

Diagnostika a léčba úrazů elektrickým proudem

Jozef Dodulík^{1,2}, Jiří Plášek^{1,2}, Jiří Vrtal¹, Lukáš Evin^{1,2}, Marie Lazárová^{1,2}, Jan Václavík^{1,2}

¹Kardiovaskulární oddělení, interní a kardiologická klinika, Fakultní nemocnice Ostrava

²Katedra interních oborů, Lékařská fakulta Ostravské univerzity

Úrazy elektrickým proudem představují závažné zdravotní riziko s širokým spektrem následků, od téměř bezpříznakových stavů až po závažné život ohrožující komplikace. Tyto komplikace závisí na faktorech jako je napětí, proud, odpor tkání a délka expozice. Zásah elektrickým proudem vyžaduje multidisciplinární přístup zahrnující urgentní medicínu, interní medicínu a v některých případech popáleninovou a traumatologickou péči. Tento přehledový článek shrnuje současná doporučení pro diagnostiku a léčbu pacientů po zásahu elektrickým proudem, s důrazem na internistický pohled a řešení pacientů, kteří nejsou směřováni do popáleninových center.

Klíčová slova: úraz, poranění, elektrický proud, diagnostika, léčba.

Diagnosis and treatment of electric shock

Electrocution poses a serious health risk with a wide range of consequences, from mild to life-threatening complications. These effects depend on factors like voltage, current, tissue resistance, and duration of exposure. Electrocution injuries require a multidisciplinary approach involving emergency medicine, internal medicine, and, in some cases, burn and trauma care. This review summarizes current recommendations for diagnosing and treating patients after electrocution, with an emphasis on the role of the internist and the management of patients not directed to burn centers.

Keywords: trauma, injury, electric current, diagnosis, therapy.

Úvod

Úrazy elektrickým proudem mohou mít širokou škálu klinických projevů, od lehkých příznaků až po život ohrožující stavy. Tyto úrazy vyžadují multidisciplinární přístup, zahrnující urgentní medicínu, popáleninovou medicínu, traumatologii a interní medicínu. Tento článek se zaměřuje především na pacienty, kteří nevyžadují hospitalizaci v popáleninových centrech, zejména v případě absence závažných popálenin a poskytuje přehled internistického přístupu k těmto pacientům.

Přesná incidence úrazů elektrickým proudem není známa, což je částečně způsobeno tím, že ne každý pacient vyhledá lékařskou pomoc, ale také nedostatečným hlášením těchto případů. Podle údajů ÚZIS zahrnují úrazy elektrickým proudem méně než 1 % všech úrazů ročně v České republice (1).

Typy elektrických úrazů

Elektrický proud může způsobit různé typy poškození v závislosti na typu proudu, napětí a délce expozice. Nízké napětí (méně než 1000 V),

se kterým se nejčastěji setkáváme v domácnostech při nehodách s elektrickými spotřebiči nebo zásuvkami. Způsobuje především dráždivé účinky, jako jsou svalové křeče, arytmie a povrchové popáleniny (2). Vysoké napětí (více než 1000 V), se kterým se setkáváme nečastěji při pracovních nehodách. Způsobuje tepelné účinky, které vedou k hlubokým popáleninám a vážným vnitřním poraněním s často fatálními následky (3).

Průchod elektrického proudu a nebezpečné situace

Zásah elektrickým proudem může způsobit různé komplikace v závislosti na dráze, kterou proud prochází tělem. Dráha proudu je jedním z hlavních faktorů, které určují závažnost zranění. Pokud proud prochází z jedné ruky do druhé nebo z horní části těla do dolní části, zvyšuje se riziko srdeční zástavy a arytmii. Komorová fibrilace je nejzávažnější arytmie, která může vést k okamžité zástavě oběhu (4). Elektrický proud může zasáhnout také nervové tkáně, což vede k rozvoji neurologické

symptomatologie, jako jsou křeče, zmatenost, ztráta vědomí nebo trvalé neurologické deficity (5). Při průchodu elektrického proudu mezi končetinami může dojít k poškození svalů a cév, což může vést k rhabdomyolýze, která ohrožuje funkci ledvin v důsledku hromadění myoglobinu v krvi a následného akutního renálního selhání (8). Poškození endotelu cév může vést k rozvoji trombotických komplikací (6). V těžkých případech může dojít ke vzniku embolie, která může způsobit závažné cévní komplikace. Tyto komplikace vyžadují pečlivé sledování a v některých případech i antikoagulační léčbu (7). Při těžkém poškození cév může dojít k ischemii postižené oblasti, což zvyšuje riziko vzniku nekrózy tkáně.

Internistický přístup k pacientům bez závažných popálenin

U pacientů, kteří nemají závažné popáleniny a nejsou indikováni k hospitalizaci v popáleninovém centru, je nutné zaměřit se na srdeční monitorování pomocí EKG, které je zásadní, protože elektrický proud může vyvolat arytmiie. Pacienti s abnormalitami na EKG, jako je nově zachycena fibrilace síní, prodloužení QT intervalu nebo změny ST segmentů, by měli být monitorováni na jednotce intenzivní péče (9). U pacientů s neurologickými symptomy, jako jsou ztráta vědomí, zmatenost nebo slabost končetin, je nezbytné provést neurologické vyšetření s eventuelním doplněním o zobrazovací metody, jako je CT nebo MRI mozku, pro vyloučení poškození centrální nervové soustavy (10). U pacientů bez viditelných popálenin, ale s podezřením na poškození svalové nebo cévní tkáně, je nutné sledovat sérové hladiny kreatinkinázy (CK) a myoglobinu v krvi a moči. Zvýšené hodnoty svědčí o rozvoji rhabdomyolýzy, která vyžaduje agresivní parenterální hydrataci s nutností pravidelného monitorování renálních parametrů (11). U pacientů s podezřením na vaskulární poškození, zejména při průchodu elektrického proudu přes končetiny, může dojít ke vzniku hluboké žilní trombózy (HŽT) nebo ke vzniku arteriálních trombóz. Dopplerovské ultrazvukové vyšetření může být indikováno u pacientů se symptomy cévní obstrukce (např. bolest, otok, změna barvy končetiny) (12). Při riziku rhabdomyolýzy je klíčové sledovat sérové hladiny urey a kreatininu a přítomnosti myoglobinu v moči. Myoglobinurie může vést k akutnímu poškození ledvin a proto je důležité zajistit dostatečnou hydrataci a diurézu (13).

Rizikové situace a na co si dát pozor

Některé situace jsou u pacientů po zásahu elektrickým proudem zvláště nebezpečné a vyžadují okamžitou pozornost. Zásah elektrickým proudem, který prochází hrudníkem, může narušit srdeční převodní systém, což může vést k život ohrožujícím arytmiím. Elektrický proud může přímo narušit aktivitu srdce, což může způsobit rozvoj dysrytmie. Kromě bezprostředních účinků může mít také opožděné účinky na srdeční činnost. I když počáteční EKG může být normální, arytmiie se mohou rozvinout v průběhu času. Doporučuje se monitorovat pacienty alespoň po dobu 24–48 hodin pomocí kontinuální telemetrie (14). Délka expozice elektrickému proudu je zásadní. Dlouhodobější průchod proudu zvyšuje riziko vzniku závažných komplikací, včetně rozsáhlého poškození svalů, cév a nervů. Zásah elektrickým proudem ve vlhkém prostředí (např. při kontaktu s vodou) výrazně zvyšuje riziko

těžkého poškození tkání, protože voda snižuje odpor kůže a umožňuje hlubší průchod proudu. Pacienti zasaženi elektrickým proudem v těchto podmínkách jsou vystaveni vyššímu riziku srdečních a neurologických komplikací (4). Starší a polymorbidní pacienti mají vyšší riziko rozvoje komplikací. Internista by měl být u těchto pacientů obzvláště opatrný a měl by je pečlivě monitorovat, aby se zabránilo rozvoji život ohrožujících stavů (15).

Internistický přístup k léčbě pacientů po zásahu elektrickým proudem

U pacientů, kteří nevyžadují hospitalizaci v popáleninových centrech, by se internista měl zaměřit především na stabilizaci životních funkcí a sledování rozvoje potenciálních rizikových komplikací. Klíčové je monitorování srdečních funkcí. Pokud jsou zachyceny arytmiie nebo jiné abnormality na EKG, je indikována hospitalizace na jednotce intenzivní péče. Maligní arytmiie vyžadují urgentní intervenci, včetně podání antiarytmik nebo zahájení kardiopulmonální resuscitace (10). U pacientů s rizikem rhabdomyolýzy by měla být zajištěna dostatečná hydratace k prevenci akutního renálního selhání. V případě myoglobinurie je doporučeno podávání intravenózních tekutin s cílem dosáhnout diurézy 100–200 ml/h (16). Pokud máme podezření na poškození cév (např. hluboká žilní trombóza nebo arteriální trombóza), je indikováno ultrazvukové vyšetření cév a následná antikoagulační terapie. Rutinní antikoagulační léčba není doporučována (17). Pacienti s neurologickými příznaky, jako jsou poruchy vědomí nebo motorické deficity, by měli podstoupit detailní neurologické vyšetření včetně příslušných zobrazovacích metod (18).

Kritéria pro dimisi z urgentního příjmu do ambulantní péče

Pacienti po zásahu elektrickým proudem mohou být dimisováni do ambulantní péče, pokud splňují určitá kritéria, která minimalizují riziko opožděných komplikací. Všeobecná kritéria pro dimisi zahrnují:

1. Zásah nízkým napětím (<1000 V): Pacienti zasaženi nízkým napětím, bez popálenin a s normálním EKG, mohou být propuštěni (19).
2. Laboratorní výsledky: Normální hodnoty kreatinkinázy, troponinu a elektrolytů a renálních parametrů jsou klíčové pro rozhodnutí o dimisi. Pacienti s abnormálními výsledky vyžadují další monitorování (19).
3. Absence neurologických symptomů: Pacienti bez neurologických deficitů nebo ztráty vědomí mohou být propuštěni, pokud jsou jinak stabilní.
4. Absence známek cévního poškození: Normální cévní nález na fyzikálním vyšetření a absence symptomů, jako jsou bolest nebo otok, umožňuje dimisi. Podezření na vaskulární poškození vyžaduje další diagnostiku (19).

Diskuze

Úrazy elektrickým proudem představují multidisciplinární výzvu, která zahrnuje urgentní medicínu, kardiologii, neurologii, a v některých případech traumatologii či popáleninovou medicínu. I když většina článků zdůrazňuje závažnost popálenin při zásahu vysokým napětím,

náš článek poukazuje na důležitost internistického přístupu u pacientů, kteří nejsou směřováni do popáleninových center z důvodu absence popálenin. Cévní poškození, například trombóza nebo ischemická embolie, je významným, ale často podceňovaným rizikem. Je důležité, aby internista myslel na možnost vzniku arteriálních nebo žilních trombóz, zejména u pacientů s vysokým napětím, kde dochází k poranění hlubokých struktur včetně cévního endotelu (4). Důraz na monitorování srdečních funkcí je v souladu s literaturou, která uvádí vysoké riziko život ohrožujících arytmií, jako je fibrilace komor nebo komorová tachykardie, zejména u pacientů s průchodem proudu přes hrudník (8). Rhabdomyolýza a riziko rozvoje akutního renálního selhání jsou dobře zdokumentovány, důležitost spočívá v agresivní hydrataci jako preventivního opatření u všech pacientů s podezřením na poškození svalů (5). Významným tématem je rovněž dlouhodobé sledování pacientů po propuštění z nemocnice. Jak ukazuje práce Purdue et al. (10), opožděné komplikace, včetně srdečních arytmií nebo neurologických deficitů, se mohou projevit až několik dní po úrazu.

Pacienti, kteří splňují kritéria pro dimisi, by měli být následně sledováni praktickým lékařem nebo specialistou alespoň během prvních 48 hodin.

Závěr

Internista hraje klíčovou roli v péči o pacienty po zásahu elektrickým proudem, zejména u těch, kteří nejsou indikováni k hospitalizaci v popáleninových centrech. Pečlivé monitorování srdečního, cévního, renálního a neurologického stavu je nezbytné pro včasné rozpoznání a léčbu život ohrožujících komplikací. Při absenci závažných popálenin je zaměřením na interní komplikace, jako jsou arytmie, rhabdomyolýza či cévní poškození, zásadní pro úspěšné zvládnutí těchto úrazů.

Limitace

Článek se opírá o dostupnou literaturu a klinické zkušenosti, avšak existují omezení týkající se nedostatku randomizovaných kontrolovaných studií zaměřených na dlouhodobé výsledky pacientů po zásahu elektrickým proudem. Mnohé komplikace, zejména v oblasti cévního a neurologického poškození nejsou adekvátně zdokumentované, což ztěžuje jejich predikci a léčbu. Budoucí výzkum by měl zahrnovat více prospektivních studií zaměřených na optimalizaci diagnostiky a léčby těchto úrazů, zejména z pohledu internisty.

PROHLÁŠENÍ AUTORŮ: Prohlášení o původnosti: Publikace byla zpracována s využitím uvedené literatury a nebyla publikována ani zaslána k recenznímu řízení do jiného média. **Střet zájmů:** Žádný. **Financování:** Ne. **Registrace v databázích:** N/A. **Projednání etickou komisí:** N/A.

LITERATURA

1. Ústav zdravotnických informací a statistiky ČR. Datové souhrny: Přehled úrazů a jejich příčin. Národní zdravotnický informační portál (online). (cit. 2024-06-09). Dostupné z: <http://www.nzip.cz/...iny>
2. Lee RC, Zhang D, Hannig J. Biophysical injury mechanisms in electrical shock trauma. *Annu Rev Biomed Eng.* 2000;2:477-509. doi: 10.1146/annurev.bioeng.2.1.477. PMID: 11701521.
3. Browne BJ, Gaasch WR. Electrical injuries and lightning. *Emerg Med Clin North Am.* 1992 May;10(2):211-29. PMID: 1559466.
4. Fish RM, Geddes LA. Conduction of electrical current to and through the human body: a review. *Eplasty.* 2009 Oct 12;9:e44. PMID: 19907637; PMCID: PMC2763825.
5. Arnoldo BD, Purdue GF, Kowalske K, et al. Electrical injuries: a 20-year review. *J Burn Care Rehabil.* 2004 Nov-Dec;25(6):479-84. doi: 10.1097/01.bcr.0000144536.22284.5c. PMID: 15534455.
6. Cooper MA, Holle R. Mechanisms of lightning injury should affect lightning safety messages. 2010.
7. Spies C, Trohman RG. Narrative review: Electrocution and life-threatening electrical injuries. *Ann Intern Med.* 2006 Oct 3;145(7):531-7. doi: 10.7326/0003-4819-145-7-200610030-00011. Erratum in: *Ann Intern Med.* 2006 Dec 19;145(12):936. PMID: 17015871.
8. İcer M, Gülaçtı U, Dursun R. Atrial Fibrillation Due to Electric Shock. *Journal of Emergency Medicine Case Reports.* October 2012;3(4):129-131.
9. Hansen SM, Riahi S, Hjortshøj S, et al. Mortality and risk of cardiac complications among immediate survivors of accidental electric shock: a Danish nationwide cohort study. *BMJ Open.* 2017 Aug 28;7(8):e015967. doi: 10.1136/bmjopen-2017-015967. PMID: 28851780; PMCID: PMC5629654.
10. Purdue GF, Hunt JL. Electrocardiographic monitoring after electrical injury: necessity or luxury. *J Trauma.* 1986 Feb;26(2):166-7. doi: 10.1097/00005373-198602000-00013. PMID: 3944840.
11. Brignole M, Moya A, de Lange FJ, et al. ESC Scientific Document Group. 2018 ESC Guidelines for the diagnosis and management of syncope. *Eur Heart J.* 2018 Jun 1;39(21):1883-1948. doi: 10.1093/eurheartj/ehy037. PMID: 29562304.
12. Cooper MA. Electrical and lightning injuries. *Emerg Med Clin North Am.* 1984 Aug;2(3):489-501. PMID: 6534739.
13. Koumbourlis AC. Electrical injuries. *Crit Care Med.* 2002 Nov;30(11 Suppl):S424-30. doi: 10.1097/00003246-200211001-00007. PMID: 12528784.
14. Pliskin NH, Capelli-Schellpfeffer M, Law RT, et al. Neuropsychological symptom presentation after electrical injury. *J Trauma.* 1998 Apr;44(4):709-15. doi: 10.1097/00005373-199804000-00027. PMID: 9555847.
15. Wesner ML, Hickie J. Long-term sequelae of electrical injury. *Can Fam Physician.* 2013 Sep;59(9):935-9. PMID: 24029506; PMCID: PMC3771718.
16. Zemaitis MR, Foris LA, Lopez RA, et al. Electrical Injuries. (Updated 2023 Jul 17). In: StatPearls (Internet). Treasure Island (FL): StatPearls Publishing; 2024 Jan-. Available from: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/books/NBK448087/>
17. L. B. Gordon, L. Cartelli and N. Graham, „A Complete Electrical Shock Hazard Classification System and Its Application,” in *IEEE Transactions on Industry Applications*, vol. 54, no. 6, pp. 6554-6565, Nov.-Dec. 2018, doi: 10.1109/TIA.2018.2803768. keywords: {Electric shock; Hazards; Injuries; Electrical safety; Capacitors; Standards; Arc discharges; Electrical injury; electrical hazard classification; electrical safety; electrical safety standards; electrical shock},
18. Adams RD. Concerning certain psychological principles which have been derived from clinico-pathologic study. *Trans Stud Coll Physicians Phila.* 1959 Jul;27(1):1-11. English, German. PMID: 13669037.
19. Maghsoudi H, Adyani Y, Ahmadian N. Electrical and lightning injuries. *J Burn Care Res.* 2007 Mar-Apr;28(2):255-61. doi: 10.1097/BCR.0B013E318031A11C. PMID: 17351442.