

# TEŠTINĖS MEDICINOS STUDIJOS

## Elektros traumos

Dalia Adukauskienė, Venta Vizgirdaitė<sup>1</sup>, Sandra Mažeikienė<sup>1</sup>

Kauno medicinos universiteto Intensyviosios terapijos klinika, <sup>1</sup>Kauno medicinos universitetas

**Raktažodžiai:** elektros traumos, nuolatinė srovė, kintamoji srovė, žaibo sukeltas pažeidimas, nudegimai.

**Santrauka.** Elektros traumas gali sukelti žema įtampa (nuo 60 iki 1000 V, dažniausiai 220 ar 360 V), aukšta įtampa (daugiau kaip 1000 V), žaibas arba Voltos lankas. Dažnai nuo šios rūšies traumų nukenčia maži vaikai, paaugliai ir darbingo amžiaus žmonės. Elektros srovės sukeliama pažeidimai ir klinika gali būti labai įvairi – nuo nežymių sveikatos sutrikimų, kai nereikia didesnės medicinos pagalbos, iki gyvybei grėsmingų būklių. Visame pasaulyje nuo žaibo kasmet sunkius sužalojimus patiria 1000–1500 žmonių, apie 20–30 proc. patyrusių tokias traumas žmonių miršta, sergamumas ir nuolatinės traumos pasekmės išlieka 74 proc. išgyvenusiųjų. Pagrindinė mirties nuo žaibo sukulto pažeidimo ir kitų elektros traumų priežastis – širdies sustojimas ir kvėpavimo išnykimas, todėl patyrusiems šias traumas žmonėms ypač svarbi tinkama skubi medicinos pagalba. Vėliau dėl elektros sukeltų nudegimų, giliųjų audinių, organų pažeidimo, besivystančių antrinių sisteminių sutrikimų nukentėjusiajam gali būti reikalinga intensyvioji terapija, skubus, o neretai daugiaetapis chirurginis gydymas, todėl ypač aktuali elektros traumų profilaktika, kuri padėtų sumažinti vaikų ir darbingo amžiaus žmonių traumatizmą. Svarbiausia – suvokti elektros keliamą pavojų ir jo išvengti.

Elektros traumas gali sukelti aukšta įtampa (daugiau kaip 1000 V), žema įtampa (nuo 60 iki 1000 V, dažniausiai – 220 ar 360 V), žaibas arba Voltos lankas (1–4).

### Epidemiologija

Aukštos įtampos elektros srovės pažeidimą dažniau patiria tam tikros specialybės žmonės, t. y. turintys tiesioginį kontaktą su ja: pramonės darbininkai, elektrikai (1, 3). Nuo elektros traumų ypač nukenčia jauni vyrai, kurių amžius apie 30 metų (5, 6). Pažeidimai žemos įtampos elektros srove dažniausiai įvyksta buityje: vonios kambaryje naudojantis elektros prietaisais, neatidžiai dirbant su elektros prietaisais, juos taisant ir t. t. (1, 4). Maži vaikai nukenčia nuo elektros dėl tėvų aplaidumo, kai palikti be priežiūros kiša įvairius metalinius daiktus (dažniausiai raktus) į rozetę (4, 7), kartais vaikas bando kąsti elektros laidą, kuriuo teka elektros srovė (3). Taip susižaloja 1–5 metų vaikai, vyrauja dvejų metų vaikai (beje, daugiausia tokio pobūdžio traumų įvyksta apie 10 val. ir 16–18 val.) (7). Vyresni vaikai patiria elektros traumą bandydami taisyti įvairių elektros įrangą. Nemaža dalis paauglių patiria aukštos įtampos traumas, kai smalsumo vedini

arba norėdami pasipelninti (ieškodami spalvotųjų metalų) įlenda į aukštos įtampos pastotes (4, 7).

Nuo žaibo JAV kasmet žūva 100–200 žmonių, t. y. daugiau nei nuo kitų išorinių veiksnių apskritai (2). Kasmet nuo žaibo visame pasaulyje sunkius sužalojimus patiria 1000–1500 žmonių (8).

Kauno medicinos universiteto klinikų Plastinės chirurgijos ir nudegimų skyriuje 1991–2000 metais buvo gydyti 1728 vaikai ir 1967 suaugusieji, patyrę nudegimų traumas, iš jų 93 (2,5 proc.) pacientai buvo sužaloti elektros. Tarp patyrusiųjų elektros traumą buvo 38 (40,86 proc.) vaikai ir 55 (59,14 proc.) suaugusieji. 7 (18,42 proc.) vaikai ir 13 (23,64 proc.) suaugusiųjų patyrė aukštos įtampos elektros traumas, 29 (76,32 proc.) vaikai ir 22 (40 proc.) suaugusieji patyrė žemos įtampos elektros traumas. 2 (5,26 proc.) vaikai ir 20 (36,36 proc.) suaugusiųjų buvo sužaloti Voltos lanko. Nehospitalizuotas nė vienas žaibo sužalotas ligonis (4).

### Patogenezę

Elektros srovei tekant organizmo audiniais, pažeidimas įvyksta dėl kelių mechanizmų:

- dėl tiesioginio elektros srovės žalojamojo poveikio:

pakinta ląstelių membranų ramybės potencialas, suskeliamas raumens toninis susitraukimas, *elektroporizacija* (didelis elektrinis laukas, susidaręs ląstelės viduje, lemia stiprų vandens judėjimą į ląstelės vidų, dėl kurio pažeidžiamos ląstelių membranos, susidaro jų defektai – poros); elektroporizacija išsivysto mažiau kaip per 1 milisekundę, vos ląstelės ramybės potencialas tampa didesnis nei 0,8–1 V) (9, 10);

- elektros energija virsta šilumos energija: susidaro aukšta temperatūra, sukelianti koaguliacinę audinių nekrozę, nudegimą (4, 9, 11). Audinių temperatūrai pakilus  $>42^{\circ}\text{C}$ , ima trūkinėti tarpląstelinės jungtys, vystosi baltymų, DNR struktūros pokyčiai (*denaturacija*). Šilumos sukiamas audinių pažeidimas labai priklauso nuo poveikio trukmės – kuo daugiau išsiskiria šilumos, tuo mažiau laiko pakanka, kad įvyktų pažeidimas, pvz., aukštos įtampos ( $<10000\text{ V}$ ) traumos metu kontakto vietoje nudegimas įvyksta iškart, tačiau reikia maždaug 1–3 sekundžių, kad būtų pažeisti ir gilieji audiniai (12);

- patyrusieji elektros traumas neretai nukenčia ir nuo *mechaninės* kilmės sužalojimų, susijusių su tiesiogine trauma dėl labai stipraus raumenų susitraukimo, smūgio bangos, kritimo ir kt. (1–3, 9).

Volto lanko pažeidimo mechanizmas yra kiek kitoks. Veikiant Voltos lankui (tai labai didelė elektros iškrova tarp dviejų laidų, kai ji juda ne tiesiai link kito laidininko (laido), o lanku nelaidžiąja terpe, t. y. oru), susidaro ypač aukšta temperatūra, tačiau srovė neteka organizmo audiniais, o poveikis yra momentinis, todėl pažeidžiami tik paviršiniai audiniai (4).

Elektros traumos sunkumą sąlygoja keli veiksniai.

**A. Srovės tipas.** Nuolatinė srovė, kurios dažnis lygus 0 Hz (ciklą per sekundę), gali būti intermituojančioji ar pulsuojančioji, ir yra mažiau pavojinga nei kintamoji srovė (13). Kintamosios srovės poveikis organizmui labai priklauso nuo jos dažnio. Žemo dažnio 50–60 Hz kintamoji srovė plačiai naudojama buityje (50 Hz – Europoje, 60 Hz – JAV), be to, yra daug pavojingesnė nei aukšto dažnio kintamoji srovė bei 3–5 kartus pavojingesnė už tos pačios įtampos ir stiprumo nuolatinę srovę (1, 13). Kintamoji srovė, sukeldama tetaninį raumens susitraukimą, „prikausto“ nukentėjusįjį prie srovės šaltinio, todėl prailgėja srovės tekėjimo per kūną trukmė ir sukeliama didesni sužalojimai. Nuolatinė srovė veikia priešingai – dažniausiai sukelia vieną staigų trumpą raumens susitraukimą, kuris paprastai nustumia žmogų nuo srovės šaltinio (13).

**B. Srovės įtampa ir stipris.** Kuo srovės įtampa ir stiprumas didesni, tuo bet kokios rūšies elektros srovė labiau pažeidžia. Ranka juntamas srovės slenkstis yra

5–10 miliamperų (mA) nuolatinėi srovei ir 1–10 mA žemo dažnio kintamajai srovei. Maksimalus srovės stipris, sukeliantis rankos fleksorių susitraukimą (dar įmanoma atitraukti ranką nuo srovės šaltinio) yra vadinamas „leidžiančiąja pasitraukti“ srove (angl. *let-go current*) (11). „Leidžiančioji pasitraukti“ nuolatinė srovė 70 kg masės žmogui yra apie 75 mA, o kintamoji srovė – apie 15 mA (priklauso nuo raumenų masės). Žemos įtampos 110–220 V, 50–60 Hz kintamoji srovė, keliaudama krūtine, per sekundės dalį gali sukelti skilvelių virpėjimą, jei jos stipris – 60–100 mA, o nuolatinė srovė tokį pažeidimą sukelia tik 300–500 mA stiprio. Jei srovė tiesiogiai kontaktuoja su širdimi (kateris ar stimulatoriaus elektrodas širdyje), skilvelių virpėjimą sukelia ir labai mažas srovės stipris ( $<1\text{ mA}$  nuolatinės ar kintamosios srovės) (1).

**C. Kūno varža** – matuojama omais/cm<sup>2</sup>, ypač priklauso nuo odos būklės (1, 11, 13). Sausos gerai keratinizuotos, nepažeistos odos varža vidutiniškai – 20000–30000 omų/cm<sup>2</sup>, o sustorėjusios padų ar delnų odos varža gali siekti net 2–3 mln. omų/cm<sup>2</sup>. Plonos drėgnos odos varža – apie 500 omų/cm<sup>2</sup>. Jei oda pradurta (adata) arba srovė kontaktuoja su gleivinėmis, varža sumažėja iki 200–300 omų/cm<sup>2</sup>. Jei sąlyčio metu su elektros srove odos varža maža, paviršiniai nudegimai labai nežymūs, tačiau gali būti pažeidžiama širdis, smegenys priklausomai nuo srovės kelio per kūną. Jei odos varža didelė, didžioji srovės energijos dalis susikaupia būtent joje, todėl gilūs nudegimai būna ties srovės įėjimo ir išėjimo iš kūno vietomis, pažeidžiami ir audiniai tarp šių taškų (išsiskirianti šiluma = srovės stiprumas<sup>2</sup> × varža). Vidiniai audiniai pažeidžiami priklausomai nuo jų varžos: labiausiai pažeidžiami nervai, kraujagyslės ir raumenys, nes jie geresni srovės laidininkai nei didesnės varžos audiniai (kaulai, riebalinis audinys, sausgyslės) (1, 11). Tačiau, užsitęsęs sąlyčiui su aukštos įtampos elektros srove, stipriai pažeidžiami ir gilieji audiniai, nes ji teka ir didžiausią varžą turinčiais audiniais, o tai lemia, kad juose išsiskiria daugiausia šilumos, kuri sukelia antkaulio pažeidimus, raumenų nekrozę (rabdomiolizę), vėliau sąlygojančią sunkias sisteminės komplikacijas, lydosi sausgyslės, riebalinis audinys (11).

**D. Srovės kelias per kūną.** Būtent jis nulemia traumos pobūdį. Srovė, sklisdama tarp rankos – rankos arba rankos – kojos, praeina per širdį ir gali sukelti gyvybei pavojingus širdies ritmo sutrikimus, tiesioginį miokardo pažeidimą, todėl šis kelias pavojingesnis nei kelias tarp kojos – žemės (1, 13). Dažniausia srovės įėjimo vieta – ranka, po to – galva, o dažniausia srovės išėjimo vieta – koja. Jei srovė kintamoji, tai nustatyti, kuris taškas yra įėjimas, o kuris išėjimas, neįmanoma (1).

**E. Srovės tekėjimo kūnu trukmė.** Traumos sunkumas tiesiogiai proporcingas trukmei: kuo ilgiau teka srovė, tuo labiau ji pažeidžia audinius (1, 11, 13).

**Pažeidimo, kurį sukelia žaibas,** įtampa siekia nuo kelių milijonų iki 2 milijardų V (vidutiniškai – 10–30 milijonų V), srovė matuojama nuo 2000 iki 300000 A (1, 2). Paprastai žaibo poveikis trunka 0,1–10 ms. Tokio trumpo laiko nepakanka pažeisti odą, srovė teka odos paviršiumi, palikdama „žaibo piešinį“. Jei oda drėgna nuo prakaito ar lietaus, žaibas gali sukelti pirmojo ar antrojo laipsnio nudegimus vandens garais. Staiga elektros iškrovos įkaitintas vanduo garuodamas gali nuplėšti ir drabužius. Dėl srovės tekėjimo kūno paviršiumi įėjimo į kūną ir išėjimo iš jo vietų nudegimai reti (2).

Žaibo sukeliama traumą organizmui dažniausiai sąlygoja šeši veiksniai: 1) tiesioginis žaibo poveikis, 2) kontaktinė įtampa, 3) elektros srovės nutekėjimas nuo greta esančių objektų (angl. *side flash or splash*), 4) žemės įtampa (angl. *ground or stride voltage*), 5) terminis nudegimas, 6) smūgio banga. Tiesioginis žaibo poveikis akivaizdus – „trenkus žaibui“, elektros srovė teka odos paviršiumi. Kontaktinė įtampa pažeidžia tada, kai liečiamas objektas (palapinė, medis), į kurį nukreiptas žaibas. Nutekėjimas nuo greta esančių objektų įvyksta tada, kai žaibas, nukreiptas į namą, medį ar kitą reliatyviai didelę varžą turintį objektą, nuteka per greta esantį nukentėjusįjį, kaip turintį mažesnę varžą srovei tekėti. Nutekėjimas galimas ir nuo arti esančių žmonių, todėl nerekomenduojama žmonėms stovėti arti vienas kito arba po medžiu, kai žaibuoja ir griaudžia. Jei žmogus viena koja ar kūno dalimis liečiasi su žeme arčiau žaibo iškrovos vietos nei antrąja, tarp jų gali susidaryti potencialų skirtumas, srovė gali tekėti tarp jų arba aplink jas – tai pažeidimas žemės įtampa. Terminis pažeidimas įvyksta tada, kai žaibo paveikti žmonės dirba su metaliniais objektais, labai įkaista arba užsidega drabužiai. Smūgio banga pažeidžia įvairiai: pati žaibo iškrova gali „numesti“ kūną dėl raumenų susitraukimo arba pažeisti dėl kritimo smūgio. Taip pat žaibas turi ir sprogstamąjį poveikį, nes jis plinta atmosferoje oro kanalu, įkaitindamas jį iki 8000°C temperatūros. Tai sukelia greitą oro plėtimąsi, girdimą kaip griaustinis, ir beveik tokį pat greitą oro traukimąsi dėl greito atvėsimo iki 1500–2000°C temperatūros. Aprašyti žaibo traumas sukelti lūžiai, kontuzijos, uždaros vidaus organų traumas (1, 2, 8, 14).

Žaibo iškrova audros centre gali pasikartoti lygiai toje pačioje vietoje. Gelbstint nukentėjusius nuo žaibo arba esant potencialiai aukai, reikia įvertinti didelę pakartotinės žaibo iškrovos tikimybę (1, 2, 15).

### Klinika

Elektros poveikis organizmui labai priklauso nuo anksčiau aprašytų elektros srovės ir kūno veiksnių tarpusavio sąveikos, todėl ir klinika gali būti labai įvairi – nuo nežymių sveikatos sutrikimų, kai medicinos pagalba nebūtina, iki gyvybei grėsmingų būklių (1, 3, 11, 13, 15–17).

Traumos, sukeltos kintamosios elektros srovės, srovės įėjimo ir išėjimo žaizdos dažnai esti panašaus dydžio. Veikiant nuolatinei srovei, įėjimo žaizda maža, išėjimo – didesnė – tai lokalūs pažeidimai, kurių centre spalva dėl koaguliacinės nekrozės esti balkšvai pilka, išorė – ryškiai raudona, dėl dalinio audinių pažeidimo edemiška (1, 3, 11). Kūdikiai dažnai patiria burnos traumą sukandę ar čiulpdami laidą, kuriuo teka elektros srovė – seilės tampa geru elektros laidininku, greitai įkaista, vystosi vietiniai nudegimai. Taip pažeidžiama burna ir lūpos, gali sutrikti dantų, apatinio ir viršutinio žandikaulio augimas. 5–10 dienų po traumos, išnykus šašui nuo lūpos, gali atsirasti kraujavimas iš *a. labialis* arterijos (10 proc. atvejų) (3, 11).

Kintamoji elektros srovė, tekėdama miokardu, gali sukelti skilvelių virpėjimą (fenomenas R-on-T) (3, 15, 18). Nuolatinė srovė mažiau pavojinga aritmijų požiūriu, nes ji miokardą poliarizuoja vienodai (11). Vertikalus elektros kelias (ranka, koja) gali sukelti didesnę širdies raumens pažeidimą (ilgiau teka elektros srovė), nors pavojingesnis yra transtorakalinis elektros plitimo kelias ranka – ranka, nes jos kelyje visuomet nukenčia širdis (3, 13).

Dažnas nevalingas raumenų susitraukimas, traukuliai, apnėja dėl centrinės nervų sistemos pažeidimo ar raumenų paralyžiaus. Traumos sunkumą lemia ir terminis, elektrocheminis pažeidimai: hemolizė, baltymų koaguliacija, kraujagyslių trombozė, dehidracija, raumenų ir sausgyslių atplėšimas. Nudegimai gali būti aiškių ribų ir (ar) sklįsti giliai į audinius. Aukštos įtampos srovė gali sukelti koaguliacinę raumenų ir kitų giliųjų audinių nekrozę zonoje tarp šaltinio ir žemės. Koagulavus venoms ir (ar) išsivysčius jų trombozei, sutrinka kraujo nutekėjimas, prasideda masyvi pažeistų audinių edema, vystosi uždarų ertmių sindromas (angl. *compartment syndrome*), dar labiau sutrikdantis kraujotaką ir sukeliantis antrinius išeminius pažeidimus. Hipotenzija, vandens ir elektrolitų pusiausvyros sutrikimai bei ryški mioglobinurija gali sukelti ūminį inkstų funkcijos nepakankamumą. Didesni pažeidimai sukeliami kintamosios elektros srovės. Yra galvos, stuburo traumų tikimybė. Kintamoji srovė sukelia toninį skeleto raumenų susitraukimą, todėl nukentėjusiajam sunku išsilaisvinti nuo elektros šaltinio, jis tarsi prikaustomas prie jo, poveikio trukmė ilgėja,

todėl pažeidimas būna sunkesnis (1, 3, 11, 15).

Dėl panašių sisteminių pažeidimų elektros trauma prilyginama audinių sutraiškymo (angl. *crush*) traumai. Jei pažeidžiami raumenys, padidėja mioglobino išskyrimas. Vystosi gyvybei grėsmingi širdies ritmo sutrikimai, inkstų funkcijos nepakankamumas (dėl mioglobinurijos ir hemoglobinurijos), elektrolitų disbalansas – hiperkalemija ir hipokalcemija dėl masyvaus tiesioginio raumenų pažeidimo (3).

Jei kontaktas su elektros šaltiniu (ypač aukštos įtampos srove >1000 V) įvyksta viršutinėje krūtinės dalyje, kakle, galvoje, maždaug 5–20 proc. nukentėjusiųjų po 4–6 mėnesių gali vystytis katarakta, kurią tenka koreguoti chirurginiu būdu (11, 19).

Maždaug 25 proc. patyrusiųjų elektros traumas gali atsirasti pykinimas, vėmimas, adinaminis žarnų nepraeinamumas (11). Vidaus organų pažeidimai dažnai įvyksta dėl kraujagyslinių mechanizmų, kai sutrinka kraujotaka, rečiau – dėl tiesioginio elektros srovės poveikio (11, 20).

Pagrindinė mirties nuo elektros traumos priežastis – širdies sustojimas dėl skilvelių virpėjimo arba asistolijos ir (ar) kvėpavimo išnykimas dėl kvėpavimo centro slopinimo (elektros srovės pratekėjimas per smegenis), kvėpavimo raumenų (diafragmos) spazmo (3, 11, 15). Užsitęsęs hipoksijai dėl apnėjos, įvyksta antrinis širdies sustojimas (1, 15, 21).

**Širdies ir kvėpavimo sistemos pažeidimai.** Dėl žaibo, tarsi masyvaus elektros šoko, širdis dažniausiai esti asistolijoje, tačiau ritmas netrukus savaime normalizuojasi (2, 15, 21). Deja, kvėpavimo sustojimas, įvykęs dėl kvėpavimo centro slopinimo ir kvėpavimo raumenų spazmo, gali užsitęsti ilgiau nei širdies sustojimas, sukeldamas tokią hipoksiją, nuo kurios širdis dar kartą sustoja dėl aritmijų ar skilvelių virpėjimo (15). Širdį taip pat pažeidžia arterijų spazmas, tiesioginis didelės elektros energijos poveikis. Nukentėjusiesiems užfiksuotas kreatinfosfokinazės širdinės (MB) frakcijos padidėjimas, elektrokardiografiniai išemijos požymiai, aritmijos, miokardo nekrozė (autopsijoje), taip pat šonkaulių lūžiai, plaučių kontuzija, ankstyvoji ir vėlyvoji plaučių edema (2, 15).

**Neurologiniai pažeidimai,** apimantys tiek centrinę, tiek ir periferinę nervų sistemą, būna gana ryškūs, kaip ir kardiologiniai (2, 15). Dviem trečdaliams nukentėjusiųjų nuo žaibo nustatomas kojų paralyžius, trečdaliui – rankų paralyžius (2). Galūnės šaltos, marmurinės spalvos, nejautrios, be pulso, t. y. negyvybingos. Kadangi šiuos pokyčius dažniausiai sukelia vazospazmas, tai per kelias valandas jie gali išnykti. Visgi daliai ligonių išlieka nuolatinė **parezė** ir **paretezija** (8).

Dažnai ligoniai esti dezorientuoti, keletą dienų išlieka amnezija. Žinoma psichinės ligos ir asmenybės pasikeitimo po žaibo sukeltos traumos atveju (2, 8, 15).

Dažniausiai minimi liekamieji neurologiniai reiškiniai: paraplegija, hemiplegija, parezė, neuritas, neuralgija, protinių gebėjimų susilpnėjimas, diskoordinacija, nemiga, panikos priepuoliai, protarpinis simpaterginis aktyvumas, lėtinė subdurinė hematoma, afazija (1, 2, 14).

**Nudegimai** tiesiogiai sukelti žaibo dažniau esti paviršiniai, tačiau įkaitę drabužiai gali sukelti sunkų terminį pažeidimą (1, 2, 8).

**Skeletas ir raumenys** nuo žaibo nukentčia kiek rečiau nei nuo aukštos įtampos srovės. Pasitaiko menčių, raktikaulių, kaukolės, stuburo, ilgųjų kaulų lūžių, dažnai su kaulų dislokacija (1, 2, 15). Visuomet reikėtų įtarti ir vidaus organų pažeidimą (2).

**Akių pažeidimas.** Nukentėjusiesiems nuo žaibo gali būti iritas, uveitas, tinklainės atšokimas ir perforacija, stiklakūnio kraujosruvos, optinio nervo pažeidimas (2, 8). Dėl žaibo poveikio platūs fiksuoti vyzdžiai negali būti vertinami kaip smegenų mirties požymiai (2). Tuoj po patirtos traumos ar dvejų metų laikotarpiu po jos dažnai išsivysto katarakta (1, 2).

**Apkurtimas** dažnai esti laikinas, jį sukelia žaibo sukulto griaustinio smūgio bangos (8). Ausys taip pat gali nukentėti nuo tiesioginio nudegimo, kaukolės pamato lūžio – 50 proc. nukentėjusiųjų plyšta vienos ar abiejų ausų būgnelis (2, 8). Deja, tai dažnai nediagnozuojama, nes gydytojas to nesitiki. Gydant šalinas kraujas ir nekrozinės masės, o klausos defekto chirurginė korekcija atliekama vėliau, jau įvykus klausos kaulelių nekrozei. Nukentėjusįjį būtina stebėti ir dėl likvorėjos (2).

**Įtaka nėštumui.** 50 proc. nėščiųjų žaibas pažeidžia ir vaisių. Patirta trauma yra ketvirtadalio nukentėjusiųjų nėščiųjų naujagimių mirties priežastis ir tik ketvirtadalis gimusiųjų išlieka nepažeisti. Nėštumo trukmės įtaka prognozei neapibrėžta dėl palyginti nedidelio aukų skaičiaus (2).

Siekiant atskirti žaibo traumą nuo traukulių, subarachnoidinių hemoragijų, smegenų kraujotakos sutrikimų, epilepsijos, miokardo infarkto ir širdies aritmijų, galvos ir nugaros smegenų pažeidimų ir apsinuodijimų sunkiaisiais metalais, būtina atkreipti dėmesį į žaibo traumas būdingus požymius: trauma, įvykusi lauke, ausies būgnelio plyšimas, dažniau jaunas aukos amžius (ypač 15–44 metų vyrai), dažniau keletas nukentėjusiųjų, paviršinis raudonas „paparčio lapo“ piešinys (eritema), suplėšyti drabužiai (2, 8).

Pagrindinė nukentėjusiųjų nuo žaibo mirties prie-

žastis – širdies sustojimas ir kvėpavimo išnykimas (1, 2, 15, 8).

### Pirmoji pagalba

Pirmiausia reikia nutraukti kontaktą tarp aukos ir srovės šaltinio. Geriausias būdas – išjungti srovę, jei tą galima atlikti greitai; jei to padaryti neįmanoma, nukentėjusįjį reikia atitraukti nuo kontakto su srove (1, 3, 11, 15). Jeigu srovė žemos įtampos (110–220 V), gelbėtojas turi gerai izoliuotis nuo žemės ir naudoti izoliuojamąją medžiagą (drabužius, sausą medį, gumą, odinį diržą), kad nustumtų auką ir išlaisvintų ją nuo srovės šaltinio. Kirvis mediniu kotu tinka perkirsti laidą, kurį laiko auka. Liesti nukentėjusįjį saugiau mėvint pirštines ar apvyniojus rankas drabužiais, stovint ant guminio pagrindo ar sausos lentos. Rekomenduojama visus izoliavimo nuo elektros šaltinio veiksmus atlikti viena ranka (1, 11). Jei auka yra veikiamas aukštos įtampos srovės, negalima išlaisvinti nukentėjusiojo nuo srovės šaltinio tol, kol srovė neišjungta (1)! Deja, aukštos ir žemos įtampos srovę ne visuomet galima identifikuoti, ypač lauko įrenginiuose. Kai elektros įtampa >1000 V, būtina ypatinga speciali gelbstinčiojo apsauga – avalynė ir pirštinės (1, 11).

Kai auką jau galima liesti, reikia skubiai įvertinti gyvybės funkcijas (miego arterijų pulsas, kvėpavimas, sąmonės būklė). Pirmiausia būtina užtikrinti kvėpavimo takų praeinamumą. Jei nėra kvėpavimo ar kraujotakos, nukentėjusysis skubiai gaivinamas (specializuoto gaivinimo metu taikoma defibriliacija). Jei drabužiai dega, smilksta, jie nuvelkami. Atmintina, kad kai srovė žemos įtampos (110–220 V) pažeidžia sušlapusį nukentėjusįjį kontakte su žeme (plaukų džiovintuvas, radijo ar TV aparatas vonios kambaryje), širdies sustojimas įvyksta be nudegimų (1). Normalizavus gyvybines funkcijas, įvertinama visa traumas apimtis: nudegimai, stuburo ir kitų kaulų lūžiai bei jų dislokacijos, galvos, nugaros smegenų ir vidaus organų pažeidimo galimybė (1, 11, 15, 14). Nustačius lūžius ar stuburo traumas, taikoma imobilizacija, gydymas šokas ir (ar) nudegimai (rehidracija kristaloidais ir kt.), nukentėjusysis skubiai vežamas į ligoninę (geriausiai – į tokią, kurioje yra specializuotas nudegimų gydymo skyrius) (3, 15, 20). Transportavimo metu svarbu stebėti nukentėjusiojo hemodinaminę būklę, kvėpavimą, nes galimi įvairūs širdies ritmo sutrikimai, vėliau apnėja, rečiau – kvėpavimo takų edema, jei elektros trauma apima galvos, veido sritį (11).

### Diagnostika

Kai nukentėjusysis nuo elektros traumas atvežamas į specializuotą medicinos pagalbos įstaigą, pakar-

totinai įvertinama jo būklė, atliekami laboratoriniai tyrimai (bendrasis kraujo tyrimas, serumo elektrolitai (Na, K, Cl), šlapalas, kreatininas, gliukozė, šlapimo tyrimas dėl mioglobinurijos, kraujo dujos ir kt.); instrumentiniai tyrimai: įtarus kaulų lūžius, būtinos rentgenogramos, visiems nukentėjusiems reikėtų užrašyti elektrokardiogramą (EKG) ir, remiantis visų tyrimų duomenimis, įvertinama traumas apimtis bei numatoma tolesnė gydymo taktika (3, 11, 13, 15, 22, 23).

Svarbu neužmiršti, kad po elektros traumas, netgi esant sąlyginai nepavojingoms žaizdoms išorėje, gali atsirasti gyvybei pavojingų širdies ritmo sutrikimų, o dėl giliųjų audinių pažeidimo gali vystytis lokaliai edemos, labai sutrikdančios galūnių kraujotaką ir sukeliančios grėsmę visai galūnei, mioglobinurija bei antrinis inkstų nepakankamumas (11). Jei EKG užfiksuojami širdies ritmo sutrikimai ir (ar) trauma įvyko veikiant aukštos įtampos elektros srovei, daugumos autorių rekomenduojama širdies veiklos stebėseną 24–48 val. (3, 11, 22, 23). Jeigu yra angininio pobūdžio skausmai, būtina ištirti ir širdies fermentus (1).

Esant bet kokiam sąmonės sutrikimui, įtartinas intrakranijinis kraujavimas, todėl būtina atlikti galvos kompiuterinės tomografijos (KT) ar magnetinio branduolių rezonanso tyrimą (1, 11, 13). Patyrusiems labai sunkią elektros traumą (ypač aukštos įtampos elektros srove) dažnai rekomenduojama atlikti ir kraujo grupės nustatymo, dalinio aktyvuotojo tromboplastino laiko (DATL), protrombino tyrimus (11, 13).

### Gydymo taktika

Ji labai priklauso nuo traumas sunkumo bei nukentėjusiojo būklės. Jei reikia, tęsiamas gaivinimas, koreguojama homeostazė (Ringerio laktato, fiziologiniu tirpalu).

Specializuotas gaivinimas, jei pacientas nukentėjęs nuo žaibo, nesiskiria nuo įprastinio, tik būtina atkreipti dėmesį į kvėpavimo funkcijos užtikrinimą (8). Aritmijų gydymas standartinis – visiems nukentėjusiems reikėtų užrašyti EKG ir keletą valandų stebėti dėl vėliau galimos plaučių edemos. Nukentėjusiems, kuriems nėra jokių simptomų, ryški širdies disfunkcija gali išsivystyti vėliau, todėl profilaktinis antiaritmikų (lidokaino) skyrimas galėtų būti racionalus, nors tikslingumas neįrodytas. Nedaugeliui išsivysto laikina hipertenzija, kurios gydyti nebūtina (2).

Pacientams, patyrusiems žaibo ar kitokią elektros traumą, būtinas neurologinės būklės įvertinimas tuoj po traumas ir tolesnis jos stebėjimas (2, 3, 11, 13, 23). Jei neurologiniai simptomai stabilūs, įtariamą galvos, nugaros smegenų pažeidimą. Visuomet būtina hipoksijos korekcija. Traukuliai gydomi įprastai atme-

tus intrakranijinius pažeidimus (subdurinę ir epidurinę hematomas). Jei nukentėjusysis praranda sąmonę, būtina skubi galvos KT (2, 11, 13). Koma išrinka dėl užsitęsios hipoksijos iki gaivinimo, taip pat dėl uždarnos galvos traumos (2). Tuomet ligoniui ribojami skysčiai. Jei ligonis išlieka nesąmoningas, įvertinus galvos KT, patikslinama chirurginės intervencijos būtinybė. Komos priežastis būna ir atšalimas, nes nukentėjusieji drėgni, todėl galimas viso kūno atšalimas (1).

Esant mioglobinurijai, skubus cirkuliuojančio kraujo tūrio normalizavimas bei natrio bikarbonato infuzijos apsaugo nuo ūminės inkstų kanalėlių nekrozės ir inkstų nepakankamumo. Kraujotakai inkstuose skatinti gali būti skiriama manitolio arba furosemido. Rekomenduojama kateterizuoti šlapimo pūslę ir stebėti diurezę (11, 13, 15, 20, 23).

Elektra skatina įvairių kraujagyslių trombozę. Progresuojanti intravaskulinė trombozė gali būti tolesnio audinių pažeidimo priežastis, todėl tikslingi antiagregaciniai vaistai ir profilaktika antikoagulantais (1).

Nukentėjusiesiems nuo elektros traumos dažnai reikalinga ir chirurginė pagalba, todėl geriausiai kai ją teikia patyręs chirurgas: tenka atlikti nekrektomijas, o esant giliųjų audinių pažeidimo požymių (tinimas, skausmas, sutrikusios kraujotakos simptomai: išbalimas, parestezijos, parėzė, pulso išnykimas) atliekamos fasciotomijos, kurios informatyvios tiek diagnozuojant (įvertinama giliųjų audinių pažeidimų apimtis, gylis), tiek parenkant gydymą (atlaisvinami audiniai, užkertamas kelias antriniam jų pažeidimui dėl išemijos, sąlygotos besivystančios audinių edemos) (3, 11, 13). Rečiau gali būti reikalinga pažeistų galūnių amputacija. Prieš operaciją svarbu stabilizuoti ligonio būklę: skirti deguonies terapiją (esant kvėpavimo funkcijos nepakankamumui), užtikrinti pakankamą organų perfuziją koreguojant cirkuliuojančio kraujo tūrį. Svarbi stabiligės profilaktika. Pooperaciniu laikotarpiu, ypač esant giliems audinių pažeidimams, pakartotinai reikia įvertinti audinių gyvybingumą, mioglobinurijos dinamiką, neretai prireikia ir pakartotinių operacijų (13).

Nudegimai, tiesiogiai sukelti žaibo, dažniau esti paviršiniai, tačiau įkaitę drabužiai gali sukelti didelį terminį pažeidimą. Žaibas dėl ypač trumpo poveikio nespėja sukelti įėjimo ir išėjimo žaizdų, mioglobinurijos ir odos bei giliųjų audinių pažeidimo, visgi kiekvienas pacientas, patyręs žaibo sukeltą nudegimą, turėtų būti tiriamas dėl mioglobinurijos (2). Rehidracija ir diurezės forsavimas koreguoja mioglobinurijos pasekmes. Fasciotomijų prireikia rečiau (1, 2, 8).

### Prognozė

Elektros traumų baigtį ir prognozę lemia daug veiksnių: traumos sunkumas, pažeidimo vieta, išsivysčiusios komplikacijos ir kt. (13). Nesąmoningo ligonio prognozė paprastai bloga, nes koma dažnai išrinka dėl užsitęsios hipoksijos iki gaivinimo arba dėl uždarnos galvos traumos (2). Nuo žaibo sukeltos traumos miršta apie 20–30 proc. pažeistųjų, tačiau sergamumas ir nuolatinės pasekmės išlieka dviem trečdaliams išgyvenusiųjų (2, 15, 24). Neretai nukentėjusiesiems nuo elektros traumų reikalingas daugiaetapis chirurginis gydymas. Tokių pacientų darbingumas labai sumažėja.

### Profilaktika

Kiekvienas elektros įrenginys, kuris liečiasi ar gali liestis su kūnu, privalo būti tinkamai įžemintas, atitikti saugumo reikalavimus. Dirbantieji su elektra turi laikytis saugaus darbo instrukcijų, naudoti apsaugines priemones (izoliuojamąsias medžiagas, gumines pirštines ir kt.). Buityje taip pat būtina laikytis saugumo technikos reikalavimų, nenaudoti elektros įrenginių maudantis arba drėgnoje patalpoje, nenaudoti netinkamai į elektros tinklą įjungtų arba netvarkingų prietaisų. Svarbu užtikrinti tinkamą mažų vaikų priežiūrą, neleisti jiems žaisti su elektros laidais, įranga, kišti juos į burną. Vaikams nuo mažens būtina aiškinti apie elektros pavojingumą, neleisti be priežiūros dirbti su elektriniais prietaisais. Tokios priemonės padėtų sumažinti vaikų ir darbingo amžiaus žmonių traumatizmą (1, 4, 11, 23).

Būtina žinoti ir apie pažeidimą, sukeliama žaibo, galimas apsaugos priemonės: atsižvelgti į orų prognozę, nestovėti arti medžio ar po juo, nesimaudyti, kai žaibuoja ar griaudžia, audros metu slėptis ten, kur saugu ir t. t. (2, 8).

Elektros traumų profilaktikoje pagrindinis vaidmuo tenka visuomenės švietimui. Svarbiausia – suvokti elektros keliamą pavojų ir jo išvengti.

### Išvados

Elektros svarba žmonių gyvenime nemažėja, todėl elektros traumos tampa aktualia problema, nes dažnai nuo šios rūšies traumų nukentčia maži vaikai, paaugliai ir darbingo amžiaus žmonės. Elektros srovei tekant organizmo audiniais, pažeidimas įvyksta dėl tiesioginio elektros srovės žalojamojo poveikio, išsiskyrusios šilumos bei mechaninės kilmės sužalojimų. Kintamoji elektros srovė, tekėdama miokardu, gali sukelti skilvelių virpėjimą. Nuolatinė srovė mažiau pavojinga aritmijų požiūriu, nes ji miokardą poliariuoja vienodai. Vertikalus elektros kelias (ranka –

koja) gali sukelti didesnį širdies raumens pažeidimą (ilgesnis elektros kelias), nors pavojingesnis yra trans-torakalinis elektros plitimo kelias ranka – ranka, nes šiame kelyje visuomet nukenčia širdis. Pagrindinė mirties nuo elektros traumos priežastis – širdies sustojimas dėl skilvelių virpėjimo ar asistolijos ir (ar) kvėpavimo išnykimas dėl kvėpavimo centro slopinimo (elektros srovės tekėjimas per smegenis), kvėpavimo raumenų (diafragmos) spazmo. Užsitęsęs hipoksijai dėl apnėjos, gali įvykti antrinis širdies sustojimas. Todėl ypač aktuali skubi pirmoji pagalba, užtikrinanti

gyvybinių funkcijų normalizavimą ir palaikymą (specializuoto gaivinimo metu taikoma defibriliacija). Transportavimo metu svarbu stebėti nukentėjusiojo hemodinaminę būklę ir kvėpavimą, nes galimi įvairūs širdies ritmo sutrikimai, apnėja, kvėpavimo takų edema, jei elektros trauma apima galvos, veido sritį. Dėl elektros sukeltų nudegimų, giliųjų audinių, organų pažeidimo, besivystančių antrinių sisteminių sutrikimų nukentėjusiajam neretai reikalinga intensyvioji terapija, skubus ir dažnai daugiaetapis chirurginis gydymas.

## Electrical injuries

**Dalia Adukauskienė, Venta Vizgirdaitė<sup>1</sup>, Sandra Mažeikienė<sup>1</sup>**

*Clinic of Intensive Therapy, Kaunas University of Medicine, <sup>1</sup>Kaunas University of Medicine, Lithuania*

**Key words:** electrical injuries; direct current; alternating current; lightning injury; burns.

**Summary.** Electrical trauma can be caused by low-voltage current (from 60 to 1000 V, usually 220 or 360 V), high-voltage (more than 1000 V) current, lightning, and voltaic arc. Often victims are little children, teenagers, and working-age adults. Electrical injuries and clinical manifestations can vary a lot and range from mild complaints undemanding serious medical help to life-threatening conditions. Lightning causes serious injuries in 1000–1500 individuals every year worldwide. The case fatality rate is about 20–30%, with as many as 74% of survivors experiencing permanent injury and sequela. The primary cause of death in victims of lightning strike or other electrical trauma is cardiac or respiratory arrest. That is why appropriate urgent help is essential. Subsequently electrical burns, deep-tissue and organ damage caused by electricity, secondary systemic disorders often demand intensive care and prompt, usually later multistage surgical treatment; therefore, prevention of electrical trauma, which would help to reduce electrical injuries in children and working-age population, is very actual. The most important is to understand the possible danger of electricity and to avoid it.

Correspondence to V. Vizgirdaitė, Kaunas University of Medicine, A. Mickevičiaus 9, 44307 Kaunas, Lithuania  
E-mail: ventavzgrd@yahoo.com

## Literatūra

1. Adukauskienė D. Electrical injury, lightning effect. In: Critical conditions of the organism and their treatment. Conference material. Lithuanian Intensive Care Society; 2003 Apr 18; Kaunas.
2. Cooper MA. Lightning injuries. In: Tintinalli JE, Krome RL, Ruiz E. Emergency medicine. 3rd ed. Philadelphia: Mc Graw-Hill, Inc.; 1992. p. 701-2.
3. Dimick AR. Burns and electrical injuries. In: Tintinalli JE, Krome RL, Ruiz E. Emergency medicine. 3rd ed. Philadelphia: Mc Graw-Hill, Inc.; 1992. p. 691-4.
4. Rimdeika R, Maslauskas K. Pacientų, patyrusių elektros traumas, gydymo analizė (1991–2000). (Analysis of outcomes after electric injuries (1991–2000).) *Medicina (Kaunas)* 2002; 38(8):816-20.
5. Remensnyder JP. Acute electrical injuries. In: Martyn JAJ, editor. Acute management of the burned patient. Philadelphia: W. B. Saunders Company; 1990. p. 66-86.
6. Bingham H. Electrical burns. *Clin Past Surg* 1986;13:75-85.
7. Baker MD, Chiaviello C. Household electrical injuries in children: epidemiology and identification of avoidable hazards. *Am J Dis Child* 1989;1:59.
8. Scott Bjerke H, Lintzenich A. Lightning injuries. *eMedicine Specialties, Medicine, Ob/Gyn, Psychiatry, and Surgery, Trauma* 2004 August 30. Available from: URL: <http://www.emedicine.com/med/topic2796.htm>
9. Bier M, Chen W, Bodnar E, Lee RC. Biophysical mechanisms associated with lightning injury. *Neuro Rehabilitation* 2005; 17:1-10. Available from: URL: <http://personal.ecu.edu/bierm/papers/nre265.pdf>
10. Lee RC, Gaylor DC, Bhatt D, Israel DA. Role of cell membrane rupture in the pathogenesis of electrical trauma. *J Surg Res* 1988;44(6):709-19.
11. Stewart Ch. Electrical injuries. In: Gideon B, editor. The textbook of primary and acute care medicine. New York: Thomson American Health Consultants; 2003. p. 19.
12. Tropea BI, Lee RC. Thermal injury kinetics in electrical

- trauma. J Biomech Eng 1992;114:241-50.
13. Daley BJ, McCadams J. Electrical injuries. eMedicine Specialties, Medicine, Ob/Gyn, Psychiatry, and Surgery, Trauma 2004 November 17. Available from: URL: <http://www.emedicine.com/med/topic2810.htm>
  14. Whitcomb D, Martinez JA, Daberkow D. Lightning injuries. South Med J 2002;95:1331-4.
  15. 2005 American Heart Association guidelines for cardiopulmonary resuscitation and emergency cardiovascular care. Electric shock and lightning strikes. Circulation 2005; 112:IV-154-155. Available from: URL: [http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/112/24\\_suppl/IV-154](http://circ.ahajournals.org/cgi/content/full/112/24_suppl/IV-154)
  16. Patten BM. Lightning and electrical injuries. Neurol Clin 1992;10:1047-58.
  17. Browne BJ, Gaasch WR. Electrical injuries and lightning. Emerg Med Clin North Am 1992;10:211-29.
  18. Geddes LA, Bourland JD, Ford G. The mechanism underlying sudden death from electric shock. Med Instrum 1986;20:303-15.
  19. Usha KR, Tuli D. Bilateral electrical cataract. Br J Ophthalmol 1999;83:1088.
  20. Walling AD. Managing electrical injuries in family practice patients. Am Fam Physician 2001;63(11). Available from: URL: <http://www.aafp.org/afp/20010601/tips/4.html>
  21. Milzman DP, Moskowitz L, Hardel M. Lightning strikes at a mass gathering. South Med J 1999;92:708-10.
  22. Blackwell N, Hayllar J. A three-year prospective audit of 212 presentations to the emergency department after electrical injury with a management protocol. Postgrad Med J 2002;78: 283-5.
  23. Ronald K Wright. Electrical injuries. eMedicine Specialties, Emergency Medicine, Environmental 2005 March 4. Available from: URL: <http://www.emedicine.com/EMERG/topic162.htm>
  24. Stewart CE. When lightning strikes. Emerg Med Serv 2000; 29:57-67.

*Straipsnis gautas 2006 08 24, priimtas 2007 03 01  
Received 24 August 2006, accepted 1 March 2007*

### Gydytojų dėmesiui

Pranešimai VVKT faksu apie pastebėtas nepageidaujamas reakcijas į vaistą nemokami.

**Nemokamas fakso numeris: 8 800 20131**

Pranešimo formą galima rasti internete VVKT puslapyje adresu

<http://www.vvkt.lt/IKTK/default.htm>