

**ЛЕКЦІЯ №3**  
з курсу «Патологічна фізіологія» на тему :  
**«ПАТОГЕННИЙ ВПЛИВ ЕЛЕКТРИЧНОГО СТРУМУ»**

**Викладач курсу: доцент кафедри  
фізіології, імунології і біохімії  
з курсом цивільного захисту  
та медицини**

**Григорова Наталя Володимирівна**



# ПЛАН

1. Етіологічні фактори ушкоджуючої дії електричного струму.
2. Механізми ушкоджуючої дії електричного струму.

# РЕКОМЕНДОВАНА ЛІТЕРАТУРА

1. Атаман О. В. Патофізіологія : підручник. У 2-х т. Т. 1 : Загальна патологія. 2-ге вид. Вінниця : Нова книга, 2018. 584 с.
2. Атаман О. В. Патологічна фізіологія в запитаннях і відповідях : навчальний посібник. 5-те вид. Вінниця : Нова книга, 2017. 512 с.
3. Кумар Віней, Аббас Абул К., Астер Джон К. Основи патології за Роббінсом. Т. 1. 10-е вид. Київ : Медицина, 2019. 420 с.
4. Невідкладна медична допомога. За ред. Ф. С. Глумчера. Київ : Медицина, 2006. 632 с.
5. Патофізіологія : підручник / Ю. В. Биць, Г. М. Бутенко [та ін.]; за ред.: М. Н. Зайка, Ю. В. Биця, М. В. Кришталя. 6-е вид., перероб. і допов. Київ : Медицина, 2017. 737 с.
6. Патологічна фізіологія. У 3-х ч. Ч. 1. Нозологія. За ред. М. С. Регеда. Львів : Сполом, 2009. 290 с.
7. Pathophysiology = Патофізіологія : підручник. За ред. М. В. Кришталя, В. А. Міхньова. Київ : Медицина, 2017. 656 с.
8. Pathophysiology = Патофізіологія : підручник / Сімеонова Н. К.; за ред. В. А. Міхньова. Київ : Медицина, 2017. 544 с.

# 1. Етіологічні фактори ушкоджуючої дії електричного струму



Електромітка у вигляді опіку та обвуглення кисті руки, внаслідок дії напруги 10 кіловольт



Те ж саме спостереження. Електромітка у вигляді садна на коліні



Фігури блискавки на стегні

Людина піддається дії **природного** (розряди блискавки, електричних органів деяких тварин) чи **технічного електричного струму**. Розряди блискавки діють як тимчасове (частки секунди, секунди) проходження через тіло людини струму величезної напруги (до мільйонів вольт). Смерть настає від паралічу серця та (чи) дихання. У результаті теплової дії блискавки на тілі залишаються опіки, крововиливи у вигляді особливих «гілчастих фігур», почорніння та некроз тканин; можливо і механічна дія — відрив тканин та навіть частин тіла.

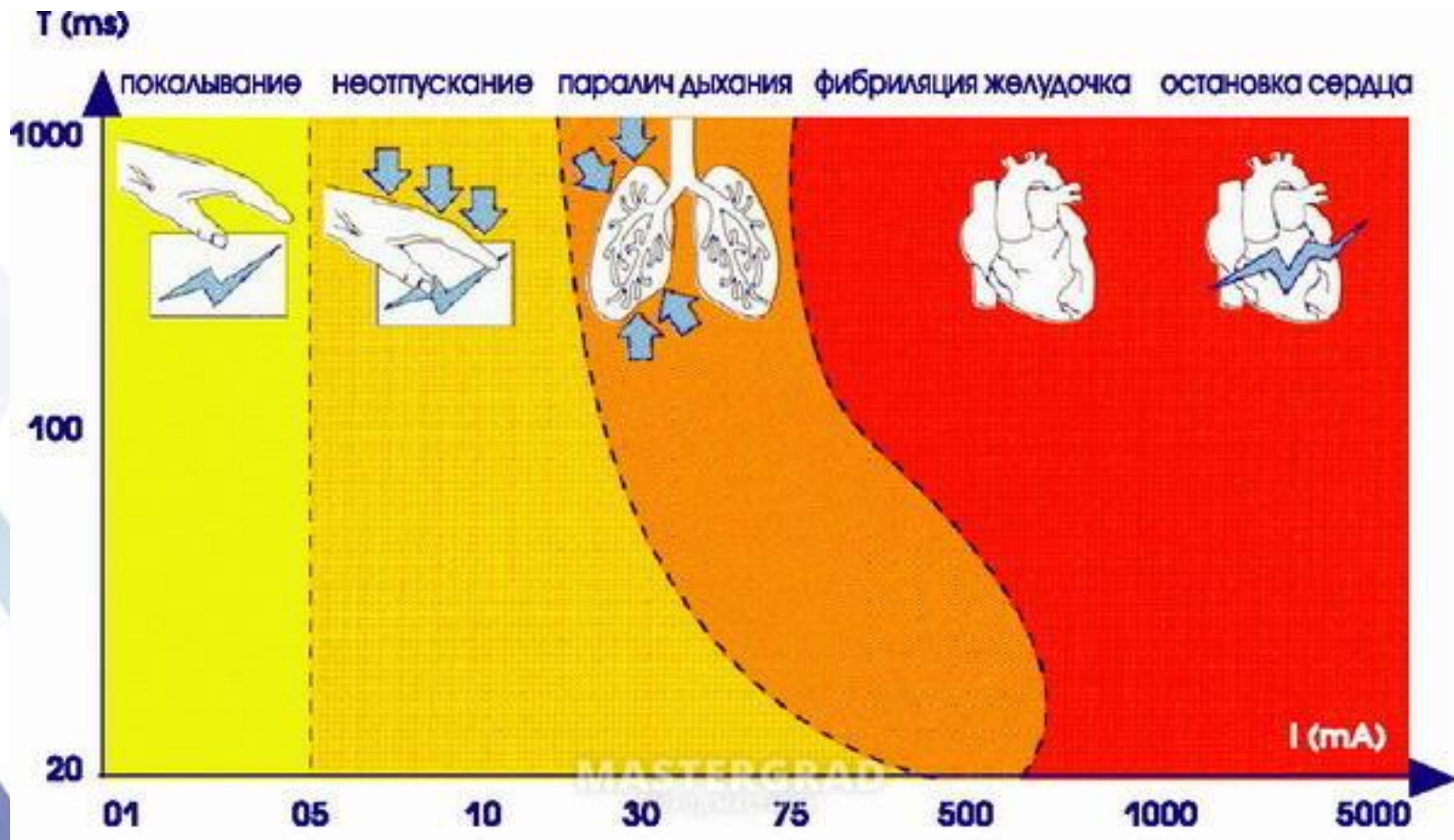


**Патогенна дія технічного електричного струму (електротравма)** залежить від виду струму (постійний, змінний), його сили, напруги, напрямку та тривалості проходження через тіло, а також від опору тканин та стану реактивності організму в цілому.

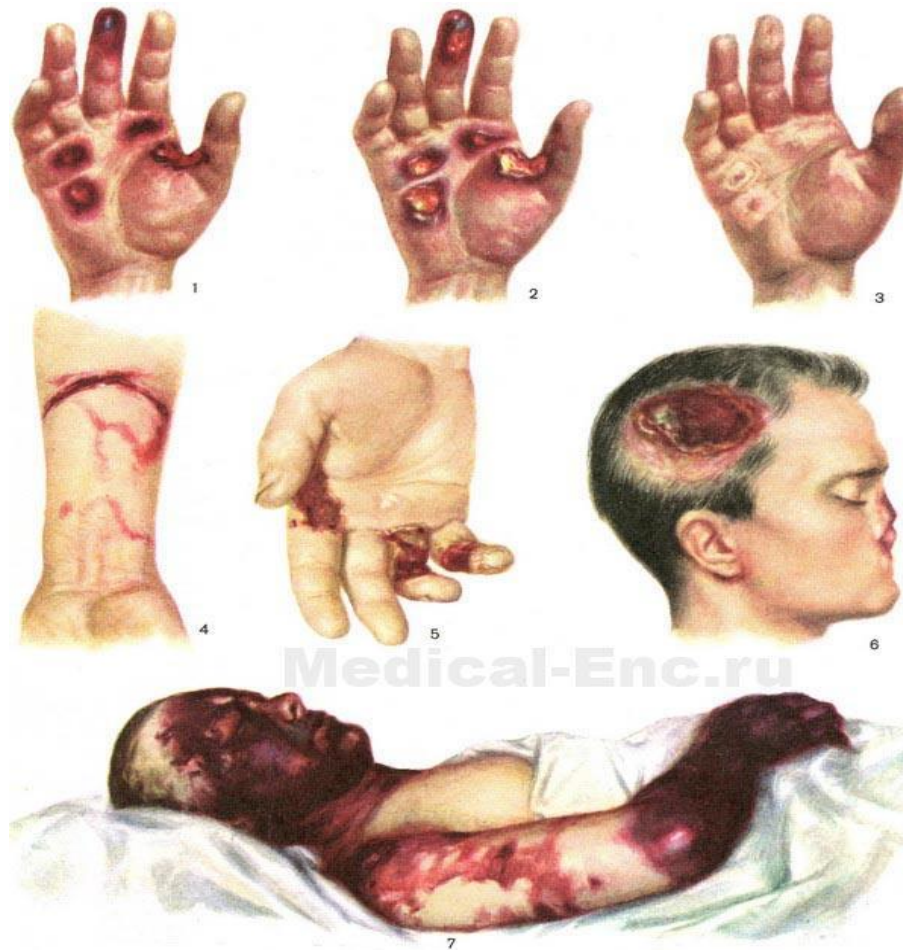
**Сила струму.** При одній і тій самій силі змінний струм більш небезпечний, ніж постійний. Струм силою 100 мА є смертельно небезпечним. Змінний струм 50-60 Гц силою 12-25 мА викликає судоми (**«невідпускаючий»**); основна небезпека його міститься у приковуванні ураженого до струмопровідного предмету.

**Напруга.** Напруга діючого на організм джерела постійного струму до 40 В смертельних ушкоджень не викликає, при напрузі 1000 В летальність досягає 50%, при напрузі 3000 В – 100%. Небезпека ураження змінним струмом при напрузі 42,5 В дорівнює небезпеці ураження постійним струмом при напрузі 120 В. Однак постійний струм менш небезпечний, ніж змінний, тільки до напруги 450-500 В. При більш високій напрузі постійний струм стає більш небезпечним, ніж змінний.





**Наслідки патогенної дії електричного струму різної сили**



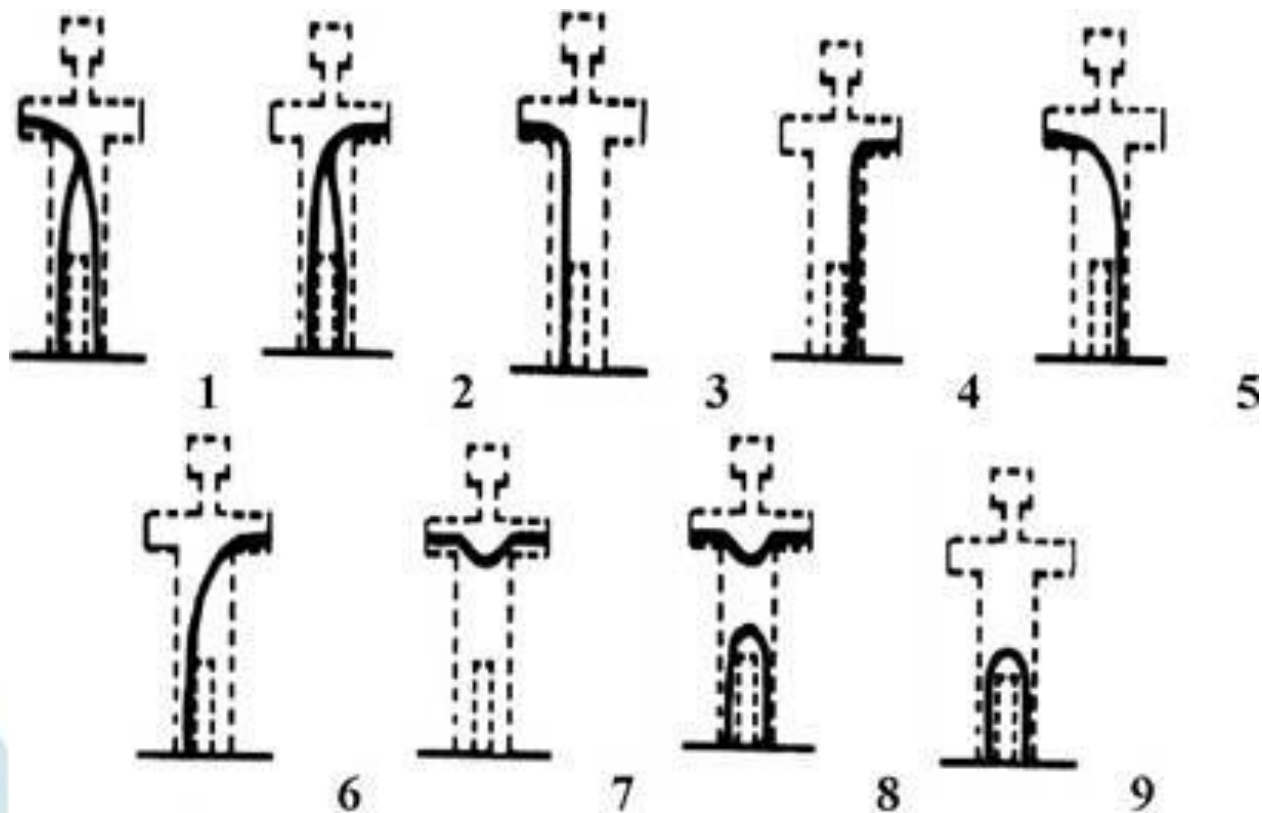
Електротравма. Рис. 1 -3. Контактна електротравма при порушенні ізоляції електричної праски (220 В). Знаки струму. Рис. 1. До лікування. Рис. 2. У період лікування. Рис. 3. Після загоєння. Рис. 4. Контактна електротравма (220 В). Знаки струму на передпліччі. Рис. 5. Знаки струму при електротравмі від вилки проводу (220 В). Рис. 6. Контактна електротравма обличчя і волосистої частини голови з ураженням кістки. Рис. 7. Опік електричною дугою обличчя, шиї та верхньої кінцівки при ремонті електроустановки під напругою (380 В).

**Опір тканин.** Сумарний (повний) опір тіла людини до змінного електричного струму називається **імпедансом** та складається з активного (омічного) та реактивного (ємнісного) опорів тканин. Найбільшим опором до електричного струму володіє зовнішня епідерміс шкіри (до 2000000 Ом), далі по зменшенню опорів йдуть сухожилки, кістки, нерви, м'язи, кров. Найменший опір має спинномозкова рідина. Загальний опір тіла людини складає у середньому 100000 Ом (від 1000 до мільйонів Ом).


**Волога шкіра** володіє меншим опором, ніж суха. Опір шкіри залежить також від сили та напруги. Струм напругою 10-40 В викликає пробій епідермісу; пробій шкіри, який викликається електричним струмом 220 В, призводить до різкого зниження опорів тіла з наближенням до такого при відсутності епідермісу.



**Напрямок проходження електричного струму через тіло.** Висхідний постійний струм (анод нижче – катод вище) більш небезпечний, ніж низхідний (електроди розташовані навпаки) у тому ж напрямку. Це пов'язано з тим, що при **висхідному струмі** синусовий вузол серця знаходиться під збуджуючим впливом катода, а верхівка – під переважною збуджуючою дією аноду. Збудження, що виходить при цьому із синусового вузла, яке стикається з наростаючим гальмуванням провідності, призводить до виникнення фібриляції шлуночків серця при замкненому провіднику. При **низхідному потоці** хвиля збудження, що виходить з подавленого анодом синусового вузла, підсилюється катодом, у зв'язку з чим умови для фібриляції серця виникають тільки у момент розмикання провідника.



**Різновиди напрямків протікання електричного струму через тіло людини (різновиди петель струму) (Смольянинов В.М., 1975):** 1- права повна петля струму; 2 – ліва повна петля струму; 3 – права петля струму; 4 – ліва петля струму; 5 – права коса петля струму; 6 – ліва коса петля струму; 7 – верхня петля струму; 8 – поперечна петля струму; 9 – нижня петля струму.



**Фактор часу.** Зі збільшенням часу проходження через тіло постійний ефект дії електричного струму підвищується. Так, якщо, дія струму протягом 0,02 с не супроводжується розвитком виражених порушень, то при експозиції в 1 с вона неминуче призводить до смерті.

**Частота змінного струму.** Вважається, що постійним ефектом (виникнення фібриляції шлуночків) володіє змінний струм частотою 50 Гц. При підвищенні частоти струму загроза виникнення фібриляції зменшується. Змінні струми частотою 10000-1000000 Гц й більше не є патогенними, але при високій напрузі (струми Тесла, д`Арсонваля, гальванічні струми) вони надають теплову дію та застосовуються з лікувальною метою.

**Стан реактивності організму.** Стомлення, послаблення уваги, легке та помірне алкогольне сп'яніння, гіпоксія, перегрівання, тиреотоксикоз, серцево-судинна недостатність знижують резистентність організму до електротравми. Важкість ураження електротравмою у значній мірі знижується при емоційному навантаженні, викликаному чеканням дії струму, у стані наркозу та глибоким (близьким до наркозу) сп'янінням.

## 2. Механізм ушкоджуючої дії електричного струму


**Місцеві реакції організму на електротравму.** Опіки виникають головним чином на місцях входу та виходу струму в результаті перетворення електричної енергії у теплову (тепло Джоуля-Ленца). **Знаки струму** з'являються на шкірі, якщо температура в точці проходження струму не перевищує 120 °С, та представляє собою невеликі утворення сірувато-білого кольору («пергаментна шкіра»), твердої консистенції, облямовані хвилеподібним підвищенням. У низці випадків по оточенні ушкодженої тканини проглядається гілчастий малюнок червоного кольору, обумовлений паралічем кровоносних судин.

При температурі у точці проходження струму більше 120 °С проявляється **теплова дія електричного струму**, що має вигляд **контактних опіків** – від виділення тепла при проходженні струму через тканини, які здійснюють опір, та **термічних** – при дії полум'я вольтової дуги. Останнє є найбільш небезпечним.



**Загальні реакції організму на електротравму.** **Біологічна дія** електричного струму виражається у збудженні нервових рецепторів та провідників, скелетних та гладеньких м'язів, залозистих тканин при його проходженні через тіло людини. Це призводить до виникнення тонічних судом скелетних та гладеньких м'язів; що може супроводжуватися вивихом кінцівок та відкритим переломом (**механічна чи динамічна дія** електричного струму), спазмом голосових зв'язок, зупинкою дихання, підвищенням АТ, мимовільним сечовипусканням та дефекацією. Збудження нервової системи та органів внутрішньої секреції призводить до «викиду» катехоламінів (адреналін, норадреналін), змінює багато соматичних та вісцеральних функцій організму.

Важливе значення у механізмах ушкоджуючого ефекту електричного струму має його **електрохімічна дія (електроліз)**. Подолавши опір шкірного покриву, електричний струм викликає порушення рівноваги у клітинах різних тканин, змінює їх біологічний потенціал, призводить до поляризації клітинних мембран: на одних ділянках тканин — біля аноду накопичуються позитивно заряджені іони (виникають умови для кислої реакції), біля катоду накопичуються негативно заряджені іони (виникає лужне середовище). У результаті значним чином змінюється функціональний стан клітин.



Внаслідок переміщення білкових молекул у ділянках кислої реакції під анодом виникає коагуляція білків (**коагуляційний некроз**), у ділянках лужної реакції під катодом – (**колікваційний некроз**). Процеси електролізу в серцевому синцитії можуть викликати укорочення рефракторної фази серцевого циклу, котрий призводить до розвитку колового наростаючого ритму роботи. Ураження, що викликається електротравмою, призводить до припинення роботи дихального та судинорухового центрів, обумовлено ушкодженням нервових клітин у результаті деполяризації їх мембран та коагуляції протоплазми.

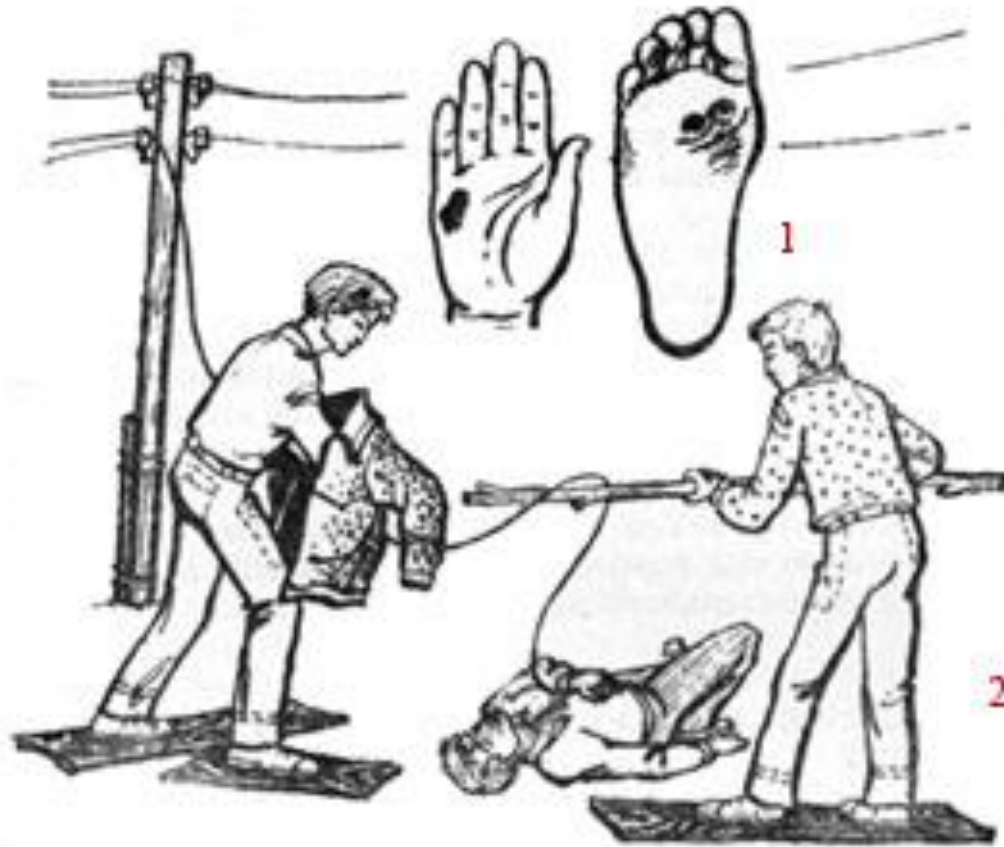
При несмертельній електротравмі виникає судомне скорочення м'язів з частковою втратою свідомості, порушенням серцевої діяльності та (чи) дихання, може настати клінічна смерть (уявна). При своєчасному наданні першої допомоги потерпілі відчувають головокружіння, головний біль, нудоту, світлобоязнь; можуть зберігатися порушення скелетної мускулатури.

Безпосередньою причиною смерті при електротравмі є зупинка дихання та серця.

**Зупинка дихання** може бути обумовлена: 1) ураженням дихального центру; 2) спазмом хребтових артерій, які постачають кров до дихального центру; 3) спазмом дихальної мускулатури; 4) порушення провідності дихальних шляхів внаслідок ларингоспазму.

**Зупинка серця** може виникати внаслідок: 1) фібриляції шлуночків; 2) спазму коронарних судин; 3) ураження судинно-рухового центру; 4) підвищення тонусу блукаючого нерва.

**Перша допомога при ураженні струмом** полягає у негайному звільненні постраждалого від подальшої дії електричного струму, потім у наданні долікарської медичної допомоги. При наданні допомоги потрібно захистити себе від дії струму шляхом ізоляції рук та ніг.




Вплив електричного струму:

1 – «знаки струму»;

2 – вивільнення постраждалого від дії електричного струму.





На руки одягають гумові рукавички, під ноги слід простелити сухий одяг.

Братися потрібно за ті частини одягу, які не прилягають до тіла ураженого струмом.

Сухою палкою потрібно відкинути провідник.

Як тільки уражений буде звільнений від дії струму, йому необхідно надати першу медичну допомогу.

Постраждалого укладають на спину та проводять штучну вентиляцію легень способом "із рота у рот" і закритий масаж серця до повного відновлення функцій дихання та роботи серця. Реанімувати потрібно протягом не менше ніж 2 год, якщо немає ознак трупного залякання та трупних плям.

При відновленні дихання та серцевої діяльності хворого потрібно відправити у медичний заклад.



*ДЯКУЮ ЗА УВАГУ!*