

Dejstvo na mišićno-koštani sistem

najčešće su zastupljene posteriorne luksacije ramenog zgloba. Prelomi mogu nastati usled direktnog dejstva struje na muskulaturu zbog čega dolazi do tetaničkih kontrakcija i preloma ili kod padova ili udara nakon eksplozivnog dejstva struje. Izolovane povrede prilikom izlaganja niskonaponskoj struji su najčešće locirane u predelu zglobova ručja, podlaktice, humerusa, vrata butne kosti, ramena i skapule. Povrede vaskularnih struktura prilikom dejstva struje i oštećenje mišića mogu biti preduslov za stvaranje kompartment sindroma. To se naročito može videti kod dejstva visokona-

ponske struje. Protok struje izaziva spazam arterija, oštećenje endotela i glatke muskulature na koje se mogu nadovezati tromboza, stenozna i formiranje aneurizme [6]. Ova oštećenja se manifestuju stalnim bolom u mišićima prilikom pokretanja ekstremiteta. Oštećena tkiva takođe imaju i gubitak tečnosti što zahteva agresivnu nadoknadu tečnosti. Kao posledica udara struje primećeni su i poremećaji koagulacije koji mogu biti prolazni kod dejstva struja visokog napona ili diseminovana intravaskularna koagulopatija kao posledica dejstva struje koja izaziva hipoksiju, vaskularnu stazu i rabdomiolizu.

Pražnjenja u vazduhu električne struje (električni luk) mogu dovesti do eksplozije i povređivanja po tipu *blast povreda*, usled čega telo povređene osobe može da bude odbačeno i povređeno pri udaru. Nakon ovako nastalih blast povreda moguće su mehaničke povrede i eventualne vazdušne embolije povezane sa oštećenjem alveola usled povećanog pritiska u njima.

Električni lukovi mogu proizvesti ozon čije udisanje izaziva iritaciju sluzokože, privremeno smanjenje plućne funkcije, krvarenje u plućima i edem.

Kod povreda električnom strujom u predelu glave, vrata ili gornjeg dela grudnog koša velika je verovatnoća *razvoja oštećenja vida*. Povrede su različitog stepena i mogu se ispoljiti u vidu erozije rožnjače, uveitisa, odvajanja mrežnjače, edema makule, oštećenja optičkog nerva. Najčešća povreda je katarakta koja može zahvatiti oba oka i ne mora odmah da se ispolji, već je moguće da se formira i nakon nekoliko nedelja [7].

Oštećenje sluha je moguće nakon strujnog udara i ono se može ispoljiti odmah ili kasnije usled razvoja komplikacija. Odmah nakon dejstva struje se najčešće ispoljava krvarenjem u bubnoj opni, srednjem uvu, kohlearnom kanalu i vestibularnom aparatu. Kasnije komplikacije obuhvataju mastoiditis, meningitis i apsces mozga.

Postupanje sa nastradalima nakon udara struje.

1. Osnovno pravilo je da pružaoci pomoći vode računa o bezbednosti. Ovo se prven-

- stveno odnosi na njihovu bezbednost, a potom i bezbednost povređene osobe. Korišćenje zaštitne opreme uz zahtev za prekidanje protoka struje su osnovni preduslovi za rad u takvim situacijama. Ovo se prevenira potvrdom da je dotok struje prekinut od nadležne službe. Nije preporučljivo ni dodirivanje žrtve predmetima za koje se smatra da nisu provodnici (suvo drvo ili neki drugi predmeti), jer prenose struju napona iznad 600V [2].
2. U prehospitalnim uslovima je bitno lečiti mogući kardio respiratorni zastoj i prevenirati povredu kičme. Uvek je potrebno proceniti stanje prohodnosti disajnih puteva, disanja i cirkulacije (ABC princip). Visokonaponska struja obično izaziva asistoliju, dok niskonaponska izaziva ventrikularnu fibrilaciju. Oba ova maligna poremećaja ritma mogu biti uzrok srčanog zastoja. Osim ovog moguć je respiratorni arest usled tetaničke kontrakcije respiratorne muskulature i paralize respiratornog centra koji može prouzrokovati sekundarni hipoksični srčani zastoj. Ovo sve ukazuje da se osobama u kardio respiratornom zastoj, KPR treba sprovoditi u dužem vremenskom periodu.
 3. Zbog mogućih mehaničkih povreda usled dejstva struje obezbediti imobilizaciju kičmenog stuba da bi se izbeglo dalje ili sprečilo nastajanje novog povređivanja kičme.
 4. U bolničkim uslovima do isključenja moguće povrede kičmenog stuba održavati potrebnu imobilizaciju.
 5. Kardiovaskularni monitoring. Poremećaj rada srca se prate kontinuiranim monitoringom. Asimptomatski bolesnici bez EKG promena koji su pretrpeli udar niskovoltazne struje se ne monitoriraju, jer je mali rizik nastajanja kasnijih poremećaja ritma. Međutim pacijente sa gubitkom svesti, ispoljavanjem simptoma kao i one koji su doživeli udar visokonaponske struje treba primiti zbog monitoriranja i mogućeg razvoja poremećaja rada srca (ventrikularne i atrijske aritmije, kao i bradiaritmije). U simptomima na koje treba obratiti pažnju spadaju: bol u grudima, palpitacije, dispneja, konfuzija, izmenjen mentalni status, slabost, bol u stomaku.
 6. Procena i praćenje neurološkog statusa. Ovo je bitno zbog kasnijeg ispoljavanja neurološke simptomatologije i potrebe da se imaju podaci o inicijalnom neurološkom stanju. Dalji dijagnostički postupci odnose se na standardne laboratorijske analize (kompletna krvna slika, azotni produkti, elektrolitni status, glikemija, kreatin kinaze, opšti pregled urina sa mioglobinom, acidobazni status).
 7. Na osnovu simptoma i kliničkog nalaza, dodatno se radi radiološka dijagnostika (RTG, UZ, CT)
 8. Kod opekotina je potrebna u početku nadoknada tečnosti po Parklandovoj formuli (4ml X kg telesne težine X % opekotina) za 24 sata. Zbog mogućih većih oštećenja dubljih tkiva, iako su opekotine na površini manjeg procenta, postoji realna potreba za većim količinama tečnosti. Iz tog razloga praćenje diureze je neophodno radi procene bubrežne funkcije. Potrebno je održavati diurezu od 1-2ml/kg/h uz monitoring pojave kompartment sindroma, rabdomiolize, mioglobinurije i oštećenja bubrega [2].
 9. Potreba za opservacijom i daljim dijagnostičkim postupcima postoji kod simptomatskih bolesnika na prijemu bez obzira na visinu napona i kod izloženih dejstvu visokonaponske struje.
- Povrede nastale udarom groma* su izazvane jednosmernom strujom visokog napona koja kratko traje. Iako se najčešće vezuju za otvoreni prostor i pojavu grmljavine, mogu se javiti i kada je vreme sunčano, opisani su slučajevi pojave munja i tokom peščanih i snežnih oluja. Udari groma su registrovani i u kućnim uslovima prilikom korišćenja telefona u zatvorenom prostoru [8]. Prema podacima iz literature 70-90% preživi, a od njih do tri četvrtine preživelih ima posledice nakon udara groma [9]. Iako su izazvane dejstvom struje visokog napona, ove povrede se razlikuju od dejstva tenhičke struje visokog napona po načinu dejstva, težini povreda i samim tim postupcima lečenja.

Do manjeg stepena povređivanja usled dejstva munje dolazi usled toga što je dejstvo munje kratkotrajno i najčešće po površini tela. Mokra koža smanjuje otpor protoku struje, omogućujući struji da brže pređe preko površine tela smanjujući na taj način teže povrede dubljih tkiva. Munja može direktno da udari u žrtvu. Osim ovog očekivanog načina munja može da pogodi telo i odbijanjem od nekog predmeta, pa da se kroz vazduh prenese do žrtve.

Koračajni potencijal je termin koji opisuje pojavu da kada munja udari u zemlju i žrtva se nalazi blizu udara, stopalo koje je bliže udaru ima veći napon struje od drugog i ta razlika u naponima omogućava da struja ide od jednog do drugog zbog razlike u naponima [10].

Sumnja na udar groma u situaciji kada nema očevidaca postoji kod osoba sa izmenjenim ponašanjem tokom grmljavine, sa tipičnim opekotinama od munje na koži ili spaljenom odećom i/ili istopljenim metalnim predmetima na odeći. Osim ovih nalaza na udar munje mogu ukazivati i sledeći stvari: mokra, iscepana ili raspadnuta odeća, namagnetisani predmeti na odeći ili telu, višestruke žrtve, površinske linearne ili tačkaste opekotine, promene na EKG-u. Očekivano je da usled udara munje bude više žrtava sa različitim stepenom povreda. Ono što je karakteristično za udar munje sa više žrtava je da se u tim situacijama prioritet daje osobama koje su u respiratornom zastoju, sa ili bez srčanog zastoja.

Usled dejstva munje na povređenu osobu može se javiti hipertenzija i tahikardija kao posledica stimulacije simpatikusa. Elektrokardiogramski se mogu registrovati pretkomorske i komorske ekstrasistole, elevacija ST segmenta kao posledica akutnog oštećenja miokarda, fibrilacija pretkomora, produženje QT intervala i inverzija T talasa naročito kada postoji neurološka povreda, dok se ultrazvukom srca može konstatovati globalno smanjene ejične frakcije miokarda, perikardni izliv [10]. Vaskularni poremećaji koji se javljaju nakon udara munje mogu biti posledica nadražaja simpatičkog nervnog sistema i lokalnog arterijskog spazma. Kao posledica toga ekstremiteti mogu da budu bez pulsa i blede u početku, da bi se kasnije boja menjala preko cijanotične do crvene kako vreme prolazi uz pojavu pulzacija.

Promene u boji su najverovatnije posledica vazokonstrikcije i vazodilatacije nakon toga. Sem promena na krvnim sudovima, na ekstremitetima može doći do ishemije nerava što se može ispoljiti gubitkom senzibiliteta i paralizom. Sa popuštanjem vazokonstrikcije, ovi neurološki simptomi se povlače. Neurološke povrede se ispoljavaju od lakših formi do najtežih. Oštećenja mogu biti trenutna i prolazna, odložena i trajna. Prolazni efekti udara groma mogu biti gubitak svesti, konfuznost, amnezija i paralize ekstremiteta. Gubitak svesti može biti i trajniji ako je u pitanju povreda mozga usled doživljene mehaničke povrede, a mogu je izazvati epiduralni ili subduralni hematomi ili intrakranijalna hemoragija. U trajnija neurološka oštećenja spadaju konvulzije, mišjelopatije sa para ili kvadriplegijom, mišićne atrofije, amiotrofična lateralna skleroza, parkinsonizam i hronični bolni sindrom. Usled autonomne disfunkcije može se javiti dilatacija zenica ili anizokorija, koje nisu nužno povezane sa oštećenjem mozga. Na očima nakon udara munje se najčešće može razviti obostrana katarakta. Osim katarakte oštećenje očiju se može ispoljiti i u vidu krvarenja staklastog tela, abrazije rožnjače, ablacije mrežnjače, oštećenja optičkog nerva. Iz ovoga se može zaključiti da je potrebna procena oštećenja vida osobama koje se nakon udara groma žale na smetnje vida. Treba biti posebno pažljiv sa mogućnošću postojanja povreda kičmenog stuba usled mehaničkog dejstva udara munja i na postojanje ovih povreda ukazuje nalaz tokom pregleda i simptomi povređene osobe. Treba napomenuti da u slučaju potvrde preloma na jednom nivou je potrebno uraditi snimanje celog kičmenog stuba, jer se često kod ovakvog načina nastajanja povreda mogu javiti prelomi na više nivoa.

Povrede kože usled dejstva munje se mogu manifestovati na nekoliko načina. Najpoznatije su Lihtenbergove promene u vidu crvenkastih površinskih promena u vidu pera ili paprati. Nisu klasične opekotine i nastaju usled dejstva elektrona na kožu i traju obično do 24 sata. Sem njih mogu se uočiti linearne opekotine u predelu kožnih pregiba pazuha ili prepona (širine do 5cm), okrugle tačkaste opekotine širine do 1cm koje zahvataju sve slojeve kože i

kontaktne opekotine usled zagrevanja metalnih predmeta blizu kože. Na rožnjači se mogu uočiti opekotine slične onima kod zavarivača [2].

Osnovne dijagnostičke procedure odnose se na laboratorijske analize (kompletna krvna slika, elektroliti, ureja, kreatinin, glikemija, kreatin kinaza, analiza urina i količina izlučene mokraće) i elektrokardiogram. Konstantan monitoring vitalnih parametara je potreban. U skladu sa nalazom, ako se proceni da je potrebno, uraditi klasičan RTG, ultrazvučni pregledi ili CT.

Sve osobe koje su preživele udar munje treba pažljivo pregledati i u slučaju postojanja smetnji u vidu bola u grudima ili mišićima i razvoja neuroloških, kardioloških ili vaskularnih poremećaja treba hospitalizovati.

Osobe bez vidljivih povreda uputiti na praćenje. Osobama koje se nakon pregleda ili nakon

opservacije otpuste, treba dati preporuku da se u slučaju pojave odloženih manifestacija kardiološke, neurološke, psihijatrijske, oftalmološke prirode ili smetnji sluha neizostavno jave lekaru.

ZAKLJUČAK

Povrede nastale dejstvom električne energije imaju svoje specifičnosti i poznavanje njihovih karakteristika olakšava postupak primarnog zbrinjavanja, dijagnostike i lečenje žrtava. Proširena i produžena KPR, monitoring kardiovaskularnog i nervnog sistema, opservacija i praćenje pacijenata neposredno po događaju kao i praćenje neuroloških ispada u dužem vremenskom periodu su osnovne karakteristike i specifičnosti ovih povreda.

LITERATURA

1. Truhlár et al. European Resuscitation Council Guidelines for Resuscitation 2015: Section 4. Cardiac arrest in special circumstances. *Resuscitation*. 2015;95:148-201
2. Bailey C. Electrical and Lightning Injuries. In Ma OJ, Yealy DM, Meckler GD, Stapczynski JS, Cline DM., Tintinalli JE: editors. *Tintinalli's Emergency Medicine: A Comprehensive Study Guide, 9th edition (eBook)*. McGraw-Hill Education; 2020. p. 1396-404.
3. Waldmann V, Narayanan K, Combes N, Jost D, Jouven X, Marijon E: Electrical cardiac injuries: current concepts and management. *Eur Heart J* 39: 1459, 2017.
4. Reisner AD: Possible mechanisms for delayed neurological damage in lightning and electrical injury. *Brain Inj*. 2013;27:565-569.
5. Kwon KH, Kim SH, Minn YK: Electrodiagnostic study of peripheral nerves in high-voltage electrical injury. *J Burn Care Res*. 2014;35:e230-e233.
6. Park K-H, Park WJ, Kim M-K, et al: Alterations in arterial function after high-voltage electrical injury. *Crit Care*. 2012;16:R25.
7. Fish RM: Electric injury, part I: treatment priorities, subtle diagnostic factors, and burns. *J Emerg Med*. 1999;17:977-983.
8. López Chiriboga AS, Cheshire WP: Trigeminal neuralgia following lightning injury. *J Oral Facial Pain Headache*. 2017;31:e7-e9.
9. Muehlberger T, Vogt PM, Munster AM: The long-term consequences of lightning injuries. *Burns*. 2001;27:829-833.
10. O'Keefe KP, Semmons R. Lightning and Electrical Injuries. In Walls RM, Hockberger RS, Gausche-Hill: editors. *Rosen's emergency medicine: concepts and clinical practice, 9th edition*. Elsevier; 2018. p.1765-1772

INJURIES CAUSED BY THE EFFECTS OF ELECTRICITY

Saša IGNJATIJEVIĆ¹, Dušica Janković¹, Milan Elenkov²

¹University Clinical Center in Niš, Emergency center,

² General Hospital Pirot

Summary: INTRODUCTION: The severity of damage due to the effects of electricity depends on the type of current, voltage and amount of current received, tissue resistance to current flow, current path through the body and duration of exposure of the body to current. METHOD: Retrospective analysis of the literature. SOURCE AND SELECTION OF MATERIALS: search through PubMed, Medline and analysis of electronic journals available through KoBSON as well as search of printed editions of journals with the terms: electric current injuries, lightning injuries, voltaic arc.. SEARCH RESULTS: In the most severe form (ventricular fibrillation or asystole) they are the cause of death. Conductivity disorders and ischemic changes are the result of changes in the coronary blood vessels (spasm, thrombosis or dissection). Asymptomatic persons with a normal ECG after a low-voltage electric shock are thought not to develop arrhythmias later. On the nervous system, the action of the current causes a disturbance in the level of consciousness, and different forms of isolated neurological disorders of immediate presentation that can appear even after a few days or months can be manifested. They are mostly manifested with motor disorders. Dislocations and fractures as well as burns are common injuries due to contact with electricity. Visual and hearing impairments and a high degree of later disability can also be expected. Dealing with victims after an electric shock is based on safety control when providing assistance. In pre-hospital conditions, it is essential to treat cardiorespiratory arrest and prevent spinal injury. Although there are no clear guidelines, CPR is recommended, which should be carried out over a longer period of time. Provide immobilization of the spinal column until exclusion or confirmation of these injuries. In hospital conditions: monitoring of the cardiovascular and neurological system, monitoring of laboratory analyses, coagulation status, electrolytes and kidney function in case of major burns and major damage. Additional diagnostics (x-ray, MSCT, US) depending on the symptoms. Observation for a minimum of 24 hours is mandatory. Lightning strike - the effect of high-voltage current, these injuries differ from the effect of high-voltage technical current in the way it works, the severity of the injuries. The most famous are Lichtenberg's changes in the form of reddish surface changes in the form of feathers or ferns. They are not classic burns and are caused by the effect of electrons on the skin and usually last up to 24 hours. Due to the effect of lightning on an injured person, hypertension and tachycardia can occur as a result of sympathetic stimulation. As a consequence, the extremities may be pulseless, pale at first and later change color from cyanotic to red as time passes with the appearance of pulsations. Transient effects of a lightning strike can be loss of consciousness, confusion, amnesia and paralysis of the extremities, and due to the experienced mechanical injury, epidural or subdural hematomas and intracranial hemorrhage. More permanent neurological damage includes convulsions, myelopathy with para or quadriplegia, muscle atrophy, amyotrophic lateral sclerosis, parkinsonism and chronic pain syndrome. Persons who are discharged after an examination or after observation should be given a recommendation that in case of delayed manifestations of cardiological, neurological, psychiatric, ophthalmological symptomatology or hearing impairment, they must contact a doctor.

Conclusion: Injuries caused by the effect of electricity have their specific characteristics and knowledge of their characteristics facilitates the procedure of primary care, diagnosis and treatment of victims. Extended and prolonged CPR, monitoring of the cardiovascular and nervous system, observation and follow-up of patients immediately after the event, as well as prevention of neurological outbursts over a longer period are the basic characteristics and specifics of these injuries.

Key words: electric current injuries, lightning strike, voltaic arc.

Korespondencija/Correspondence

Saša IGNJATIJEVIĆ

Univerzitetski klinički centar u Nišu, Srbija

Urgentni centar

Telefon: +381641166385

E-mail: siscrat@gmail.com