

**ЭПИДЕМИОЛОГИЯ ПОРАЖЕНИЙ ЭЛЕКТРИЧЕСКИМ ТОКОМ:  
ЭЛЕКТРОТРАВМА И ЭЛЕКТРООЖОГИ (ОБЗОР ИНОСТРАННЫХ ПУБЛИКАЦИЙ)**

Военно-медицинская академия им. С.М.Кирова (Россия, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 6)

Воздействие электрического тока на человека может приводить к местным и общим изменениям его тканей и органов, а в наиболее тяжелых случаях – к гибели пострадавшего. В обзоре освещены патологические процессы, развивающиеся в организме вследствие действия тока. Обсуждены виды поражений. Приведены данные об эпидемиологии электрической травмы, обстоятельствах ее получения в быту и на производстве в развивающихся и экономически развитых странах. Показаны отличия клинической картины поражений током высокого и низкого напряжений, электрическими и высокотемпературными агентами. Выделены факторы риска у детей. Отражена статистика летальности при данном виде травматизма.

Ключевые слова: медицина катастроф, ожоги, поражения электрическим током, виды и механизм травм, эпидемиология и статистика поражений, летальность.

Современную жизнь невозможно представить без использования электрического тока. Технический прогресс, повышение качества жизни людей неразрывно связаны с его применением в различных областях и сферах человеческой деятельности. Однако оборотной стороной всеобщей электрификации является рост числа травм, связанных с негативным воздействием тока на человека [9, 57].

Рассматриваемая патология возникает при контакте с электрической цепью, в которой присутствует источник напряжения и/или источники тока, способные вызвать его протекание по попавшей под напряжение части тела. Обычно чувствительным для человека является пропускание тока силой более 1 мА. Кроме того, на установках высокого напряжения возможен удар электрическим током без непосредственного соприкосновения к токоведущим элементам. Это происходит, например, при повреждении или разрушении изоляции проводов и образования электрического поля между разнополюсными поверхностями.

Комплекс патофизиологических процессов, который развивается в организме пострадавшего, обусловлен несколькими механизмами, которые в итоге приводят к эффекту взаимного отягощения и появлению как местных, так и общих клинических изменений [38].

Выделяют первичное и вторичное действие электрического тока на организм [28]. Первую группу патологических процессов составляют физико-химические (электрохимический, тепловой и механический эффекты) и биологические изменения [29].

Электрохимический эффект проявляется в электролизе, который ведет к образованию газов в тканях и приданию последним ячеистого строения. В основе теплового поражающего фактора лежит преобразование электрической энергии в тепловую. Это приводит к локальным повреждениям тканей в местах соприкосновения с проводниками электрического тока и может вызвать и обширные ожоги кожного покрова вследствие непосредственного воздействия повышенной температуры окружающей среды на открытые участки кожи или при возгорании одежды на пострадавшем [4, 5].

Механический эффект тока большой силы проявляется в расслоении тканей, вплоть до отрыва частей тела [41]. Это происходит в результате высвобождения колоссальной тепловой и механической энергии за короткий промежуток времени.

Вторичные патологические изменения обусловлены результатом первичного действия электрического тока. К ним относятся: ушибы, ссадины, черепно-мозговая травма, переломы костей, повреждения внутренних органов, ко-

Соколов Владимир Андреевич – канд. мед. наук доц., ассистент каф. термич. поражений Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 9);

Степаненко Александр Александрович – канд. мед. наук., нач. отд.-ния клиники термич. поражений Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 9);

Петрачков Сергей Анатольевич – канд. мед. наук, препод. каф. термич. поражений Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (Россия, 194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 9);

Адмакин Александр Леонидович – канд. мед. наук доц., ст. препод. каф. термич. поражений Воен.-мед. акад. им. С.М. Кирова (194044, Санкт-Петербург, ул. Акад. Лебедева, д. 9); e-mail: admakin@yandex.ru.

торые обусловлены падением пострадавших с высоты, ударами о твердые предметы при отбрасывании и др. [8].

Для более детального и четкого описания рассматриваемой патологии нами используются следующие термины:

1) электротравма – характеризуется развитием общих и местных патологических изменений в организме в ответ на действие электрического тока. Электрический разряд проходит через тело от источника (рана на входе) к земле (рана на выходе). Организм выступает в качестве проводника, поэтому в наибольшей степени страдают плотные ткани, имеющие высокие значения электрического сопротивления. Размер и глубина структурных изменений увеличиваются пропорционально времени воздействия [50];

2) электроожог может быть обусловлен как непосредственным действием тока, так и вследствие поражения пламенем, контактом с токонесущей поверхностью или комбинацией вышеперечисленных факторов;

3) ожог вспышкой вольтовой дуги – повреждение кожного покрова, роговицы кратковременной вспышкой электрического разряда, сопровождающейся дистанционным выделением тепловой энергии. Характерными чертами данной нозологической формы являются: небольшая площадь ожоговых ран, высокая частота травмы глаз, малые сроки стационарного лечения, продолжительный период психологических проблем, которые развиваются у пострадавших непосредственно после травмы и сохраняются длительное время даже после выписки из стационара [3, 6];

4) поражения атмосферным электричеством – комплексное воздействие на организм энергии атмосферного электричества (разряда) в виде электрического, механического и звукового поражений [5]. Главным различием механизмов патологического воздействия на организм между высоковольтной электрической травмой и молнией является крайне малое по продолжительности воздействие тока в последнем случае [40]. Если высоковольтные электрические воздействия, как правило, вызывают глубокие ожоги, в то время как жертвы ударов молний могут не иметь видимых физических повреждений при одномоментном тяжелом нарушении сердечной деятельности [47].

Несмотря на то, что в мире ежедневно регистрируются 8 млн разрядов атмосферного электричества [37], лишь 1000–1500 человек получают травмы, требующие стационарного

лечения. В наиболее тяжелых случаях у пострадавших может произойти остановка сердца от удара электрическим разрядом напряжением от 1 до 1000 ГВт и силой тока 10–300 тыс. А [17]. Поэтому летальность в данной группе составляет около 20–30 % от общего числа пораженных [2]. Только в США за период 2011–2012 гг. зафиксированы 50 случаев гибели людей от удара молнией [54].

Тяжесть травмы зависит от напряжения, типа и силы тока, длительности воздействия и физико-химических свойств тканей [21, 43]. Электрические поражения могут быть вызваны действием тока низкого напряжения (от 60 до 1000 Вт, как правило, 220 или 360 Вт) и высокого напряжения (более 1000 Вт). В первом случае неприятные инциденты обычно происходят в домашней обстановке или офисных помещениях. В структуре пораженных током пациентов таких большинство. Местная и общая клинические картины свидетельствуют об умеренных структурных и функциональных поражениях органов и тканей. Однако в наиболее тяжелых случаях они могут сопровождаться развитием тетанических судорог и нарушением сердечной деятельности [43]. Спектр обстоятельств получения травм высоким напряжением широк. У детей они, как правило, происходят в домашних условиях; у подростков – связаны с легкомысленными поступками вне родительского дома; у взрослых – являются следствием, прежде всего, ошибочных профессиональных действий или происходят из-за несчастных случаев на производстве. Это может быть результатом случайного контакта с высоковольтными кабелями, различных транспортных аварий или следствием незаконных действий (вандализма) [13, 22]. Даже кратковременный контакт с токонесущей поверхностью приводит к частичному или полному некрозу отдельных анатомических областей, развитию полиорганной недостаточности [20, 23, 26]. В наиболее тяжелых случаях гибель пострадавшего происходит из-за остановки сердечной деятельности или массивного кровотечения вследствие нарушения целостности стенок крупных сосудов [1, 10, 42].

Y.Y. Li и соавт. (2007) в своей работе описали повреждение у пациента, который поступил с тяжелой высоковольтной травмой Guangzhou Red Cross Hospital, Jinan University Medical College, Guangzhou People's Republic of China. В ходе проведения диагностики были выявлены: ожоги III степени на общей площади 35,5 % поверхности тела, открытая рана левой половины грудной клетки с обнажением сердца и

поражением миокарда и левого легкого. Это привело к развитию гидроперикарда, гидроторакса и дыхательной недостаточности. Лечение пациента продолжалось 6 мес, жизнь человеку удалось спасти.

Отличительными чертами пострадавших от электрических ожогов в сравнении с больными, получившими термическую травму от других этиологических факторов, являются: более молодой возраст пострадавших, меньшая площадь и большая глубина поражения кожных покровов, низкая частота ингаляционных травм [32]. Их лечение требует продолжительного пребывания в специализированных лечебных учреждениях [20]. Во многих случаях люди становятся инвалидами. Это создает большие экономические, социальные и психологические трудности как для их семей, так и для общества в целом [39, 53].

Описаны большое количество ситуаций, в которых люди получают поражения электрическим током. Например, F. Wang и соавт. (2007) описали 42 случая получения электроожогов китайскими рыбаками. Они пытались достать из высоковольтных электрических кабелей графитовые стержни, которые планировали использовать в дальнейшем для добычи рыбы.

В работе M.F. Struck и M. Steen (2009) подчеркнули то, что неосторожность и нарушение техники безопасности при электропроводной рыбалке всегда приводят к возникновению печальной триады: поражению электрическим током, ожогу кожного покрова и утоплению пострадавшего.

Коллектив авторов под руководством K.M. Ramakrishnan (2013) описал 7 случаев получения детьми электротравм в результате железнодорожных катастроф. В ходе исследования было установлено, что у всех пострадавших имело место соприкосновение участков тел со свисающими обрывками высоковольтных проводов на месте крушения состава. Как правило, это происходило в условиях потери контроля за их поведением со стороны родителей, которые либо получили тяжелые травмы, либо погибли во время аварии.

Этот механизм характерен и при выполнении регламентных или ремонтных работ на производстве или в быту. Например, с января 2001 г. по май 2008 г. на лечении в отделении пластической хирургии Sher-i-Kashmir Institute of Medical Sciences (SKIMS), Srinagar, Jammu and Kashmir, Индия поступили 54 пострадавших [45]. Самым распространенным способом получения травмы (74 %) являлось касание провода высокого напряжения. В итоге люди

получали электроожог со средней площадью поражения кожи –  $(16,3 \pm 8,1)$  % от общей поверхности тела. Средний койко-день составил 26,8 сут. Примечательно, что 59,3 % жертв были электриками по специальности! А ведь именно они профессионально должны были осторожны и иметь устойчивые знания по технике безопасности.

По данным J. Singerman и соавт. (2008), в Северной Америке ежегодно регистрируются около 20 000 случаев электрических травм, сопровождающихся ожогами кожного покрова. Они являются наиболее распространенной формой термических повреждений, связанных с исполнением трудовых обязанностей, и пятой по значимости причиной профессиональной смертности в США.

В структуре термической травмы пострадавшие с электроожогами составляют 3–5 % от общего числа обожженных, обратившихся за медицинской помощью [27, 36]. Однако в ряде работ приводятся более высокие значения – от 6,6 до 10 % [19, 55]. Этот показатель выше в развивающихся странах, где население, в отличие от государств с высоким уровнем жизни, мало знакомо с техникой безопасности при использовании электроэнергии как в быту, так и на производстве и в сельском хозяйстве [45, 48].

В Бангладеш за период с января по декабрь 2003 г. была изучена группа из 1999 граждан, обратившихся за медицинской помощью в связи с получением ожогов различной этиологии [34]. Из них в 31 % наблюдений были поражения электрическим током (причем в 42 % случаев они стали причиной гибели пострадавших), 26 % – пламенем, 24 % – горячей жидкостью, 16 % – от контакта с горячим предметом, 2 % – обусловлены воздействием химических соединений и менее 1 % – произошли в результате подрыва взрывчатых веществ. Авторы подсчитали, что ежегодно в результате термической травмы, в том числе и электроожогов, в стране погибают более 5600 человек. При 150 млн населения данный показатель составляет 3,97 на 100 тыс. человек в год.

Типичную медицинскую характеристику обсуждаемого контингента больных в своей работе представил коллектив авторов под руководством B. Al (2006). Они изучили истории болезней 165 пострадавших (126 мужчин и 39 женщин), поступивших с электротравмами различной степени тяжести в отделение Emergency Medicine, Medicine Faculty of Dicle University, Diyarbakir, Турция, в период с января 2003 г. по апрель 2004 г. Их средний возраст

составил 21,1 года (диапазон от 2,5 до 62 лет). Причем 60 (36,4 %) больных были детьми в возрасте до 12 лет. Подростков и взрослых было больше – 95 (57,6 %) и 10 (6 %) – относились к пожилым людям, старше 65 лет.

Под воздействие электрического тока в 99 (60 %) наблюдениях люди попали вследствие различных аварийных ситуаций как в быту, так и на производстве. Кроме того, у 66 (40 %) детей и подростков травма стала результатом беспечности и недостаточного контроля за поведением детей со стороны их родителей. Анализ механизмов травмы показал, что в 69 (41,8 %) случаях происходил контакт тела человека с источниками высокого напряжения и 96 (58,2 %) – низкого. Как считают А. Rai и соавт. (2013), большинство механизмов, приводящих к электротравмам и электроожогам, легко предотвратить, но они все же происходят из-за отсутствия или недостаточной осведомленности среди детей и их опекунов. При первичном осмотре у 16 пациентов диагностированы, преимущественно, ожоги I, у 96 – II и 86 – III степени.

В ходе лечения некротомические разрезы выполнены у 10 пациентов, фасциотомии – у 16 и ампутация сегментов конечностей – у 9. 2 из 5 пострадавших с подозрением на внутреннее кровотечение потребовалось выполнение лечебно-диагностической лапаротомии. 80 % смертей были вызваны воздействием тока высокого напряжения свыше 1000 Вт.

После завершения этапа стационарного лечения проведенное динамическое наблюдение за состоянием здоровья в исследуемой группе позволило авторам получить любопытные сведения. Так, большинство пациентов длительное время предъявляли жалобы на неврологические (92,5 %), психологические (90,0 %) симптомы, а также на проблемы, связанные с работой опорно-двигательного аппарата (72,5 %). Причем, указанная симптоматика беспокоила людей, в среднем, 303,7 сут после травмы. Это сказывалось не только на снижении качества жизни, но и создавало трудности для возвращения человека к трудовой деятельности.

Более подробную медицинскую характеристику 52 пострадавших от электроожогов детей младше 14 лет привели в своей работе индийские специалисты А. Imran и соавт. (2013). Большинство травм произошли у пациентов в возрасте от 4 до 7 лет. Из них 67 % были мальчиками и 33 % – девочками. Соотношение полов составило 2,1 : 1,0. Большинство травм (51 %) произошли в светлое время суток –

между 12 и 18 часами. Их механизмами стали: попытки укунуть или перекусить электрический шнур (n = 8), засунуть инородный предмет в электрическую розетку (n = 7), контакт с оголенным участком провода низкого напряжения или бытового прибора в помещении (n = 18), с высоковольтным проводом на открытом воздухе (n = 17), например, во время полета воздушного змея (n = 3). Локализация ожоговых ран была разнообразной. Однако в 30 % наблюдений страдал кожный покров туловища и верхних конечностей. Хирургические вмешательства, включая различные варианты оперативного восстановления кожного покрова (n = 18) и ампутации сегментов конечностей (n = 4), были выполнены 22 пациентам. 3 детей с высоковольтными ожогами спасти не удалось.

Было бы неверным утверждать, что электротравма является неотъемлемой чертой стран с низким и средним уровнем доходов населения – основной ее причиной является низкий уровень знаний населения по технике безопасности при обращении с электрическим током.

Например, за период с 2000 по 2005 г. 2548 пациентов были госпитализированы в University of North Carolina Jaycee Burn Center, США [11]. В этой группе 115 больных поступили с поражениями электрическим током, из них мужчин – 110, женщин – 5. Средний возраст – 35 лет (диапазон – 1–65 лет). Причиной электрической травмы становились контакты с источниками высокого напряжения – 60, низкое напряжение – 25, ожоги вспышкой вольтовой дуги – 29 и молнией – в 1 случае соответственно. В среднем, общая площадь ожоговых ран составила 8 % (диапазон 0–52 %) поверхности тела. В большинстве случаев (n = 85) контакт с источником электричества происходил на рабочем месте. В своей работе авторы подчеркнули, что пациенты, получившие травму током высокого напряжения, имели значительно большие по площади ожоги кожного покрова, им чаще выполняли фасциотомии, декомпрессию нервов, ампутации сегментов конечностей, чем у группы лиц, получивших низковольтные поражения. Кроме того, в первой группе диагностировали 4 случая развития острой почечной недостаточности и 2 – летальных исхода. Несмотря на эти различия, в обеих группах выявлены схожие показатели развития отсроченных психоневрологических осложнений и ограничений к возвращению на работу.

В 2013 г. E. Clouatre и соавт. из Faculty of Medicine, University of Toronto, Канада сообщили, что в Канаде за период с 2001 до 2010 г.

ожоги на производстве получили и были в дальнейшем госпитализированы в областной ожоговый центр провинции Онтарио 1427 человек. Средний возраст пациентов составил (40,5 ± 11,9) года. Подавляющее большинство из них были лицами мужского пола (95 %). Наиболее распространенными этиологическими факторами являлись поражения пламенем (32,7 %) и электрическим током (27 %). В среднем, при первичном осмотре были диагностированы ожоги на площади (11,9 ± 16,2) % поверхности тела.

Т.А. Fordyce и соавт. (2007) изучили структуру термических повреждений у сотрудников американских коммунальных служб. В группу риска вошли: сварщики, строительные рабочие, электрики, монтеры, механики, разнорабочие. В ходе исследования были изучены несколько крупных баз данных, включая базу данных по охране труда Научно-исследовательского института электроэнергетики (EPRI) и базу данных безопасности трудовой деятельности (OHSD) за период 1995–2004 гг. За указанный период ожоги различной этиологии получили 872 человека. Это составило лишь 3,7 % от общего числа травм, полученных специалистами коммунальных служб. Но вот расходы на лечение составили уже 13 % от общей суммы выплат страховых компаний.

Кроме того, авторы установили, что среди этиологических факторов преобладали – 399 (45,8 %) поражений электрическим током, чуть меньше – 345 (39,6 %) – воздействия высоких температур и воздействия химических соединений – 51 (5,8 %). За исследуемый период скончались 24 пострадавших, причем в 7 случаях – в группе с электроожогами.

Исследования зарубежных ученых показывают, что смертность от электрической травмы в начале XXI в. варьирует от 0 до 25 % в зависимости от тяжести поражения [31].

### Заключение

Таким образом, поражения электрическим током сопровождаются развитием разнородных патологических процессов. Они приводят к развитию как местных, так и общих изменений структуры органов и тканей, а в наиболее тяжелых случаях – полиорганной недостаточности и смерти пострадавшего. Любое место, где живет и работает человек, проводят время члены его семьи, может стать местом опасности. «Человеческий фактор», пренебрежение элементарной техникой безопасности, слабый контроль за поведением детей со стороны родителей являются причинами ежегодной

госпитализации в стационары большого числа пострадавших. Их лечение, продолжительное по времени, зачастую требует привлечения мультидисциплинарной команды специалистов, выполнения технически сложных оперативных вмешательств. Однако, несмотря на затраченные усилия, не всегда удается полностью восстановить человеку здоровье, а в наиболее тяжелых случаях – жизнь.

### Литература

1. Abbas A.D., Dabkana T.M., Tahir C. [et al.]. High-tension electrical burns: Report of two cases // *Ann. Burns Fire Disasters*. – 2009. – Vol. 22, N 3. – P. 160–162.
2. Adukauskienė D., Vizgirdaitė V., Mazeikiene S. Electrical injuries // *Medicina (Kaunas)*. – 2007. – Vol. 43, N 3. – P. 259–266.
3. Aggarwal S., Maitz P., Kennedy P. Electrical flash burns due to switchboard explosions in New South Wales—a 9-year experience // *Burns*. – 2011. – Vol. 37, N 6. – P. 1038–1043.
4. Al B., Aldemir M., Güloğlu C. [et al.]. Epidemiological characteristics of electrical injuries of patients applied to the emergency department // *Ulus Travma Acil. Cerrahi. Derg.* – 2006. – Vol. 12, N 2. – P. 135–142.
5. Amber E., Ritenour, Melinda J., Morton, John G. [et al.]. Cancioe Lightning injury: A review // *Burns*. – 2008. – Vol. 34, N 5. – P. 585–594.
6. Bae E.J., Hong I.H., Park S.P. [et al.]. Overview of ocular complications in patients with electrical burns: an analysis of 102 cases across a 7-year period // *Burns*. – 2013. – Vol. 39, N 7. – P. 1380–1385.
7. Bailey S.L. Electrical injuries. Considerations for the perioperative nurse // *AORN J.* – 1989. – Vol. 49, N 3. – P. 773–787.
8. Blumenthal R. Lightning fatalities on the South African Highveld: a retrospective descriptive study for the period 1997 to 2000 // *Am. J. Forensic. Med. Pathol.* – 2005. – Vol. 26, N 1. – P. 66–69.
9. Chaudhry T.A., Shaikh F., Ahmad K. Healing of cornea following an electric burn // *J. Coll. Physicians Surg. Pak.* – 2012. – Vol. 22, N 8. – P. 533–535.
10. Chuang S.S., Yu C.C. Delayed obturator artery rupture: A complication of high-voltage electrical injury // *Burns*. – 2003. – Vol. 29, N 4. – P. 395–398.
11. Chudasama S., Goverman J., Donaldson J.H. [et al.]. Does voltage predict return to work and neuropsychiatric sequelae following electrical burn injury? // *Ann. Plast. Surg.* – 2010. – Vol. 64, N 5. – P. 522–525.
12. Clouatre E., Gomez M., Banfield J.M. [et al.]. Work-related burn injuries in Ontario, Canada: A follow-up 10-year retrospective study // *Burns*. – 2013. – Vol. 39, N 6. – P. 1091–1095.
13. Ekere A.U. The scope of extremity amputations in a private hospital in the south-south region of Nigeria // *Niger J. Med.* – 2003. – Vol. 12, N 4. – P. 225–228.
14. Esses S.I., Peters W.J. Electrical burns; pathophysiology and complications // *Can. J. Surg.* – 1981. – Vol. 24, N 1. – P. 11–14.

15. Fish R. Electric shock, Part I: Physics and pathophysiology // *J. Emerg. Med.* – 1993. – Vol. 11, N 3. – P. 309–312.
16. Fish R. Electric shock, Part II: Nature and mechanisms of injury // *J. Emerg. Med.* – 1993. – Vol. 11, N 4. – P. 457–462.
17. Fontanarosa P. B. Electrical shock and lightning strike // *Ann. Emerg. Med.* – 1993. – Vol. 22, N 2. – P. 378–387.
18. Fordyce T.A., Kelsh M., Lu E.T. [et al.]. Thermal burn and electrical injuries among electric utility workers, 1995–2004 // *Burns.* – 2007. – Vol. 33, N 2. – P. 209–220.
19. Ghanimé G., Rizkallah N., Said J.M. Epidemiology of major burns at the Lebanese Burn Center in Geitawi, Lebanon // *Ann. Burns Fire Disasters.* – 2013. – Vol. 26, N 2. – P. 59–62.
20. Groscurin O., Marti C., Niquille M. Electrical injuries // *Rev. Med. Suisse.* – 2011. – Vol. 7, N 305. – P. 1569–1573.
21. Gündüz T., Elçiöğlü O., Cetin C. Intensity and localization of trauma in non-fatal electrical injuries // *Ulus Travma Acil. Cerrahi. Derg.* – 2010. – Vol. 16, N 3. – P. 237–240.
22. Huss A., Vermeulen R., Bowman J.D. [et al.]. Electric shocks at work in Europe: development of a job exposure matrix // *Occup. Environ. Med.* – 2013. – Vol. 70, N 4. – P. 261–267.
23. Imran A., Sohaib A., Ehsan R. [et al.]. Electrical burns in children: An experience // *Indian J. Burns.* – 2012. – Vol. 20, N 1. – P. 30–35.
24. Jayesh S., Shaikh M.F., Suri M. [et al.]. Electrical Burns: A two year study // *Indian J. Burns.* – 2008. – Vol. 16, N 1. – P. 19–23.
25. Klein N.B., Thorne C.H., Beasley R.W. [et al.]. Thermal chemical and electrical injuries // *Grabb and Smith's Plastic Surgery.* – 2007. – P. 139–149.
26. Koumbourlis A.C. Electrical injuries // *Crit. Care Med.* – 2002. – Vol. 30, N 11. – P. 424–430.
27. Kumar S., Ali W., Verma A. K. [et al.]. Epidemiology and mortality of burns in the Lucknow Region, India – a 5 year study // *Burns.* – 2013. – Vol. 39, N 8. – P. 1599–1605.
28. Lederer W., Kroesen G. Emergency treatment of injuries following lightning and electrical accidents // *Anaesthesist.* – 2005. – Vol. 54, N 11. – P. 1120–1129.
29. Lee R. C., Zhang D., Hannig J. Biophysical injury mechanisms in electrical shock trauma // *Annu. Rev. Biomed. Eng.* – 2000. – Vol. – P. 477–509.
30. Li Y.Y., Min L., Huang J. [et al.]. Successful treatment of a case of severe electrical burns with heart and lung injuries // *J. Burn Care Res.* – 2007. – Vol. 28, N 5. – P. 762–766.
31. Luz D.P., Millan L.S., Alessi M.S. [et al.]. Electrical burns: a retrospective analysis across a 5-year period // *Burns.* – 2009. – Vol. 35, N 7. – P. 1015–1019.
32. Mangelsdorff G., García-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, N 2. – P. 177–181.
33. Martinez J.A., Nguyen T. Nigerian electrical injuries // *South. Med. J.* – 2000. – Vol. 93, N 12. – P. 1165–1168.
34. Mashreky S.R., Rahman F., Rahman A. [et al.]. Burn injury in Bangladesh: electrical injury a major contributor // *Int. J. Burns Trauma.* – 2011. – Vol. 1, N 1. – P. 62–67.
35. Mathangi Ramakrishnan K., Babu M., Mathivanan Ramachandran B. [et al.]. High voltage electrical burn injuries in teenage children: case studies with similarities (an Indian perspective) // *Ann. Burns Fire Disasters.* – 2013. – Vol. 26, N 3. – P. 121–125.
36. Mirmohammadi S.J., Mehrparvar A.H., Kazemeini K. [et al.]. Epidemiologic characteristics of occupational burns in Yazd, Iran // *Int. J. Prev. Med.* – 2013. – Vol. 4, N 6. – P. 723–727.
37. Mistovich J.J., Krost W., Limmer D.D. Beyond the basics: lightning-strike injuries // *EMS Mag.* – 2008. – Vol. 37, N 3. – P. 82–87.
38. Muehlberger T., Krettek C., Vogt P.M. Electric accident // New aspects regarding pathophysiology and treatment *Unfallchirurg.* – 2001. – Vol. 104, N 12. – P. 1122–1128.
39. Ogilvie M.P., Panthaki Z.J. Electrical burns of the upper extremity in the pediatric population // *J. Craniofac. Surg.* – 2008. – Vol. 19, N 4. – P. 1040–1046.
40. O'Keefe Gatewood M., Zane R.D. Lightning injuries // *Emerg. Med. Clin. North Am.* – 2004. – Vol. 22, N 2. – P. 369–403.
41. Onyenirionwu E., Agu A., Abali I. Electrical injuries: Case series presentation // *J. Med. Investig. Pract.* – 2014. – Vol. 3, N 2. – P. 93–94.
42. Opara K.O., Chukwuanukwu T.O., Ogbonaya I.S. [et al.]. Pattern of severe electrical injuries in a regional burn centre // *Niger. J. Clin. Pract.* – 2006. – Vol. 9, N 2. – P. 124–127.
43. Pham T.N., Gibran N.S. Thermal and electrical injuries // *Surg. Clin. North. Am.* – 2007. – Vol. 87, N 1. – P. 185–206.
44. Rai A., Khalil S., Batra P. [et al.]. Electrical injuries in urban children in New Delhi // *Pediatr. Emerg. Care.* – 2013. – Vol. 29, N 3. – P. 342–345.
45. Reyaz A.K., Adil H.W., Mohammad A.D. [et al.]. Involvement of head and neck in high voltage injuries: A study from Himalayan valley // *Indian J. Burns.* – 2013. – Vol. 21, N 1. – P. 67–70.
46. Roberts S., Meltzer J.A. An evidence-based approach to electrical injuries in children // *Pediatr. Emerg. Med. Pract.* – 2013. – Vol. 10, N 9. – P. 1–16.
47. Salehi S.H., Fatemi M.J., Aşadi K. [et al.]. Electrical injury in construction workers: a special focus on injury with electrical power // *Burns.* – 2014. – Vol. 40, N 2. – P. 300–304.
48. Sanford A., Gamelli R.L. Lightning and thermal injuries // *Handb. Clin. Neurol.* – 2014. – Vol. 120, N 2. – P. 981–986.
49. Saracoglu A., Kuzucuoglu T., Yakupoglu S. [et al.]. Prognostic factors in electrical burns: a review of 101 patients // *Burns.* – 2014. – Vol. 40, N 4. – P. 702–707.
50. Shupp J.W., Moffatt L.T., Nguyen T. [et al.]. Examination of local and systemic in vivo responses to electrical injury using an electrical burn delivery system // *J. Burn Care Res.* – 2012. – Vol. 33, N 1. – P. 118–129.
51. Singerman J., Gomez M., Fish J.S. Long-term sequelae of low-voltage electrical injury // *J. Burn Care Res.* – 2008. – Vol. 29, N 5. – P. 773–777.

52. Struck M. F., Steen M. Electrical shock, burns, and near drowning: unhappy triad in accidental powerline fishing // *J. Burn Care Res.* – 2009. – Vol. 30, N 3. – P. 542.

53. Sun C.F., Lv X.X., Li Y.J. [et al.]. Epidemiological studies of electrical injuries in Shaanxi province of China: a retrospective report of 383 cases // *Burns.* – 2012. – Vol. 38, N 4. – P. 568–572.

54. Thomson E.M., Howard T.M. Lightning injuries in sports and recreation // *Curr. Sports Med. Rep.* – 2013. – Vol. 12, N 2. – P. 120–122.

55. Tomkins K.L., Holland A.J. Electrical burn injuries in children // *J. Pediatric. Child. Health.* – 2008. – Vol. 44, N 12. – P. 727–730.

56. Wang F., Chen X.L., Wang Y.J. [et al.]. Electrical burns in Chinese fishermen using graphite rods under high-voltage cables // *J. Burn Care Res.* – 2007. – Vol. 28, N 6. – P. 897–904.

57. Yeroshalmi F., Sidoti E.J. Jr., Adamo A.K. [et al.]. Oral electrical burns in children—a model of multidisciplinary care // *J. Burn Care Res.* – 2011. – Vol. 32, N 2. – P. 25–30.

Mediko-biologicheskie i sotsial'no-psikhologicheskie problemy bezopasnosti v chrezvychaynykh situatsiyakh [Medical-Biological and Socio-Psychological Problems of Safety in Emergency Situations]. 2014. N 4. P. 26–33.

**Sokolov V.A., Petrachkov S.A., Stepanenko A.A., Admakin A.L.** Epidemiologiya porazhenii elektricheskim tokom: elektrotravma i elektroozhogi (obzor inostrannykh publikatsii) [Epidemiology of electric shock: electrical accidents and electrical burns (review of foreign publications)]

Kirov Military Medical Academy (Russia, 194044, Saint-Petersburg, Academica Lebedeva Str., 6)

Sokolov Vladimir Andreevich – PhD Med. Sci., senior lecturer, assistant, Thermal Lesions Department, Kirov Military Medical Academy (Russia, 194044, St. Petersburg, Academica Lebedeva Str., 6);

Stepanenko Aleksandr Aleksandrovich – PhD Med. Sci., Head, Thermal Lesions Department, Kirov Military Medical Academy (Russia, 194044, St. Petersburg, Academica Lebedeva Str., 6);

Petrachkov Sergey Anatolevich – PhD Med. Sci., teacher, Thermal Lesions Department, Kirov Military Medical Academy (Russia, 194044, St. Petersburg, Academician Lebedeva Str., 6);

Admakin Aleksandr Leonidovich – PhD Med. Sci., senior teacher, Thermal Lesions Department, Kirov Military Medical Academy (Russia, 194044, St. Petersburg, Academica Lebedeva Str., 6); e-mail: admakin@yandex.ru

**Abstract.** Effects of electric current on human beings can lead to local and general changes in tissues and organs, and in the most severe cases – to fatal outcome. The review describes the pathological processes developing as a result of electric current. Types of lesions are discussed. The data on the epidemiology of electric shock are provided along with its circumstances at home and at work in both developing and developed countries. The differences in clinical symptoms between high voltage and low voltage trauma, as well as electrical and high temperature agent exposure are shown. Risk factors in children are identified. Mortality after this type of injury is described.

**Keywords:** disaster medicine, burn, electric shock, type and mechanism of injury, epidemiology and statistics of lesions, mortality.

#### References

1. Abbas A.D., Dabkana T.M., Tahir C. [et al.]. High-tension electrical burns: Report of two cases. *Ann. Burns Fire Disasters.* 2009. Vol. 22, N 3. P. 160–162.

2. Adukauskienė D., Vizgirdaitė V., Mazeikiene S. Electrical injuries. *Medicina (Kaunas).* 2007. Vol. 43, N 3. P. 259–266.

3. Aggarwal S., Maitz P., Kennedy P. Electrical flash burns due to switchboard explosions in New South Wales—a 9-year experience. *Burns.* 2011. Vol. 37, N 6. P. 1038–1043.

4. Al B., Aldemir M., Güloğlu C. [et al.]. Epidemiological characteristics of electrical injuries of patients applied to the emergency department. *Ulus Travma Acil. Cerrahi. Derg.* 2006. Vol. 12, N 2. P. 135–142.

5. Amber E., Ritenour, Melinda J. Morton, John G. [et al.] Cancioe Lightning injury: A review. *Burns.* 2008. Vol. 34, N 5. P. 585–594.

6. Bae E.J., Hong I.H., Park S.P. [et al.]. Overview of ocular complications in patients with electrical burns: an analysis of 102 cases across a 7-year period. *Burns.* 2013. Vol. 39, N 7. P. 1380–1385.

7. Bailey S.L. Electrical injuries. Considerations for the perioperative nurse. *AORN J.* 1989. Vol. 49, N 3. P. 773–787.

8. Blumenthal R. Lightning fatalities on the South African Highveld: a retrospective descriptive study for the period 1997 to 2000. *Am. J. Forensic. Med. Pathol.* 2005. Vol. 26, N 1. P. 66–69.

9. Chaudhry T.A., Shaikh F., Ahmad K. Healing of cornea following an electric burn. *J. Coll. Physicians Surg. Pak.* 2012. Vol. 22, N 8. P. 533–535.

10. Chuang S.S., Yu C.C. Delayed obturator artery rupture: A complication of high-voltage electrical injury. *Burns.* 2003. Vol. 29, N 4. P. 395–398.

11. Chudasama S., Goverman J., Donaldson J.H. [et al.]. Does voltage predict return to work and neuropsychiatric sequelae following electrical burn injury? *Ann. Plast. Surg.* 2010. Vol. 64, N 5. P. 522–525.

12. Clouatre E., Gomez M., Banfield J.M. [et al.]. Work-related burn injuries in Ontario, Canada: A follow-up 10-year retrospective study. *Burns.* 2013. Vol. 39, N 6. P. 1091–1095.

13. Ekere A.U. The scope of extremity amputations in a private hospital in the south-south region of Nigeria. *Niger. J. Med.* 2003. Vol. 12, N 4. P. 225–228.

14. Esses S.I., Peters W.J. Electrical burns; pathophysiology and complications. *Can. J. Surg.* 1981. Vol. 24, N 1. P. 11–14.

15. Fish R. Electric shock, Part I: Physics and pathophysiology. *J. Emerg. Med.* 1993. Vol. 11, N 3. P. 309–312.

16. Fish R. Electric shock, Part II: Nature and mechanisms of injury. *J. Emerg. Med.* 1993. Vol. 11, N 4. P. 457–462.

17. Fontanarosa P. B. Electrical shock and lightning strike. *Ann. Emerg. Med.* 1993. Vol. 22, N 2. P. 378–387.

18. Fordyce T.A., Kelsh M., Lu E.T. [et al.]. Thermal burn and electrical injuries among electric utility workers, 1995–2004. *Burns.* 2007. Vol. 33, N 2. P. 209–220.

19. Ghanimé G., Rizkallah N., Said J.M. Epidemiology of major burns at the Lebanese Burn Center in Geitawi, Lebanon. *Ann. Burns Fire Disasters*. 2013. Vol. 26, N 2. P. 59–62.
20. Grosgrin O., Marti C., Niquille M. Electrical injuries. *Rev. Med.Suisse*. 2011. Vol. 7, N 305. P. 1569–1573.
21. Gündüz T., Elçioğlu O., Cetin C. Intensity and localization of trauma in non-fatal electrical injuries. *Ulus Travma Acil. Cerrahi. Derg.* 2010. Vol. 16, N 3. P. 237–240.
22. Huss A., Vermeulen R., Bowman J.D. [et al.]. Electric shocks at work in Europe: development of a job exposure matrix. *Occup. Environ. Med.* 2013. Vol. 70, N 4. P. 261–267.
23. Imran A., Sohaib A., Ehsan R. [et al.]. Electrical burns in children: An experience. *Indian J. Burns*. 2012. Vol. 20, N 1. P. 30–35.
24. Jayesh S., Shaikh M.F., Suri M. [et al.]. Electrical Burns: A two year study. *Indian J. Burns*. 2008. Vol. 16, N 1. P. 19–23.
25. Klein N.B., Thorne C.H., Beasley R.W. [et al.]. Thermal chemical and electrical injuries. *Grabb and Smith's Plastic Surgery*. 2007. P. 139–149.
26. Koumbourlis A.C. Electrical injuries // *Crit. Care Med.* – 2002. – Vol. 30, N 11. – P. 424–430.
27. Kumar S., Ali W., Verma A. K. [et al.]. Epidemiology and mortality of burns in the Lucknow Region, India – a 5 year study. *Burns*. 2013. Vol. 39, N 8. P. 1599–1605.
28. Lederer W., Kroesen G. Emergency treatment of injuries following lightning and electrical accidents. *Anaesthetist*. 2005. Vol. 54, N 11. P. 1120–1129.
29. Lee R. C., Zhang D., Hannig J. Biophysical injury mechanisms in electrical shock trauma. *Annu. Rev. Biomed. Eng.* 2000. Vol. P. 477–509.
30. Li Y.Y., Min L., Huang J. [et al.]. Successful treatment of a case of severe electrical burns with heart and lung injuries. *J. Burn Care Res*. 2007. Vol. 28, N 5. P. 762–766.
31. Luz D.P., Millan L.S., Alessi M.S. [et al.]. Electrical burns: a retrospective analysis across a 5-year period. *Burns*. 2009. Vol. 35, N 7. P. 1015–1019.
32. Mangelsdorff G., García-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, N 2. P. 177–181.
33. Martinez J.A., Nguyen T. Nigerian electrical injuries // *South. Med. J.* – 2000. – Vol. 93, N 12. – P. 1165–1168.
34. Mashreky S.R., Rahman F., Rahman A. [et al.]. Burn injury in Bangladesh: electrical injury a major contributor. *Int. J. Burns Trauma*. 2011. Vol. 1, N 1. P. 62–67.
35. Mathangi Ramakrishnan K., Babu M., Mathivanan Ramachandran B. [et al.]. High voltage electrical burn injuries in teenage children: case studies with similarities (an Indian perspective). *Ann. Burns Fire Disasters*. 2013. Vol. 26, N 3. P. 121–125.
36. Mirmohammadi S.J., Mehrparvar A.H., Kazemeini K. [et al.]. Epidemiologic characteristics of occupational burns in Yazd, Iran. *Int. J. Prev. Med.* 2013. Vol. 4, N 6. P. 723–727.
37. Mistovich J.J., Krost W., Limmer D.D. Beyond the basics: lightning-strike injuries. *EMS Mag*. 2008. Vol. 37, N 3. P. 82–87.
38. Muehlberger T., Krettek C., Vogt P.M. Electric accident. *New aspects regarding pathophysiology and treatment Unfallchirurg*. 2001. Vol. 104, N 12. P. 1122–1128.
39. Ogilvie M.P., Panthaki Z.J. Electrical burns of the upper extremity in the pediatric population. *J. Craniofac. Surg*. 2008. Vol. 19, N 4. P. 1040–1046.
40. O'Keefe Gatewood M., Zane R.D. Lightning injuries. *Emerg. Med. Clin. North Am.* 2004. Vol. 22, N 2. P. 369–403.
41. Onyenirionwu E., Agu A., Abali I. Electrical injuries: Case series presentation. *J. Med. Investig. Pract.* 2014. Vol. 3, N 2. P. 93–94.
42. Opara K.O., Chukwuanukwu T.O., Ogbonnaya I.S. [et al.]. Pattern of severe electrical injuries in a regional burn centre. *Niger. J. Clin. Pract.* 2006. Vol. 9, N 2. P. 124–127.
43. Pham T.N., Gibran N.S. Thermal and electrical injuries. *Surg. Clin. North. Am.* 2007. Vol. 87, N 1. P. 185–206.
44. Rai A., Khalil S., Batra P. [et al.]. Electrical injuries in urban children in New Delhi. *Pediatr. Emerg. Care*. 2013. Vol. 29, N 3. P. 342–345.
45. Reyaz A.K., Adil H.W., Mohammad A.D. [et al.]. Involvement of head and neck in high voltage injuries: A study from Himalayan valley. *Indian J. Burns*. 2013. Vol. 21, N 1. P. 67–70.
46. Roberts S., Meltzer J.A. An evidence-based approach to electrical injuries in children. *Pediatr. Emerg. Med. Pract.* 2013. Vol. 10, N 9. P. 1–16.
47. Salehi S.H., Fatemi M.J., Asadi K. [et al.]. Electrical injury in construction workers: a special focus on injury with electrical power. *Burns*. 2014. Vol. 40, N 2. P. 300–304.
48. Sanford A., Gamelli R.L. Lightning and thermal injuries. *Handb. Clin. Neurol.* 2014. Vol. 120, N 2. P. 981–986.
49. Saracoglu A., Kuzucuoglu T., Yakupoglu S. [et al.]. Prognostic factors in electrical burns: a review of 101 patients. *Burns*. 2014. Vol. 40, N 4. P. 702–707.
50. Shupp J.W., Moffatt L.T., Nguyen T. [et al.]. Examination of local and systemic in vivo responses to electrical injury using an electrical burn delivery system. *J. Burn Care Res*. 2012. Vol. 33, N 1. P. 118–129.
51. Singerman J., Gomez M., Fish J.S. Long-term sequelae of low-voltage electrical injury. *J. Burn Care Res*. 2008. Vol. 29, N 5. P. 773–777.
52. Struck M. F., Steen M. Electrical shock, burns, and near drowning: unhappy triad in accidental powerline fishing. *J. Burn Care Res*. 2009. Vol. 30, N 3. P. 542.
53. Sun C.F., Lv X.X., Li Y.J. [et al.]. Epidemiological studies of electrical injuries in Shaanxi province of China: a retrospective report of 383 cases. *Burns*. 2012. Vol. 38, N 4. P. 568–572.
54. Thomson E.M., Howard T.M. Lightning injuries in sports and recreation. *Curr. Sports Med. Rep.* 2013. Vol. 12, N 2. P. 120–122.
55. Tomkins K.L., Holland A.J. Electrical burn injuries in children. *J. Pediatric. Child. Health*. 2008. Vol. 44, N 12. P. 727–730.
56. Wang F., Chen X.L., Wang Y.J. [et al.]. Electrical burns in Chinese fishermen using graphite rods under high-voltage cables. *J. Burn Care Res*. 2007. Vol. 28, N 6. P. 897–904.
57. Yeroshalmi F., Sidoti E.J. Jr., Adamo A.K. [et al.]. Oral electrical burns in children-a model of multidisciplinary care. *J. Burn Care Res*. 2011. Vol. 32, N 2. P. 25–30.

Received 21.09.2014