

Єхалов В.В., Кравець О.В., Кріштафор Д.А.
Дніпровський державний медичний університет, м. Дніпро, Україна

Ураження електричним струмом: клінічна лекція

Резюме. Електротравма — це фізичне ушкодження організму внаслідок впливу електричного струму, який перевершує за своїми фізичними характеристиками поріг стійкості організму. Найчастіше страждають особи молодого працездатного віку. У поданій клінічній лекції розглянуті основні чинники, фактори ризику електротравми, сучасна класифікація і патофізіологія. Виділені особливості ураження атмосферною електрикою та електричною зброєю. Наведені ускладнення електротравми й принципи медичної допомоги на догоспітальному й госпітальному етапах, а також заходи профілактики ураження електричним струмом.

Ключові слова: електротравма; лікування електротравми; невідкладна допомога

Вступ

Електротравма — це фізичне ушкодження організму, що розвивається внаслідок впливу електричного струму, який перевершує за своїми фізичними характеристиками поріг стійкості організму й характеризується порушенням анатомічних співвідношень і функцій тканин і органів, місцевою і загальною реакцією організму [1].

Частота уражень електрострумом у цивілізованих країнах за рік досягає 2–3 епізодів на 100 000 населення. Найбільш часто вражаються особи молодого працездатного віку. Електротравму чоловіки отримують у 9 раз частіше, ніж жінки, однак гинуть від неї лише в 4 рази частіше. Кількість травм, спричинених дією електричного струму, становить близько 1 %, а серед смертей на виробництві в результаті травм — 15 %. Приблизно 20 % усіх електричних травм трапляються в дітей [2]. Однак із загальної кількості смертельних нещасних випадків частка електротравм становить 20–40 % і посідає одне з перших місць. У структурі електротравматизму в країнах пострадянського простору побутові ураження електричним струмом становлять близько 40 % від загальної кількості травм, а летальні випадки від них дорівнюють 2,7 % у загальній структурі смертності [3–5]. У найбільш тяжких випадках у постраждалих може статися зупинка серця від удару електричним розрядом напругою від 1 до 1000 ГВ і силою струму 10–300 кА. Летальність у цій групі дорів-

нює близько 20–30 % від загального числа уражених [6]. 4–5 % випадків госпіталізації до комбустіологічних відділень становлять електричні опіки [7, 8].

Основні чинники електротравми:

- частота (при змінному струмі);
- сила струму;
- напруга;
- вид струму (змінний чи постійний);
- електроопір тканин тіла людини;
- тривалість дії струму;
- шлях проходження струму через тіло людини, локалізація ураження;
- вологість і температура повітря;
- стан шкірних покривів (шкірні ураження і хвороби, продукція поту);
- фізичний стан потерпілого;
- умови навколишнього середовища [4, 9, 10].

Фактори ризику електротравми:

1. «Зачепінг» — екстремальна розвага у вигляді пересування на зовнішній стороні залізничного транспорту.
2. «Руфінг» — екстремальна розвага у вигляді досягання по зовнішній поверхні найвищих точок будівель і технічних конструкцій [11].
3. Несправність або незаземлення апаратів і пристроїв.
4. Несправність (корозія заземлення) блискавковідводу.

5. Недотримання правил техніки безпеки при користуванні виробничими, спеціальними й побутовими електроприладами. Наприклад: користування електричною бритвою або феном при знаходженні у ванні з водою; ходіння по залізничній колії під час грози; спроби самостійного ремонту електричних приладів без відповідної кваліфікації та багато іншого.

6. Неналежний нагляд за дітьми та особами з обмеженими можливостями.

7. Використання браконьєрських електроприладів для полювання й риболовлі (електровудка Samus-725MP, «Електрогон» та ін.).

8. Недодержання правил безпеки при користуванні електрошокерами.

9. Ураження при спробі подолання захисних перешкод під електронапругою («Електропастух»), а також обладнаних електричною зброєю («Сітка П-100»).

10. При навмисному підключенні до струмоведучої частини предметів, що не мають стосунку до електромережі, з метою крадіжки електроенергії, охорони або захисту, хуліганства або вбивства.

11. На установках слабких струмів (телефон, телеграф):

- при розряді в них атмосферної електрики (удар блискавки);

- замиканні з проводами високої напруги або сильного струму;

- індукції іскрового розряду з джерела високої напруги тощо.

12. Розряди від електричних органів риб, які мають парні утворення, що здатні генерувати електричний імпульс (для захисту, атаки, внутрішньовидової сигналізації та орієнтації в просторі) від 20 В (електричні скати) до 600 В (електричні вугри), сила струму від 0,1 (електричний сом) до 50 А (електричні скати).

13. Спроби викрадення електричного дроту.

14. Недооцінка частиною населення небезпеки напруги у 220 В, хоча вона є причиною близько 80 % усіх уражень електричним струмом [4, 5, 10].

Електротравму поділяють:

1) на низьковольтну (коли напруга не перевищує 1000 В);

2) високовольтну (понад 1000 В);

3) надвисоковольтну (десятки й сотні кіловольт) [3].

Основні варіанти ураження технічним електрострумом:

- при безпосередньому контакті з провідником електричного струму;

- від «крокової напруги» при торканні землі (або іншої субстанції) поблизу лежачого на ній електропровідника (для високовольтної напруги);

- безконтактно: при короткому замиканні у високовольтній мережі («вольтова дуга») [9, 10].

Патологічна фізіологія електротравми

Різні тканини тіла чинять струму неоднаковий опір. Великий опір чинять шкіра, особливо епідерміс, кістки й жирова тканина; малий — внутрішні органи, головний і спинний мозок, оголені м'язи. Судини, заповнені розчином електролітів (кров'ю), — ідеальні

провідники, тому струм високої сили й напруги залишає на шкірі деревоподібний малюнок, що повторює судинну структуру (фігури Ліхтенберга). При напрузі електричного поля, що перевершує межу електричної міцності діелектрика, настає фізичний ефект його пробою — процес руйнування діелектрика, у результаті чого діелектрик втрачає електроізоляційні властивості в місці ураження [4, 9].

Міжклітинна речовина має високу електропровідність, що залежить як від хімічного складу тканини, так і від особливостей її структури. Провідність тканини тим вище, чим більше в ній уміст іонів. Мембрани клітин мають малу провідність. Під дією струму частина іонів накопичується з одного боку мембрани і виникає поляризація [2, 9].

Опір тіла людини впливу електричного струму — величина непостійна, що залежить від багатьох факторів. Чим більше води містять тканини, тим менший опір вони мають. Найменший опір у кровоносних судин і м'язів (близько 1,5 кОм/см²). Максимальний опір у шкіри. При цьому велике значення має її вологість: суха шкіра має опір до 1000–2000 кОм/см², а волога — лише 200–500 кОм/см². Електроопір організму залежить від статі й віку. У жінок цей опір менше, ніж у чоловіків, у дітей — менше, ніж у дорослих, у молодих людей — менше, ніж у літніх. Пояснюється це товщиною і ступенем закруглення верхнього шару шкіри. Опір сухості шкіри значно зменшується при напрузі, що перевищує 500 В [7, 12]. Після того як струм долає опір шкіри, він пронизує тканини і спричиняє електроліз, який призводить до порушення іонного балансу в клітинних утвореннях. Швидке омертвіння тканин при електротравмі спричиняється поляризацією мембран клітини під час електролізу. Біля анода концентруються іони з позитивним зарядом, середовище стає кислим; біля катода виникає скупчення негативно заряджених іонів, що провокує лужну реакцію. Ці процеси концентрації іонів змінюють стан клітин і призводять до коагуляційного некрозу в ділянках з кислою реакцією та колікваційного — у ділянках з підвищеним рН [9].

Людина починає відчувати вплив змінного струму силою від 0,5 до 1,5 мА. Це поріг відчутного струму, який не становить серйозної небезпеки, тому що людина самостійно може розірвати контакт зі струмоведучою частиною електроустановки.

Величину струму від 10 до 15 мА називають порогом утримуючого струму. Ця сила струму при промисловій частоті 50 Гц викликає мимовільне скорочення м'язів кисті руки й передпліччя, що супроводжується різким болем. При впливі цього струму людина не може розтиснути руку, не в змозі самостійно розірвати контакт зі струмопровідником і стає ніби прикутою до нього. Струм у 40 мА вражає органи дихання і серцево-судинну систему, спричиняє фібриляцію шлуночків. Струм 100 мА вважається смертельним, оскільки спричиняє негайну зупинку кровообігу й паралізує дихання.

Тіло людини має ділянки, особливо вразливі до впливу електричного струму (акупунктурні). Їх електричний опір завжди нижчий, ніж в інших зон тіла. Найбільш уразливими є тильна частина кисті, рука на

ділянні вище кисті, шия, скроні, спина, передня частина ноги, плече. Найбільш небезпечним є двофазне (трьохфазне) включення, коли людина одночасно приєднується до двох (трьох) фаз і «нуля» електричної мережі. У цьому випадку постраждалий включається в повну лінійну напругу, ізоляція від землі не має захисної дії, і сила струму, що проходить через організм, максимальна.

Чим триваліша дія струму, тим більша ймовірність важкого або смертельного результату. Така залежність пояснюється тим, що зі збільшенням часу дії струму різко знижується опір організму, а величина струму, що пройшов через тіло, зростає при постійній напрузі в електричному ланцюгу. Наприклад, проходження струму високої напруги й великої сили протягом 0,1 с і менше не завжди спричиняє смерть. У той же час дія струму такої ж сили і напруги протягом 1 с завжди призводить до летального результату. Отже, обмежено припустимі величини струмів залежать від часу впливу на людину.

Постійний струм відносно невеликої напруги доволі безпечний, але передати його навіть на 1 кілометр по електропровіднику майже неможливо. Так, людина може триматися обома руками за клеми автомобільного акумулятора без будь-якої шкоди для себе (12 В, 145–160 А!), але якщо на них покласти викрутку або інший інструмент, одразу почнеться іскріння та оплавлення металу. Уся справа в електроопорі епітелію шкіри. Але як тільки вольтгаж (на інших пристроях) сягне 300 В — бережіться! Добре, що таких серійних пристроїв зараз не існує (за винятком експериментальних і високоспеціалізованих). Змінний струм напругою 127–220–380 В і частотою 50 Гц (50 періодів на секунду) небезпечніший, ніж постійний. При значному збільшенні частоти, наприклад до 1 000 000 Гц, небезпека змінного струму значно падає. Це явище пояснюється тим, що при такій високій частоті реакція нервової тканини не встигає розвинути і людина відчуває тільки тепло в місці проходження струму. Струми високої частоти навіть при високому напруженні безпечні й застосовуються з лікувальною метою (ультрависокочастотна (УВЧ) терапія, струми Тесла, дарсонваль, діатермія тощо). Велике значення має тривалість контакту потерпілого з джерелом електроенергії. Так, при дії струму високої напруги потерпілий може бути відразу ж відкинутий за рахунок різкого скорочення м'язів. Разом з тим при більш низькій напрузі спазм м'язів може спровокувати тривале захоплення провідника руками [13].

Поряд із силою і напругою струму велике значення має шлях його проходження від точки входу до точки виходу. Шлях струму через тіло називають петлею (дугою) струму. Найбільш небезпечним варіантом вважається так звана повна петля (дві руки — дві ноги); у цьому випадку струм неминує проходити через серце, що може спричинити порушення його роботи аж до зупинки. Шляхи проходження електричного струму через тіло поділяють на верхню петлю (обидві верхні кінцівки й тулуб) і нижню петлю (нижні кінцівки). Петля електричного струму «ліва рука — ліва нога» небезпечніша, ніж «права рука — права нога», оскільки в цьому ви-

падку має велике значення проходження дуги напруги через проєкцію серця (за винятком декстрокардії, частота якої в дорослих не перевищує 0,5 % серед усіх уроджених вад серця [14]). Дуга різниці потенціалів, що проходить через голову, завжди вкрай небезпечна. Ці поняття умовні, тому що шлях електричного струму в організмі віялоподібний, хоча головна маса електрики проходить по прямій від місця входу до місця виходу. Навіть при одній і тій самій петлі струм в організмі може пробігати низкою паралельних провідників з різним опором і відгалуженнями відповідно до закону Кірхгофа [7, 9, 10].

При дії постійного струму має значення його напрямок, тобто чи є струм *висхідним* (анод — на каудальній, а катод — на краніальній частині тіла), чи, навпаки, *низхідним*. Висхідний постійний струм значно небезпечніший за низхідний того ж напрямку. Це пояснюють тим, що катод призводить до підвищення збудливості синусового вузла, а анод — до зниження. Тому при висхідному напрямку струму синусовий вузол серця знаходиться під прискорювальним впливом катода, а верхівка — під пригнічувальним впливом анода. Навпаки, при низхідному струмі синусовий вузол пригнічується анодом, а збудливість верхівки серця підвищується катодом. Збудження, що походить із синусового вузла, при висхідному струмі наптовхується на своєму шляху на пригнічення провідності. Якщо останнє зменшується нижче за критичний рівень, настає фібриляція шлуночків. При низхідному струмі хвиля збудження, яка виходить з пригніченого анодом синусового вузла, під час свого поширення прискорюється катодом. З цієї причини при висхідному струмі мають місце всі умови для виникнення фібриляції протягом усього часу, доки електричний ланцюг замкнутий, у той час як при низхідному струмі такі умови можливі тільки в момент розриву ланцюга. Процеси електролізу в серцевому синцитії можуть викликати скорочення періоду абсолютної рефрактерності потенціалу дії та, відповідно, серцевого циклу, що призводить до розвитку кругового зростаючого ритму його роботи (re-entry) [4].

Фактори гіперчутливості й резистентності до патологічної дії електричного струму

Температура навколишнього середовища -10°C зменшує безпеку електричного ураження. Влітку електротравма перебігає тяжче. При підвищенні атмосферного тиску в підводних умовах або в барокамері стійкість організму до електротравми зростає. Це пов'язано з підвищенням парціального тиску кисню у вдихуваному повітрі, збільшенням запасу кисню в організмі. При зниженні атмосферного тиску й високій вологості повітря вірогідно підвищується небезпека електротравми (у даному випадку має значення й підвищення електропровідності). Тільки 15,4 % побутових електротравм відбулися в сухих приміщеннях, решта 84,6 % — у вологих [5]. Умови наркозу, глибоке, близьке до наркозу алкогольне сп'яніння, стан «гіпнотичного сну» частково захищають людину від електротравми, а нервові клітини — від рефлекторної дії струму [4]. Серед факторів, що сприяють збільшенню

тяжкості електротравми, називають виснаження, голодування, перевтому й перегрівання організму. При гіпертермії смерть від електротравми найчастіше настає від первинної зупинки кровообігу. При впливі струму рівної вражаючої сили в жінок, як правило, діагностується більш тяжка електротравма, ніж у чоловіків. У дорослого робітника з товстими мозолистими долонями, опір яких може перевищувати 100 кОм, напруга 120 В створить струм приблизно 1 мА, що ледь відчутно. Така ж експозиція в немовляти, у якого шкіра дуже тонка і має високий вміст води (що значно знижує її електроопір), спроможна спричинити значну травму [12]. Значно меншою мірою підлягають ураженню електричним струмом особи з ангідроами: хворобою Кінга — Денборо, м'язовою дистрофією Дюшенна, синдромом Кріста — Сіменса — Турена [4].

У повідомленнях про випадки електричного ураження вагітних описується аритмія плода, ішемія плода, черепно-мозкова травма й антенатальна загибель плода. Якщо вагітність при електротравмі не закінчилася викиднем, треба здійснювати моніторинг плода [7].

Ураження технічним електричним струмом

N.B.! Серце вразливе для електроструму тільки у фазі реполяризації шлуночків, яка на ЕКГ відображається зубцем Т.

Причини настання смерті при електротравмі:

- первинна зупинка кровообігу (серцева форма);
- первинна зупинка дихання (дихальна форма);
- одночасна зупинка кровообігу й дихання (змішана форма);
- електротравматичний шок.

Серцева форма смерті (первинна зупинка кровообігу) може бути обумовлена:

- необоротною фібриляцією шлуночків;
- спазмом коронарних артерій;
- ураженням судинного центру;
- підвищенням тону су блукаючого нерва.

Дихальна форма (первинна зупинка дихання) може мати різні патогенетичні механізми:

- гальмування або параліч дихального центру;
- судомне скорочення дихальних м'язів, спазм голосової щілини;
- спазм хребетних артерій, що живлять дихальний центр;
- електрична асфіксія — порушення прохідності дихальних шляхів унаслідок ларингоспазму.

N.B.! При електротравмі не смертельна зупинка дихання — до 20 с; зупинка дихання від 20 до 30 с найчастіше смертельна, а понад 30 с — завжди смертельна.

Змішана форма (одночасна зупинка серця й дихання). Ураження дихального й судинного центрів при електротравмі обумовлене як безпосереднім ушкодженням нервових клітин у результаті деполаризації їх мембран і коагуляції цитоплазми, так і рефлекторним впливом з боку залучених до процесу екстеро- та інтерорецепторів.

Електротравматичний шок виникає при короткочасному контакті зі струмоведучими предметами, якщо не розвивається фібриляція і не зупиняється дихання; при більш тривалому проходженні струму шок виникає за рахунок різкого болювого подразнення рецепторів, нервових стовбурів, болісних судом, спазмів судинних м'язів (ішемічний біль); порушується співвідношення основних нервових процесів — збудження й гальмування.

Перша фаза (збудження) характеризується ураженням центральної нервової системи, підвищенням артеріального й венозного тиску, задишкою, судомами, які можуть тривати й після відключення струму. Судоми охоплюють поперечно-смугасту й гладку мускулатуру, тому можливі мимовільне сечовипускання й дефекація. У деяких випадках (якщо струм проходить через головний мозок) судоми нагадують напад епілепсії. Фаза збудження особливо різко виражена й тривала при дії струму невеликої сили.

Друга фаза (гальмування) короткочасна й превалує при дії струму великої сили (100 мА і вище), характеризується різким зниженням артеріального тиску, пригніченням дихання й усіх життєвих функцій аж до втрати свідомості та стану «уявної смерті», коли зупиняється дихання, припиняються скорочення серця, виникає арефлексія. Патогенез «уявної смерті» до кінця не з'ясований. При «уявній смерті» життя триває, але інтенсивність його ознак невелика. Особливість «уявної смерті» — можливість при використанні відповідних лікувальних заходів повернення до життя людини, що здавалася мертвою. Вважають, що електричний струм спричиняє різке позамежне гальмування нервової системи, яке має охоронний характер і робить можливою життєдіяльність при мінімальному споживанні кисню [3, 4].

Клінічні ознаки:

- відсутність свідомості;
- блідість шкірних покривів («біла» асфіксія при первинній зупинці кровообігу або одночасній зупинці кровообігу й дихання) або їх синюшність («синя» асфіксія при первинній зупинці дихання);
- відсутність дихальних екскурсій і пульсу.

Неспецифічний характер впливу електричного струму:

- світлове випромінювання: спалах при короткому замиканні (полум'я та ультрафіолетові промені електричної дуги) часто призводить до ураження органів зору (опік рогівки, кон'юнктиви, електроофтальмопатія);
- звуковий ефект: при ударі блискавкою, що супроводжується громом, можливе ураження органа слуху (розрив барабанної перетинки, туговухість);
- ефект металізації тканин: відбувається розбрикування дрібних частинок металу від електричного провідника при короткому замиканні з вбиранням цих частинок у шкіру. При цьому шкіра набуває, залежно від матеріалу провідника, різного забарвлення: зеленого — при контакті з латунню; сіро-жовто-коричневого — при контакті зі свинцем;
- електрохімічна дія — розбіжність іонів і зміна їх концентрацій біля різних електричних полюсів з формуванням біля анода коагуляційного некрозу, а біля катода — коліквацийного некрозу;

— теплова дія прямо пов'язана з опором тканин і перетворенням електричної енергії в теплову (закон Джоуля — Ленца) [4, 15];

— механічна дія — швидке виділення тепла при проходженні електричного струму призводить до вибухового ефекту з можливим відривом кінцівки й відкиданням потерпілого вбік. Чим вища напруга, тим сильніша механічна дія.

Класифікація за ступенем тяжкості ураження промисловим або побутовим електричним струмом (Поліщук С.А., Фісталь С.Я., 1975), яка нині не втратила чинності:

— **I ступінь:** свідомість не втрачається, короткочасні судомні скорочення м'язів;

— **II ступінь:** втрата свідомості, судомні скорочення м'язів, збереження функцій серця й дихальної системи;

— **III ступінь:** втрата свідомості, порушення або серцевої діяльності, або дихання (або того та іншого разом);

— **IV ступінь:** моментальна смерть (смерть під струмом).

Місцеві ураження

N.B.! Локальну електричну травму слід розглядати як синдром розтрощення (краш-синдром), а не як термічний опік, через велику кількість uszkodжених тканин при мінімальних ознаках на шкірі.

Власне електроопіки виникають у результаті перетворення електричної енергії в теплову в тканинах потерпілого. Вони виникають головним чином у місцях входу струму (від джерела електроенергії) і його виходу (заземлення), в місцях найбільшого опору, утворюючи опікові поверхні різної площі й глибини, найчастіше у вигляді так званих міток або знаків струму. Електрична енергія, перетворюючись на теплову, коагулює білки й руйнує тканини. Однак специфічність прояву електричних опіків обумовлена не тільки глибиною самого коагуляційного некрозу, але й ураженням оточуючих тканин і загальними змінами, які виникають у результаті проходження електрики. Слід пам'ятати, що електричний струм ушкоджує тканини не тільки в місці контакту, але й на всьому шляху свого проходження. Справжні електричні опіки завжди глибокі й мають характер щільного темно-коричневого некрозу або обуглювання при прямому контакті з провідником електричного струму. При огляді хворого необхідно виявити точки входу й виходу електроструму. Вони мають різну локалізацію й площу. Найчастіше це невеликі колоподібні щільні некрози з повною відсутністю чутливості, зазвичай локалізовані в ділянці кистей рук, ліктьових згинів, пахвових западин, задньої поверхні колінних суглобів, гомілковостопних суглобів, п'ят. Типова електромітка має невеликі розміри й норичеподібну форму: краї підняті, дно западає. Поверхня електромітки суха. Її зовнішні стінки світло-сірого кольору, іноді майже білі, оточені віночком рожевої гіперемії. Внутрішні стінки темно-сірі, насичені металом провідника. Форма й розміри електроміток можуть варіювати залежно від форми, розмірів і рельєфу контактуючої

частини провідника. Іноді електромітки за зовнішнім виглядом не відрізняються від саден. Гіперемія навколо вогнища некрозу практично відсутня. Виявлення міток струму важливе для визначення петлі струму. У кістках може утворюватися «перлинне намисто», що являє собою розплавлений, а потім застиглий фосфорнокислий кальцій у вигляді білих кульок діаметром до 1–1,5 мм з порожнинами через випаровування рідини. Безпосереднє перетворення електричної енергії на теплову може бути настільки потужним, що тканини можуть нагріватися достатньо для вибухового руйнування шкіри, підшкірних структур або м'язів [6, 13].

Для електроопіків характерна невелика болючість або взагалі відсутність болю, який при термічних ушкодженнях буває дуже сильним. Це пояснюється анестезуючою дією електричного струму (парабіозом нервових провідників) і щонайменше III ступенем опіку (руйнування нервових закінчень).

Ускладнення електроопіків — вторинний некроз тканин через тромбози магістральних судин, аж до розвитку гангрен. Відторгнення триває довго як через глибину ураження, так і внаслідок порушення кровопостачання. Диференціальна діагностика в таких випадках відбувається на підставі вивчення мікроскопічної картини.

Високовольтні опіки частіше виникають на виробництві (при установці апаратів, контактах з високовольтними лініями тощо), як правило, є більш тяжкими, нерідко поєднуються з механічною травмою і опіками полум'ям від загоряння одягу й сусідніх предметів.

При ураженні блискавкою утворюються знаки блискавки — деревоподібні розгалуження і смуги гіперемії на шкірі (фігури Ліхтенберга) внаслідок ураження стінок шкірних судин (параліч, стаз).

За глибиною ураження виділяють 4 ступені електроопіків (Пучков Г.Ф., 2000):

— **I ступінь** — почервоніння шкіри й знаки струму (електромітки);

— **II ступінь** — відшарування епідермісу з утворенням пухирів;

— **III ступінь** — коагуляція всієї товщини дерми (ША і ПБ важко диференціювати);

— **IV ступінь** — ураження не тільки дерми, але й сухожилів, м'язів, судин, нервів, кісток — аж до обуглювання.

Процес розпаду й відторгнення не обмежується явно ураженими ділянками, а йде далі, у 2–3 рази перевищуючи початкові межі. Загоєння відбувається значно краще, ніж при термічних опіках, рани не схильні до нагноєння, хоча іноді й ускладнюються профузною кровотечею внаслідок ерозії судин, які під дією електроструму стають більш крихкими й легко розриваються.

Незабаром після дії струму (іноді через 2–3 тижні) може розвинутися некроз шкіри, м'язів і навіть кісток. Некротизовані тканини швидко муміфікуються й відокремлюються від здорових демаркаційною лінією. У деяких випадках ситуація ускладнюється протеолізом та автоінтоксикацією. При значному ураженні м'язів і ускладненні інфекцією є загроза травматичного токсикозу (як при синдромі тривалого стискання тка-

нин). Тетанія може спричинити скорочення м'язів, достатньо потужні, щоб викликати ортопедичну травму, рабдоміоліз і некроз м'язів [7].

Глибокий електроопік з проникненням до порожнини черепа може супроводжуватися запальними змінами в оболонках мозку й локальними ураженнями центральної нервової системи (ЦНС). При опіках черепа демаркація уражених ділянок кістки відбувається повільно (2–3 місяці), тому первинна резекція нежиттєздатних ділянок кістки і ранні пластичні операції недоцільні. Пізні місцеві ускладнення — грубі рубцеві деформації з розвитком контрактур. Після загоєння опіків у рубцевій тканині нерідко виникають невриноми; виразки на місці електроопіків іноді довго не загоюються; характерне уповільнення відторгнення струпу, відбувається утворення грануляційної тканини й епітелізація.

Якщо «приковування» відбувається при захопленні кистями дротів високої напруги, шкіра на руках чорніє, відторгається («рукавичка смерті»), свідомість пригнічена, що супроводжується здебільшого моторним збудженням. Близько 80 % постраждалих непритомніють; велика частина з них приходить до тями після відключення від мережі електропостачання без будь-яких спеціальних заходів. Тривала втрата свідомості (кілька годин і навіть днів) спостерігається зазвичай при проходженні струму через головний мозок [4, 8, 9].

Ураження атмосферною електрикою

Сила струму блискавки становить сотні тисяч ампер, напруга — десятки мільйонів вольт, температура — близько 25 000 °С. Швидкість блискавки 100 000 км/год (третина від швидкості світла). Тривалість розряду становить частки секунди, рідко сягаючи однієї секунди.

Уражаючі фактори атмосферного струму:

- надвисока напруга електричного струму;
- ударна хвиля;
- потужний світловий імпульс;
- потужний звуковий імпульс (грім).

Види ураження блискавкою:

— первинне ураження — безпосереднє влучення блискавки в людину. Призводить до летального кінця (але бувають винятки);

— вторинне ураження — вплив фізичних факторів блискавки при дистанційному контакті з атмосферною електрикою. Ураження блискавкою також можливе через побутові електричні прилади й радіоапаратуру, які стають провідниками електричного струму. При вторинному ураженні блискавкою потерпілий непритомніє на період від кількох хвилин до кількох днів, розвиваються клонічні судоми.

Вторинними uszkodженнями при електротравмі, що безпосередньо не пов'язані з дією струму, є термічні опіки від спалахнувших предметів, механічні травми в результаті падіння з висоти, відкидання від джерела електроенергії. Вони здатні значно погіршити загальний стан постраждалих.

Клінічні ознаки ураження атмосферною електрикою:

— після відновлення свідомості постраждалі збуджені, неспокійні, дезорієнтовані, кричать від болю в кінцівках і в місцях опіків, марять;

— зазвичай бувають галюцинації, парез кінцівок, геміпарези й парепарези, порушення з боку ЦНС;

— хворі скаржаться на сильний головний біль, біль і різь в очах, порушення зору аж до сліпоты (відшарування сітківки), дзвін у вухах;

— нерідко виявляють опіки вік і очного яблука, помутніння рогівки й кришталика;

— на шкірних покривах іноді чітко видно своєрідні деревоподібні знаки у вигляді гілки папороті (фігури Ліхтенберга) багряно-бурого кольору за ходом судин;

— в окремих випадках можуть виникнути порушення слуху, загродинний біль, кровохаркання, набряк легенів;

— неврологічні розлади (парези, паралічі, гіперестезія тощо) можуть зберігатися тривалий час;

— тяжка контрактура суглобів. Через судомне скорочення м'язів іноді виникають переломи й вивихи. Найчастіше трапляються компресійний перелом хребта й вивих плеча;

— кістка в зоні проходження петлі струму стає більш крихкою, тому підвищується ймовірність патологічного перелому ураженого сегмента (або сегментів) кінцівки.

Ураження електричною зброєю

Види електрошокерів:

1. Контактні. Принцип дії — нападаючий (або той, хто захищається) на відстані витягнутої руки впирає контакти в тіло супротивника, після чого вмикає електрошокер.

Перший клас — «паралізатори» (напруга понад 90 кВ, потужність 2–3 Вт). Уражений втрачає свідомість на 10–30 хвилин (дія розряду не більше від 3 секунд), захисні рухи відсутні (падіння «щоголоу»), що супроводжується механічною травмою. Можлива зупинка дихання або фібриляція шлуночків серця («Фантом», «Шерхан», «Ягуар» та ін.).

Другий клас — «дезорієнтатори» (напруга понад 45–70 кВ, потужність 1–2 Вт). Забезпечують практично такий же вплив на агресора, але для досягнення потрібного ефекту потрібно більше часу. Впливати необхідно на найбільш вразливі місця на тілі людини («Оса-88», «Оса-403 міні», «Смерч-2» та ін.). При тривалому нанесенні розряду в серцеву ділянку в людей із хронічною кардіологічною патологією можна спричинити небезпечне порушення серцевого ритму, навіть фібриляцію шлуночків серця.

Третій клас — «лякачі» (напруга понад 25–45 кВ, потужність 0,3–1 Вт). Впливають на агресора більше психологічно, бо мають слабкий електричний удар («Баракуда-У», «Акула», «Гроза-5»).

Тривалість впливу:

— 2 секунди — загальні больові відчуття, спазми м'язів;

— 2–3 секунди — зростаюча втрата орієнтації в просторі;

— 3–5 секунд — втрата рівноваги, контролю над тілом або знепритомнення.

2. Контактно-дистанційні або стріляючі електрошокери. Можуть уражувати не тільки контактним спо-

собом, але і знаходячись на значній відстані від супротивника (до 4 метрів): ураження відбувається завдяки відстрілюванню електродів, які з'єднані з електрошокером тонкими провідниками, по яких і проходить електричний струм (Taser).

N.B.! *Відстрілювати контакти на відстані до супротивника менше за 1 метр категорично заборонено!*

N.B.! *Ефект від застосування електрошокера посилюється, якщо супротивник перебуває під впливом наркотичних, психотропних речовин, алкоголю або психічно перезбуджений.*

N.B.! *Незважаючи на рекламні комерційні твердження про «гуманність» електрошокерів, їх використання є ВІДНОСНО безпечним для життя і здоров'я ураженого, тільки якщо ним користується досвідчена людина (полицейський, професійний охоронець, військовий), і то не завжди. Неправильно вибрана ділянка нанесення електрошоку або запізнення з відключенням струму можуть призвести до інвалідизації або смерті ураженого, а винуватець підлягатиме кримінальній відповідальності згідно з чинним законодавством.*

N.B.! *За умови застосування на відстані необхідно знайти 2 дротики (довжиною 13 мм). Перед видаленням дротиків ввевіться, що картридж було прибрано з електрошокера [16].*

Ускладнення електротравми

— Підвищення внутрішньочерепного й цереброспінального тиску, головний біль, світлобоязнь, симптом Керніга.

— Субарахноїдальні крововиливи, вогнищеві ураження головного й спинного мозку, посттравматична енцефалопатія, паркінсонізм, гостра мозочкова атаксія, порушення провідності спинного мозку.

— Спинноатрофічні процеси, пов'язані з крововиливами в спинний мозок у ділянці передніх рогів і сірої речовини в межах центрального каналу — атрофія м'язів, порушення чутливості з вазомоторними й трофічними розладами, іноді тазові розлади.

— Постраждалі можуть отримати теплову й електричну травму міокарда. Виникає електрокардіографічно скороминуча коронарна недостатність («електрична грудна жаба»); за наявності попередніх атеросклеротичних змін можливе виникнення інфаркту міокарда з подальшим розвитком фібриляції шлуночків; можливі й просто больові явища в ділянці серця. Описана велика кількість випадків розвитку інфаркту міокарда з елевацією сегмента ST, що більшість авторів пояснює коронароспазмом унаслідок електротравми, а також механічного ушкодження перикарду [4, 7, 13].

— Серед найпоширеніших дизритмій є синусова тахікардія і неспецифічні ST- і T-хвильові зміни; порушення провідності, такі як AV-блокада і подовження інтервалу QT, надшлуночкові тахікардії і фібриляція передсердь [12].

— Грудна тетанія може спричинити параліч диaphragми, пневмоторакс або легенеvu контузію. Пізні дані включають легенеvий випіт,

пневмоніт або пневмонію. Це зазвичай спостерігається протягом тижня. Ще однією потенційно пізньою знахідкою є емболія легеневої артерії. Електрична резистентність легеневої тканини порівняно вища, ніж в інших грудних органах, тобто більший потенціал буде проходити через оточуючі структури з меншим опором [7].

— У периферичній крові — лейкоцитоз, зміни лейкоцитарної формули, поява патологічних форм клітин.

— Міоглобінемія, міоглобінурія, гемоліз, гіперкаліємія.

— Підвищення рівня креатинфосфокінази.

— Визначення тропоніну не завжди є інформативним (при первинній зупинці кровообігу не підвищується) [4, 7].

— Розлади дихання, травматична емфізема й набряк легенів, явища функціональної недостатності печінки, ураження кишечника, нирок, сечового міхура, набряки, гідрартрози.

— Зниження статевої функції в чоловіків; розлади менструального циклу, викидні, безпліддя в жінок; випадання волосся або гіпертрихоз на постраждалій кінцівці.

— Вестибулярні розлади (дизеквілібрація, стійке запаморочення).

— Невроретиніти, хореоретиніти, неврит зорового нерва, катаракти (найчастіше при безпосередньому впливі вольтової дуги або при доторку до провідника головою).

— Електроофтальмія — запалення зовнішніх оболонок очей, що виникає в результаті впливу потужного потоку ультрафіолетових променів від електричної дуги.

— Рідше зустрічається вторинна кома, якій передують сильний головний біль, порушення сну, депресія, психози.

— Повторний вплив електрики може призвести до раннього артеріосклерозу, облітеруючого ендартеріїту, стійких вегетативних змін.

— Електричні опіки нерідко загоюються з утворенням деформацій і контрактур, що потребують проведення реконструктивно-відновлювальних операцій.

N.B.! *Електротравма з поширеними опіками перебігає легше, ніж без опіків. Це пояснюється тим, що обуглювання тканин створює значну перешкоду для проникнення струму або зовсім не пропускає його за межі опіку; при великих руйнуваннях всі екстеро- та інтерорецептори в ділянці ураження миттєво гинуть (згорають), і в результаті рефлекторний компонент відпадає.*

Медицина допомога на догоспітальному етапі

N.B.! *При звільненні потерпілого, який знаходиться під дією струму, не можна нехтувати власною безпекою.*

Крокова напруга («електричний кратер» Г.Л. Френкеля) обумовлена електричним струмом, що протікає по землі або по струмопровідній поверхні, і дорівнює

різниці потенціалів між двома точками поверхні землі (підлоги), що знаходяться на відстані одного кроку людини. Крокова напруга залежить від довжини кроку, питомого опору ґрунту, здатності проведення через нього електрики, а також частоти струму та інших його характеристик. Небезпечна крокова напруга може виникнути, наприклад, поблизу проводу під напругою, який впав на землю, або поряд з заземлювачами електрообладнання при аварійному короткому замиканні на землю, при розряді блискавки.

При потраплянні людини під крокову напругу через тіло починає проходити струм, виникають мимовільні судомні скорочення м'язів, і, як наслідок, постраждалий падає на землю. Струм починає проходити між новими точками опори — наприклад, від рук до ніг, що призводить до подальшого пошкодження і далі збільшує ризик смертельного ураження. Навіть якщо перший удар виявився не смертельним, потерпілий не може покинути зону крокової напруги самостійно. При підозрі на крокову напругу треба залишати небезпечну зону дрібними («гусячими») кроками або стрибками на двох ногах [1, 12].

N.B.! *Ураження кроковою напругою побутового й технічного струму відносно безпечне, високовольтного — дуже небезпечне в радіусі 6–12 метрів, при ударі блискавки — смертельно небезпечне на відстані до 30 і більше метрів від епіцентру.*

Рятівні заходи на місці пригод

— Припинити дію електричного струму всіма можливими способами (відключити вмикачі, викрутити запобіжники). Якщо ураження струмом сталося внаслідок контакту з будь-яким побутовим приладом, пам'ятайте: торкатися до цього приладу небезпечно, відключити електроживлення безпосередньо на ньому — недостатньо; електрику відключають, висмикуючи шнур з розетки, відключаючи рубильник, викручуючи запобіжні пробки.

— Провід під напругою можна скинути сухою дерев'яною палицею або перерубати лопатою із сухим дерев'яним держаком.

— Якщо потерпілий зафіксований на дроті, відтягувати його голими руками не можна, потрібні гумове взуття і гумові рукавички.

— На крайній випадок можна підсунути під потерпілого сухі дошки або гумовий килимок або покласти постраждалого на плече й виходити з «електричного кратера» дрібними кроками, не розриваючи контакт із постраждалим (власний досвід автора).

— При падінні постраждалого з висоти власного зросту (понад 2 метри) або при ураженні атмосферним струмом обов'язкове накладання комірця Шанца або шини Єланського.

— Ввести знеболюючий засіб за наявності поверхневих опіків — метамізол (анальгін) 50% — 2,0 мл або декскетопрофен (кейвер) 50 мг в/м.

— Опікові рани необхідно обробити аерозолем декспантенолу або накласти суху або волого-висихаючу пов'язку з будь-яким ізотонічним розчином, прикласти до них мішечок з льодом або холодний

компрес. Пухирі розтинати не можна! Рани нічим не відтирають (при металізації рани можуть бути чорного кольору).

— Транспортна іммобілізація при механічних ушкодженнях.

— Електроопіки здебільшого бувають невеликими ззовні, але дуже глибокими. Тому для розрахунку необхідного об'єму інфузії на догоспітальному етапі використовують *формулу Паркланда в модифікації С.А. Деревицькова (2007)*:

$$\text{Об'єм інфузії (мл)} = 2 (\text{мл}) \times \text{вага хворого (кг)} \times \% \text{ опікової поверхні.}$$

Розрахований об'єм вводять рівномірно протягом перших 6–8 годин після опіку [17]. При наданні допомоги на догоспітальному етапі використовують виключно ізотонічні кристалоїди [18].

— Для лікування гіперкаліємії превентивно перорально призначають кайексалат (полістеренсульфонат натрію), велтасу (патіромер), локелму (цикლოსилікат цирконію натрію); з метою уникнути розвитку фатальної гіперкаліємії — розчин кальцію хлориду (глюконату) 10% — 10–20 мл в/в. Звичайна доза становить 15 г на добу [19, 20].

Заходи спеціалізованої допомоги при вкрай тяжкій електротравмі включають:

- непрямий масаж серця;
- інтубацію трахеї;
- штучну вентиляцію легень (ШВЛ) 100% киснем;
- *електричну дефібриляцію починати з розряду з енергією у 360 Дж (або максимально можливою) незалежно від технічної полярності дефібрилятора;*
- венозний доступ;
- медикаментозну стимуляцію серцевої діяльності (відповідно до алгоритму раптової зупинки серця);
- після відновлення серцевої діяльності на тлі триваючої ШВЛ хворого транспортують до стаціонару, де продовжують лікування постреанімаційної хвороби й супутніх уражень.

N.B.! *Якщо серцева діяльність не відновлюється, але в ураженого електричним струмом у процесі серцево-легеневої реанімації зберігаються вузькі зіниці, визначається пульс на магістральних судинах, є поодинокі агональні вдихи, припиняти реанімаційні заходи не можна.*

Показання до госпіталізації:

- електрична травма II–IV ступенів;
- діти і постраждалі похилого й старечого віку;
- наявність у потерпілого вродженої або набутої серцево-судинної патології;
- опік полум'ям електричної дуги;
- ураження органів зору;
- вплив атмосферного струму.

Евакуація постраждалого виконується тільки в горизонтальному положенні (навіть при доброму самопочутті, оскільки під час транспортування може раптово виникнути спазм коронарних судин або фібриляція шлуночків серця і настати смерть). За необхідності серцево-легенева реанімація триває під час транспортування.

N.B.! Уражені електричним струмом підлягають госпіталізації до кардіологічних або відділень інтенсивної терапії з обов'язковим кардіомоніторингом спостереженням щонайменше протягом 1 доби (небезпека фібриляції шлуночків, у тому числі повторної).

N.B.! Людина, яка перенесла електротравму, навіть при доброму самопочутті не може бути залишена без нагляду або відпущена додому, вона повинна бути госпіталізованою щонайменше на 3 доби, оскільки її слід вважати тяжкохворою.

При супутніх термічних ураженнях:

- на ранові поверхні накладають контурні асептичні пов'язки;
- проводять іммобілізацію кінцівок;
- у зимовий час оберігають від переохолодження.

Лікування локальних електричних уражень на госпітальному етапі:

— хворі з обмеженими електроопіками без ознак електричного або опікового шоку госпіталізуються до комбустіологічного центру або в загальні палати хірургічного стаціонару;

— некротомії виконують на другому-третьому тижні. Оперативні втручання в більш ранні терміни виконуються при кровотечах;

— показанням до ампутації є тотальний некроз м'язких тканин кінцівок або їх сегментів із залученням до процесу суглобів, магістральних судин і нервових стовбурів, обуглювання кінцівок;

— до автодермопластики при електроопіках вдаються рідко, бо пошкодження зазвичай невеликі за площею, але глибокі. Лікування електроопіків ускладнюється низькими репаративними здатностями пошкоджених тканин;

— декомпресивна некротомія, фасціотомія ефективні в перші 6–12 год після травми. Проведення цих заходів більше ніж через 24 год нерідко виявляється запізнілим, а після 36–48 год — неефективним [3];

— консервативне місцеве лікування: туалет опікових ран, за показаннями — перев'язки з антисептиками, мазями на водяній основі;

— у разі розвитку компартмент-синдрому здебільшого виконується підшкірна фасціотомія, оскільки «лампасні» розтини значно підвищують небезпеку інфікування й погіршують результати лікування. Як виняток — виконуються в разі приєднання анаеробної інфекції;

— при циркулярному опіку грудної клітки виконується декомпресійна некротомія [4, 8, 11, 14];

— за показаннями — профілактика правця.

Лікування загальних електричних уражень на госпітальному етапі

— Усі постраждалі з явищами шоку підлягають госпіталізації до відділення або палати інтенсивної терапії.

— Постраждалі без локальних уражень, навіть при задовільному стані, госпіталізуються на 2–3 доби до загальнотерапевтичного відділення для спостереження й обстеження.

— Електрокардіографія, моніторний контроль ритму серця, при низьковольтній травмі показане кардіомоніторне спостереження протягом не менше ніж 24 год [7].

— Пульсоксиметрія може бути використана для діагностики ішемії кінцівки: при зниженні сатурації менше ніж 90 % і різниці в її показниках між здоровими й пошкодженими ділянками понад 6 % потрібна декомпресія тканини — некротомія, фасціотомія. Спінтиграфію застосовують для уточнення обсягу й локалізації пошкоджень м'язів, для діагностики м'язових некрозів виконується магнітно-резонансна томографія [8].

— Оксигенотерапія.

— Антиаритмічна терапія за показаннями: аміодарон (кордарон) 300 мг на 5% розчині глюкози 10 мл або лідокаїн 10% 2,0 мл внутрішньовенно на фізіологічному розчині натрію хлориду 0,9% 10,0 мл.

— Уведення антиоксидантів/антигіпоксантів:

- розчин α -токоферолу ацетату (вітаміну Е) 30% — 2,0 мл внутрішньом'язово;

- розчин рибоксину 2% — 10–20 мл внутрішньовенно;

- актовегін — 5 мл (200 мг) внутрішньовенно.

— Введення глюкокортикостероїдів (дексаметазон, бетаметазон, метилпреднізолон, гідрокортизон).

— За показаннями — протисудомна терапія:

- магнію сульфат 25% — 10,0 мл в/в;

- діазепам (сибазон) 0,5 % — 2,0 мл в/м або мідазолам: дорослі: 5 мг в/в, 3–5 хвилин до початку дії; або 5 мг в/м, 10–15 хвилин до початку дії; або 5 мг назально, 3–5 хвилин до початку дії; діти: 0,05–0,1 мг/кг в/в (максимальна доза — 5 мг) [16].

— Інфузійну терапію доцільно починати з введення збалансованих електролітних розчинів (стерофундин, плазмовен тощо) [18].

— Первинна інфузійна терапія має бути спрямована на підтримання діурезу понад 0,5 мл/кг/год, за наявності міоглобінурії — понад 1 мл/кг/год.

— Колоїдні плазмозамінники призначаються не раніше ніж через 8–16 годин після ураження. Штучні колоїдні плазмозамінники (гідроксietилкрохмалі, желатини) — тільки при декомпенсованому дефіциті об'єму циркулюючої крові під контролем центрального венозного тиску, а природні колоїдні розчини (плазма нативна свіжозаморожена, альбумін 10%) — не раніше за 2 доби.

— Гемодинаміка підтримується постійною інфузією добутаміну або дофаміну 5–10 мкг/кг/хв.

— Встановлення постійного сечового катетера — обов'язкове. Сеча бурого (майже чорного) кольору свідчить про рабдоміоліз (міоглобінурію), лаково-червоного кольору — про гемоліз (гемоглобінурію). Міоглобін і гемоглобін у сечі в умовах ацидозу утворюють нерозчинні конгломерати, які obturують дистальні ниркові каналіці, спричиняючи синдром гострого пошкодження нирок.

— Для лікування й профілактики міоглобінурійного або гемоглобінурійного нефрозу — розчин натрію бікарбонату в/в по 2–4 ммоль/кг на добу.

— При гіперкаліємії, що загрожує життю, — гемодіаліз.

— Об'єм інфузії в наступні дві доби зменшують на 25–35 % [19].

— Призначення наркотичних і ненаркотичних знеболюючих лікарських засобів: 2 мл 50 % розчину метамізолу (анальгін) або 2 мл (50 мг) декскетопрофену (кейверу) + 2% розчин прометазину (піпольфену).

— При сильному болю в/в або в/м призначають:
 - 2,5% розчин хлорпромазину (аміназину) по 1 мл;
 - плюс 2% розчин тримеперидину (промедолу) по 1 мл;
 - плюс 1% р-н дифенгідраміну (димедролу) по 1 мл;
 - або 0,005% р-н фентанілу в дозі 2 мл під контролем артеріального тиску.

— Деескалаційна антибіотикотерапія.

— При гіпертензії та нормотензії призначають петльові діуретики (фуросемід, торасемід) в/в у дозі, що дозволяє підтримувати діурез не менше за 1,5 мл/кг/год, при гіпотензії введення салуретиків протипоказане, призначають осмотичні діуретики (манітол).

— При ураженні кінцівок показано внутрішньо-артеріальне (менш ефективне — внутрішньовенне) введення спазмолітиків: папаверин 2% — 2 мл, нікотинова кислота 0,1% — 1 мл з 0,5–1% розчином прокаїну (новокаїну) 10 мл і гепарину 5–10 тис. ОД. Добова доза гепарину не повинна перевищувати 20–30 тис. ОД.

— Інгібітори протеолітичних ферментів апротинін (контрикал, гордокс) за показаннями.

— Лікування постгіпоксичної/постаноксичної енцефалопатії.

— Симптоматична терапія.

Профілактика електротравм

Найкращий захист від ураження електричним струмом — це розуміння небезпеки при користуванні електричними приладами. Необхідно чітко знати всі вимоги і правила безпеки при роботі з електричним струмом, використовувати потрібні засоби індивідуального захисту і бути вкрай уважним при виконанні будь-яких робіт з електроустановками.

Засоби захисту:

— ізолюючі накладки й підставки;
 — діелектричні килими, рукавички, калоші, каптури;
 — переносні заземлення;
 — інструменти з ізолюючими накінцівниками і руків'ями;

— використання екранів, перетинок, камер для захисту від електроструму;

— використання спеціального захисного одягу (тип Еп 1-4);

— знизити час перебування в небезпечній зоні;

— попереджувачі таблички і знаки безпеки.

Вимоги техніки безпеки:

— належний нагляд за дітьми та особами з обмеженими можливостями;

— не допускати розливання води та інших рідин у зоні працюючих електроприладів;

— не порушувати пломбування блоку високої частоти лампових телеприймачів навіть при їх відключенні від мережі електропостачання (конденсатори зберігають потужний електричний заряд);

— не замінювати стандартні запобіжники на кустарні;

— наближатися до струмоведучих частин слід тільки на відстань, що дорівнює довжині ізолюючої частини електрозахисних засобів;

— обов'язково застосовувати індивідуальний екранувальний комплект одягу при роботі у відкритих розподільчих пристроях напругою 330 кВ і вище;

— в електроустановках напругою понад 1000 В треба користуватися індикатором напруги, обов'язкове використання діелектричних рукавичок;

— при обриві дроту або іншій аварії високовольтної системи наближайтеся до потерпілого стрибками на двох ногах або маленькими кроками;

— в умовах наближення грози всі роботи в розподільних пристроях повинні бути припинені [4, 21].

Профілактика ураження блискавкою

У природних умовах:

— вимкнути засоби зв'язку (у тому числі мобільного);

— не перебувати на відкритій місцевості, на воді;

— відкинути від себе металеві предмети;

— не ховатися під поодинокими деревами, стовпами, не ставати на пеньки; із дерев найбільш небезпечно дуб, тополя, сосна; дуже рідко блискавка потрапляє в березу або клен, майже ніколи — в чагарник;

— загасити багаття (дим — добрий провідник для блискавки).

У приміщенні:

— вимкнути засоби зв'язку;

— усунути наскрізний рух повітря (печі, вентиляційні шахти);

— вимкнути витяжні шафи.

Факт, що електричній травмі майже завжди можна запобігти, змушує згадати стару приказку: «Унція профілактики коштує фунт лікування» [12].

Реконвалесценти, які перенесли електротравму, нерідко потребують тривалої реабілітації, оскільки дія електричного струму може викликати ускладнення у віддаленому періоді: ураження центральної і периферичної нервової систем (енцефалопатії, парези, неврити, трофічні виразки); серцево-судинної системи (дистрофічні зміни міокарда, порушення ритму й провідності); катаракту, порушення слуху, а також розлади функцій інших органів і систем. Повторне ураження електричним струмом може призвести до раннього артеріосклерозу, облітеруючого ендартеріту, стійких вегетативних змін. Електричні опіки нерідко заживають з утворенням деформацій і контрактур, які потребують проведення реконструктивно-відновлювальних операцій [3, 22–24].

Конфлікт інтересів. Автори заявляють про відсутність конфлікту інтересів і власної фінансової зацікавленості при підготовці даної статті.

Список літератури

1. Чантурія А.В., Висмонт Ф.И. *Повреждающее действие электрического тока (патофизиологические аспекты): методические рекомендации.* Минск: МГМИ, 2000. 31 с.

2. Dzhokic G., Jovchevska J., Dika A. *Electrical Injuries: Etiology, Pathophysiology and Mechanism of Injury. Review.* Macedonian

Journal of Medical Sciences. 2008. Vol. 1(2). P. 54-58. doi:10.3889/JMMS.1857-5773.2008.0019.

3. Кочин О.В. *Электротравма: патогенез, клиника, лечение. Медицина неотложных состояний*. 2015. № 8(71). С. 7-12.

4. Механічна асфіксія / за ред. Л.А. Дзяк, О.М. Клигуненко. Дніпро: ЛІРА, 2019. 188 с.

5. Еремичина Т.В., Никольский О.К. Анализ электротравматизма в быту сельского населения. *Ползуновский вестник*. 2009. № 1–2. С. 238-241.

6. Соколов В.А., Степаненко А.А., Петрачков С.А., Адмакин А.Л. Эпидемиология поражений электрическим током: электротравма и электроожоги (обзор иностранных публикаций). *Medico-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations*. 2014. № 4. P. 26-33. <https://doi.org/10.25016/2541-7487-2014-0-4-26-33>.

7. Gentges J., Schieche C. *Electrical Injuries in the Emergency Department: An Evidence-Based Review*. *Emergency Medicine*. 2018. Vol. 20. № 11. P. 1-20.

8. Жиркова Е.А., Спиридонова Т.Г., Сачков А.В., Светлов К.В. *Электротравма (обзор литературы)*. *Russian Sklifosovsky Journal of Emergency Medical Care*. 2019. № 8(4). P. 443-450. <https://doi.org/10.23934/2223-9022-2019-8-4-443-450>.

9. Лебедев А.В., Дубко А.Г., Лопаткина Е.Г. Основные биофизические свойства мягких тканей при электросварке. *Вісник Національного технічного університету України «Київський політехнічний інститут»: Серія «Машинобудування»*. 2011. № 61. С. 130-133.

10. Алексеев В.М., Алексеева М.С., Халыпин А.А. Действие электрического тока на организм. *Проблемы современной науки и образования*. 2016. № 33(75). С. 25-26.

11. Waldmann V., Narayanan K., Combes N., Marijon E. *Electrical injury*. *British Medical Journal*. 2017. Vol. 357. P. j1418. doi: <https://doi.org/10.1136/bmj.j1418>

12. Koumbourlis A.C. *Electrical injuries*. *Critical Care Medicine*. 2002. Vol. 30. № 11 (Suppl.). P. 424-430. DOI: 10.1097/01.CCM.0000035099.55766.EA.

13. Dhaniwala N.S., Date S., Dhaniwala M.N. *Effects of electrical injury on musculoskeletal system: a case report*. *MedCrave Online Journal of Orthopedics & Rheumatology*. 2019. Vol. 11(4). P. 160-162.

14. Offen S., Jackson D., Canniffe C., Choudhary P., Celer-majer D. *Dextrocardia in Adults with Congenital Heart Disease*. *Heart Lung Circ*. 2016. Vol. 25(4). P. 352-357. doi: 10.1016/j.hlc.2015.09.003.

15. Фаязов А.Д., Туляганов Д.Б. Современное состояние проблемы электротравм. *Вестник экстренной медицины*. 2016. Т. IX. № 4. С. 108-113.

16. Наказ Міністерства охорони здоров'я України від 05.06.2019 № 1269 «Екстрена медична допомога: догоспітальний етап. Новий клінічний протокол». Київ, 2019. С. 280-282.

17. Деревщикова С.А. *Пособие дежуранта*. Горно-Алтайск, 2007. 298 с.

18. Сорокіна О.Ю., Філін Ж.В. Порівняльна характеристика динаміки показників метаболічної відповіді у фазі перебігу опікової хвороби залежно від термінів початку оперативного лікування. *Медицинські перспективи*. 2018. Т. 23. № 18. С. 42-49. <https://doi.org/10.26641/2307-0404.2018.1.124921>.

19. Blair H.A., Patiromer A. *Review in Hyperkalaemia*. *Clinical Drug Investigation*. 2018. № 38(8). P. 785-794. doi: 10.1007/s40261-018-0675-8.

20. Ехалов В.В., Стусь В.П., Моусеенко Н.Н. Синдром Байуотерса. *Острое повреждение почек: обзор литературы*. *Урологія*. 2020. Т. 24. № 1. С. 68-93. DOI: 10.26641/2307-5279.24.1.2020.199505

21. Шкрабак В.С., Рузанова Н.И. Особенности электропоражений и методы защиты от воздействия электрической дуги. *Аграрный научный журнал*. 2015. № 3. С. 63-66.

22. Адмакин А.П., Воробьев С.В., Сидельников В.О. и др. *Электроожоги и электротравма*. СПб.: СпецЛит, 2014. 39 с.

23. Mangelsdorff G., Garcia-Huidobro M.A., Nachari I. et al. *High voltage electrical burns as a risk factor for mortality among burn patients*. *Rev. Med. Chil*. 2011. Vol. 139. № 2. P. 177-181.

24. Imran A., Sohaib A., Ehsan R. et al. *Electrical burns in children: An experience*. *Indian Journal of Burns*. 2012. Vol. 20. № 1. P. 30-35. doi: 10.4103/0971-653X.111778

Отримано/Received 02.08.2022

Рецензовано/Revised 11.08.2022

Прийнято до друку/Accepted 25.08.2022 ■

Information about authors

Vasyl Yekhalov, PhD, Associate professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine.

Olha Kravets, MD, PhD, Head of Department of Anesthesiology, Intensive Therapy and Emergency Medicine of Postgraduate Education Faculty, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine; e-mail: 602@dsma.dp.ua; <https://orcid.org/0000-0003-1340-3290>.

Daria Krishtafor, PhD in Medicine, Assistant Professor of the Department of Anesthesiology, Intensive Care and Emergency Medicine, Faculty of Postgraduate Education, Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine; e-mail: shredderine@gmail.com; phone +38(066)4078484.

Conflicts of interests. Authors declare the absence of any conflicts of interests and their own financial interest that might be construed to influence the results or interpretation of their manuscript.

V.V. Yekhalov, O.V. Kravets, D.A. Krishtafor
Dnipro State Medical University, Dnipro, Ukraine

Electric shock: a clinical lecture

Abstract. Electric trauma is a physical damage to the body due to an electric shock exceeding the physical resistance threshold of the body. Young people of working age are most often affected. The presented clinical lecture considers the main causes, risk factors for electric shock, modern classification and pathophysiology. Fea-

tures of a damage by atmospheric electricity and electric weapons are highlighted. Complications of electric trauma and principles of medical care at the pre-hospital and hospital stages, as well as measures to prevent electric shock are outlined.

Keywords: electric trauma; treatment of electric shock; first aid