

ПОРАЖЕНИЕ МОЛНИЕЙ

LIGHTNING INJURY

Березуцкий В.И. Berezutsky V.I.

ГУ Днепропетровская медицинская академия,
г. Днепропетровск, Украина

Dnepropetrovsk Medical Academy,
Dnepropetrovsk, Ukraine

Целью исследования является анализ научной литературы, отражающей проблемы патогенеза, диагностики и лечения поражения молнией.

Материал исследования. Научные публикации по вопросам поражения атмосферным электричеством за 2012–2017 годы.

Выводы. Удар молнии вызывает мультисистемное поражение организма человека за счет сочетания нескольких повреждающих факторов. Прямой или опосредованный разряд электричества высокого напряжения вызывает органические и функциональные изменения органов нервной и сердечно-сосудистой систем. Вследствие высвобождения большого количества тепловой энергии возникает высокая температура, вызывающая ожоги, и ударная волна, приводящая к механическим повреждениям костно-мышечной системы и внутренних органов.

Ключевые слова: удар молнии; поражение атмосферным электричеством.

Objective – to analyze the scientific literature reflecting the problems of pathogenesis, diagnosis and treatment of lightning injuries.

Materials and methods. The scientific publications regarding the issues of damages caused by atmospheric electricity for 2012–2017.

Conclusion. A lightning stroke causes the multisystem damage of the human body due to a combination of several damaging factors. Direct or indirect discharge of high voltage electricity causes organic and functional changes in the organs of the nervous and cardiovascular systems. Due to discharge of the large amount of thermal energy, the arising high temperature causes the burns and a shock wave leading to mechanical damages of the musculoskeletal system and the internal organs.

Key words: lighting stroke; atmospheric electricity injury.

Статистика исходов в результате поражения молнией свидетельствует о том, что ежегодно на планете погибает от удара молнией от 6 000 до 24 000 человек, в 10 раз больше людей получает приводящие к инвалидизации травмы. В развивающихся странах уровень летальности при поражении атмосферным электричеством не меняется на протяжении последнего столетия и колеблется от 30 до 50 %, в Бангладеш только за два дня в мае 2016 года от молнии погибло 64 человека [1]. В развитых странах смертность от молнии колеблется от 10 до 25 % и неуклонно снижается благодаря техническим средствам защиты от поражения молнией, росту осведомленности населения и совершенствованию специализированной медицинской помощи [2]. Например, в Германии из 12 000 случаев поражения молнией фатально закончились 24,6 % [3].

Многолетние исследования зависимости грозовой активности от изменений климата позволили сделать прогноз об увеличении количества случаев поражения молнией на фоне глобального потепления [4]. Высокая смертность и частые тяжелые осложнения по-

ражения атмосферным электричеством могут быть снижены за счет своевременных целенаправленных действий специалистов, занимающихся лечением пострадавших: реаниматологов, невропатологов, кардиологов. Эффективность этих действий во многом зависит от знания особенностей патогенеза, клинических проявлений, диагностики и лечения поражений, возникающих в результате удара молнией. Все это определяет высокую актуальность сбора, обобщения, анализа и популяризации опыта ведения пациентов с поражением молнией.

Целью исследования является анализ научной литературы, отражающей проблемы патогенеза, диагностики и лечения поражения молнией.

Для глубокого понимания патогенеза изменений, возникающих в организме человека вследствие поражения атмосферным электричеством, необходимо представление о физических свойствах молнии. Хотя молния — одно из самых известных явлений природы, она остается относительно плохо изученной. Даже вопрос о том, как начинается молния внутри грозовых облаков и как она распространяется на многие десятки километров, только

недавно получил научное объяснение. Изучение молнии и связанных с ней явлений происходит при синтетическом взаимодействии многих разделов физики: от физики атмосферы до физики плазмы, до квантовой электродинамики. Известно, что разряд молнии распространяется по термоионизованному каналу высокой проводимости (так называемый лидер молнии), состоящему из совокупности последовательных потоков электрических разрядов (так называемые стримеры). Стримеры сдвинуты один по отношению к другому во времени и пространстве. В результате перемещения электронов вдоль последовательно развивающихся стримеров канал лидера разогревается до нескольких тысяч градусов, благодаря чему искровой разряд перемещается на огромные расстояния между грозовыми облаками и Землей. В момент удара молнии в землю образуется обратный лидер, направленный снизу вверх. Он длится сотые доли секунды, характеризуется скоростью до 100 000 километров в секунду, создает силу тока до нескольких тысяч ампер и температуру до 30 000 °C [5]. В итоге сочетание высокой скорости, огромной силы тока высокого напряжения и

высокой температуры опосредуется шестью механизмами поражения, особенности комбинации которых определяют вид и тяжесть полученных повреждений в каждом конкретном случае.

Первый механизм поражения — прямой удар молнии — имеет место при непосредственном контакте пострадавшего с атмосферным электричеством на открытой местности. На его долю приходится не более 5 % всех случаев удара молнией. При этом варианте поражения исход нередко бывает фатальным, поскольку пострадавший получает максимальный разряд электричества [6]. Даже если прямой удар молнии не поражает жизненно важные органы, он обладает мощным разрушительным действием. Впечатляет случай разрыва металлического эндопротеза бедренного сустава в области шейки после прямого удара молнией. Примечательно, что этот перелом был единственным последствием поражения атмосферным электричеством: ни кардиологических, ни неврологических изменений не было выявлено [7].

Второй механизм — контакт с атмосферным электричеством, опосредованный через токопроводящие объекты, когда молния ударяет в предмет, которого человек касается: это может быть водопроводная труба, металлическая ограда или телефонный провод. В этом случае электрический разряд молнии распространяется в теле человека от места входа до основания (земли). Частота таких случаев не превышает 5 %. Описан случай невралгии тройничного нерва, развившейся под воздействием атмосферного электричества, опосредованного через телефонный аппарат: пострадавшая женщина разговаривала по телефону в момент удара молнии в ее дом [8].

Третий механизм поражения — «боковая вспышка» молнии. Этот механизм реализуется, когда ударившая в находящийся рядом с человеком объект молния «перепрыгивает» на него. «Отражателем» атмосферного электричества чаще всего выступает дерево или здание. Электрический разряд делится между двумя или тремя близлежа-

щими объектами в обратной зависимости от их суммарного сопротивления (импеданса). «Вспышка» может «перепрыгивать» с одного человека на другого. Это наиболее часто встречающийся механизм, на его долю приходится 30–35 %. Описан случай типичного поражения «боковой вспышкой» молнии 17-летнего юноши, приведший к остановке сердца и осложнившийся после успешной реанимации развитием обширного инфаркта миокарда с фатальным исходом [9].

Четвертый механизм поражения молнией — «шаговое напряжение». В результате удара молнии в землю она электризуется, разность потенциалов между двумя точками земли, находящимися на расстоянии шага, получила название «шаговое напряжение». Величина «шагового напряжения» при ударе молнии может достигать 1500 В. Чем больше расстояние между ногами человека, тем больше разность потенциалов: наименее опасно положение, когда человек стоит в положении «ноги вместе». Описана преходящая нижняя параплегия после поражения молнией, сопровождавшаяся полной потерей чувствительности и двигательной активности спинного мозга ниже уровня Th12. Ударившая в землю недалеко от пострадавшего мужчины молния дала электрический разряд, который вошел в тело через одну ступню и вышел через другую (что было установлено по электрическим меткам на подошвенных поверхностях стоп) [10].

Пятый механизм — поражение восходящим стримером. Последние считаются низкоэнергетическими по сравнению с основным ударом молнии, однако могут создавать силу тока в несколько сотен ампер. Жертва служит каналом для проведения одного из многих ступенчато понижающихся стримеров обратного лидера. На этот механизм приходится 10–15 % случаев. Описан случай, при котором судебно-медицинская экспертиза методом включения всех остальных пяти механизмов признала причиной смерти воздействие именно «слабого» восходящего стримера [11].

Шестой механизм — тупая травма. Вследствие мгновенного

разогрева воздуха до температуры 30 000 °С образуется ударная волна, которая может вызывать механические повреждения внутренних органов в виде инфаркта миокарда, разрыва легкого или крупных сосудов, разрыва барабанной перепонки, повреждения глаз, перфорации пищевода и кишечника. Человек может быть отброшен ударной волной на большое расстояние. Кроме того, под воздействием электрического тока происходят судорожные сокращения мышц. В результате мгновенного высвобождения большого количества механической и тепловой энергии тело жертвы испытывает непосредственное давление от 200 до 500 кПа, что приводит к разрыву тканей [12]. Описан случай фатального поражения молнией 41-летней женщины, при котором повреждение легкого осложнилось проникновением воздуха в полость средостения [13]. Человек может быть травмирован разлетающимися под действием ударной волны фрагментами разрушенных молнией объектов (например, строительных конструкций). К этому механизму поражения следует отнести случаи смертельного «шрапнельного поражения» кусочками металла [14].

Большинство пострадавших от удара молнии не погибает и обычно имеет очень скудные внешние проявления удара током в месте контакта с атмосферным электричеством в виде ожогов. Однако при этом внешне невидимые повреждения внутренних органов могут быть весьма значительными и разнообразными, особенно при сочетании воздействию нескольких механизмов поражения. Даже минимальный набор поражающих факторов молнии приводит к полиорганной патологии, поскольку электрический ток повреждает все ткани на пути своего прохождения в теле человека. Нервная и сосудистая ткани обладают самой низкой резистентностью в организме человека, что объясняет частое возникновение неврологических и кардиологических осложнений. Непосредственной причиной смерти при ударе молнии чаще всего являются фатальные нарушения сердечно-

го ритма либо поражение головного мозга [15].

Неврологические осложнения развиваются примерно в 85 % случаев ударов молнии. При прохождении электрического тока через нервную ткань происходит изменение проницаемости клеточных мембран, нарушение электрохимического баланса между внутри- и внеклеточными пространствами, а также денатурация белков, что приводит к потенциально необратимому вазогенному отеку. Почти одинаково часто поражаются как головной и спинной мозг, так и периферическая нервная система. Наиболее типичные проявления поражения ЦНС – тетра- и гемиплегии, или тетра- и гемипарезы. Для описания подобной травмы используется специфический термин – «kegaporalysis». Но нарушения могут быть ограничены только расстройствами чувствительности. Последние часто сопровождаются расстройством проприоцепции, проявляющимися в постуральной нестабильности (неспособности поддерживать равновесие). Нарушения двигательной активности чаще обусловлены развитием посттравматической (электрической) миелопатии. Однако причины могут быть и развившиеся под воздействием атмосферного электричества инсульты или инфаркты головного мозга как ишемического, так и геморрагического характера [16]. При повреждении дыхательного центра происходит остановка дыхания, возможны тетанус или длительный паралич дыхательных мышц. Неврологические осложнения могут возникнуть как немедленно, так и в отдаленном периоде.

Рассматриваются две теории отсроченных неврологических поражений вследствие удара молнии: первая основывается на разрушительных эффектах окислительного стресса, вторая – на явлениях электропорации. При неврологических повреждениях сосудистого генеза возникающие в результате окислительного стресса свободные радикалы могут постепенно разрушать клетки эндотелия сосудов спинного мозга, что приводит к гибели спинальных нейронов. Ключевым звеном патогенеза структур-

ного повреждения как сосудистой, так и нервной ткани при вызванном молнией окислительном стрессе является высокий уровень кортизола в результате электрически опосредованной чрезмерной стимуляции глутаматных рецепторов. Это приводит к увеличению количества свободных радикалов, разрушающих эндотелий капилляров, прилегающих к спинному мозгу. Кроме того, свободные радикалы накапливаются непосредственно в богатом липидами миелине и повреждают мембраны миелиновых клеток [17]. Не в меньшей степени механизм повреждения нервной ткани связан с явлением «электропорации»: в результате резкого увеличения трансмембранного потенциала под воздействием электричества происходит реорганизация липидов клеточной мембраны в «поры». Значительное увеличение проницаемости мембран сопровождается существенным ростом энергозатрат, что приводит к истощению запасов метаболических субстратов энергии в клетках. Приводимые в действие энергией АТФ ионные насосы в условиях энергетического дефицита не могут компенсировать быструю диффузию ионов через поврежденную клеточную мембрану, что ведет к неминуемой гибели клетки. Нервные клетки особенно восприимчивы к электропорации из-за того, что их размер пропорционален трансмембранному потенциалу в этих типах клеток. Обнаружены электрофизиологические свидетельства существования обоих механизмов в патогенезе отсроченного повреждения периферической нервной системы атмосферным электричеством [18]. Отдаленные неврологические осложнения удара молнией могут быть клинически «немыми» даже при поражении головного мозга. Описан случай развития гемисферической лейкоэнцефалопатии, возникшей после поражения молнией и не имеющей клинических проявлений, которая была выявлена при томографическом исследовании [19].

Поражение периферических нервов обычно выражается в плексидах и невритах, которые довольно часто имеют преходящий характер и сопровождаются выраженной

дисфункцией вегетативной нервной системы [20]. Демонстрацией типичной для поражения молнией адренергической дисфункции может служить описание возникших у 24-летнего мужчины после удара молнии нарушений функции вегетативной нервной системы в виде синусовой тахикардии и артериальной гипертензии, которые по результатам неврологического обследования были расценены как проявления гипертонического состояния центрального генеза [21].

Обратимость неврологических нарушений при поражении молнией связывают с вазоспазмом мелких сосудов, питающих нервы. Нарушения могут сохраняться от нескольких минут до нескольких недель и даже месяцев [22]. Описан случай временного (в течение недели) тетрапареза у пациентки, пострадавшей от удара в голову молнии, отраженной от здания [23].

Желая подчеркнуть трудности диагностики и значительность последствий поражения периферической нервной системы при поражении атмосферным электричеством, авторы одного из исследований этой проблемы озаглавили свою работу «Peripheral nervous system involvement in lightning strike – the devil in disguise» (Поражение периферической нервной системы при ударе молнией – скрытый дьявол). В работе описывается случай поражения молнией с повреждением правого плечевого сплетения, сопровождавшийся длительным гемипарезом [24]. Описан случай нейропраксии плечевого сплетения у молодого человека после удара молнией, когда гемиплегия и расстройства чувствительности сохранялись в течение 5 недель на фоне интенсивной терапии стероидами. Эффективность лечения стероидами служит одним из доказательств электропоратической теории поражения периферической нервной системы атмосферным электричеством: стероиды восстанавливают мембранный потенциал нейронов, нарушенный электропорацией вследствие удара молнии [25]. Однако описаны клинические случаи, когда слишком большая сила тока

и высокое напряжение при ударе молнии вызвали морфологические изменения в нервной ткани. Плечевая плексопатия с локализацией в верхнем и среднем стволе после удара молнии у 53-летнего мужчины оказалась необратимой [26].

Когнитивные и психологические расстройства наблюдаются даже тогда, когда путь электрического тока не пересекает мозг и структурное повреждение органов нервной и сосудистой систем отсутствует. Синергизм эффектов повышения кортизола и возбуждения глутаматных рецепторов оказывает губительное влияние на память через механизм долгосрочного потенцирования. Клинический опыт показывает, что в отсутствии специфической реабилитации подобные нарушения сохраняются в течение нескольких месяцев, а то и лет. Применение в комплексной реабилитации больных, перенесших поражение молнией, ранней когнитивной тренировки в значительной степени повышает эффективность нейрореабилитации и способствует более быстрому устранению неврологических нарушений [27]. Описан случай массового поражения молнией, удар которой пришелся в тентованную палатку, где находились 26 девочек-подростков, двое взрослых и 7 собак. Четверо девочек и 4 собаки погибли немедленно в результате поражения головного мозга. Взрослые не пострадали, но все дети, кроме троих, получили серьезные травмы. Неврологические и офтальмологические нарушения сохранялись у пострадавших в течение нескольких недель, а психологические (эмоциональная лабильность, депрессия, нарушения сна и когнитивные расстройства) — в течение нескольких месяцев [28].

Сердечно-сосудистые осложнения при поражении молнией возникают в 46 % случаев. Большинство механизмов, через которые опосредуются сердечно-сосудистые события, объясняется прохождением электрического тока: спазм коронарных артерий, гиперкатахоламинемия, прямое термическое повреждение, нарушения в работе проводящей системы сердца. Непосредственные эффекты молнии включают асистолию, фибрилля-

цию желудочков и повреждение дыхательного центра, являющиеся основной причиной смерти. Установлено, что фибрилляция желудочков или остановка сердца возникает, если поражение электричеством молнии происходит во время фазы реполяризации миокарда [29].

Большинство аритмий происходит сразу же после удара молнии, но нередко желудочковые аритмии могут возникать в течение последующих 12 часов. Описан случай поражения молнией, вызвавший остановку сердца и дыхания, а также поражение верхнего двигательного нейронального пути, проявившееся квадриплегией [30]. При прохождении разряда атмосферного электричества через проводящую систему сердца могут возникать самые разнообразные нарушения органического и функционального характера — от безобидной синусовой аритмии до фатального некроза сердечной мышцы. 35-летний мужчина, переживший клиническую смерть вследствие поражения молнией, прожил четыре дня и умер от инфаркта миокарда, что было подтверждено по данным аутопсии [31]. В другом случае у 7-летней девочки после поражения молнией наблюдалась значительная элевация сегмента ST без сопутствующего зубца Q и не имеющая динамики на протяжении 5 дней наблюдения. Изменения ЭКГ не сопровождались ни увеличением содержания тропонина в крови, ни нарушениями сократительной функции миокарда по данным трансторакальной ангиографии, поэтому были расценены как проявления коронаростазма [32]. Описан случай инфаркта миокарда, развившийся у 44-летнего мужчины после удара молнией и закончившийся фатально на 5-й день. Диагноз был установлен на основании клинических, электрокардиографических и биохимических данных и подтвержден по результатам патологоанатомического исследования. Прижизненная коронарография показала полную проходимость всех ветвей коронарных артерий [33].

Стандартные подходы к терапии нарушений ритма, вызванных поражением молнией, нередко оказы-

ваются эффективными. 28-летний мужчина, работая в поле, получил удар молнией, осложнившийся фибрилляцией предсердий. Электрические метки входа (на локте) и выхода тока (на обеих подошвенных поверхностях стоп) свидетельствовали о том, что электрический разряд прошел через сердце. Из-за нестабильной гемодинамики была проведена электрическая кардиоверсия. Повторное ЭКГ-исследование показало наличие WPW-синдрома. Проводимость удалось восстановить после радиочастотной абляции [34]. В другом случае фибрилляцию предсердий, возникшую вследствие поражения молнией, удалось купировать в результате медикаментозной противоаритмической терапии [35].

Тактика ведения пострадавших от электротравмы (в том числе и от атмосферного электричества) все еще изучается. С целью оценки вероятности отсроченных осложнений электротравмы со стороны миокарда у 169 больных, перенесших электротравму без клинических признаков осложнений, проводился кардиомониторинг в течение недели. Сколько-нибудь значимых отклонений в состоянии сердца не было выявлено даже у пострадавших от электричества высокого напряжения. Исследователи пришли к выводу об отсутствии необходимости кардиомониторинга пострадавших от поражения электричеством при условии отсутствия у них клинических признаков осложнений [36].

Современные исследования показали эффективность применения управляемой гипотермии при лечении пациентов с остановкой сердца или повреждением мозга вследствие удара молнии. Множество механизмов поражения молнией сопровождается гипоксией мозга. Ишемия мозга возникает у них вследствие нарушений ритма сердца или снижения сократительной функции миокарда. Нарушается кровоснабжение мозга вследствие воздействия на мозг разряда атмосферного электричества, ударной волны или высокой температуры. Гипоксия мозга возникает на фоне гиперadrenergического состояния, возникшего вследствие пораже-

ния молний. Затянувшаяся под воздействием тех или иных патогенетических механизмов ишемия мозга сопровождается селективной гибелью одних нейронов и апоптозом других. Нейропротективный эффект гипотермии позволяет существенно снизить риск неврологических осложнений у таких больных: понижение температуры тела на 1 градус замедляет метаболизм нейронов и уменьшает их энергетические потребности на 6–7 %. Терапевтическая гипотермия стабилизирует клеточные мембраны, минимизирует образование токсичных свободных радикалов (вызванное электротравмой) и тормозит демиелинизацию нервов. Кроме того, гипотермия уменьшает выраженность отека головного мозга, возникающего на фоне гибели нейронов, некроза сосудов и нарушения гематоэнцефалического барьера, снижает захват глутамата и препятствует высвобождению воспалительных цитокинов [37].

Поражения кожи имеют место у каждого третьего, перенесшего удар молнии. В основе патогенеза ожогов вследствие удара молнии лежит не только повреждение сосудов кожи электричеством, но и непосредственное воздействие высокой температуры. Ожоги обычно поверхностные, что обусловлено крайне малым временем воздействия повреждающих факторов [38]. По этой же причине в сравнении с другими электрическими ожогами вызванные атмосферным электричеством ожоги характеризуются относительно благоприятным исходом [39]. Металлические предметы, находящиеся на теле пострадавшего, от удара молнии «притягивают» электрический разряд, будучи проводником электричества, удерживают его на поверхности кожи. Кроме того, они мгновенно и очень сильно разогреваются, что вызывает контактные ожоги [40].

Патогномичными для поражения молнией считаются так называемые «фигуры Лихтенберга» — следы папоротникообразной формы, остающиеся на коже человека после воздействия на нее высокого напряжения, названные в честь их первооткрывателя немецкого физи-

ка Георга Кристофа Лихтенберга. Предполагается, что «фигуры» являются результатом разрыва подкожных кровеносных сосудов: кожа является неплохим изолятором, и поток электронов, распространяющийся в коже, вызывает ее диэлектрическую деструкцию. В связи с этим эритроциты просачиваются через разрушенные капилляры в поверхностные слои кожи, образуя причудливые «фигуры». «Фигуры» могут появиться через несколько часов или даже дней после удара молнией и исчезают бесследно через несколько дней. «Фигуры Лихтенберга» могут возникать при любом варианте контакта с атмосферным электричеством: при прямом ударе молнии, при поражении «боковой вспышкой» или «шаговым напряжением». Описан случай, когда «фигуры» появились у пострадавшего через 1 час после поражения «боковой вспышкой» проникшей в помещение молнии и сохранялись в течение 1 недели [41].

Поражение глаз при ударе молнии сопровождается нарушением проницаемости капсулы хрусталика, коагуляцией белка электрическим током, ухудшением питания хрусталика вследствие ирита и механическим повреждением его волокон, что приводит к формированию катаракты. Первое описание случая развития катаракты после поражения молнией датируется 1699 годом [42]. Развивается катаракта в 5–6 % случаев поражения молнией, обычно в патологический процесс вовлекается глаз, ближайший к месту входа электрического разряда. Из-за высокого содержания меланина в пигментном эпителии сетчатки макула весьма чувствительна к термическим повреждениям. Описан случай повреждения молнией одновременно передней и задней камеры глаза с развитием катаракты, захватившей одновременно переднюю и заднюю части хрусталика, а также макулярной кисты, потребовавших оперативного вмешательства [43]. Ничуть не реже при поражении молнией развивается ретинопатия [44].

Поражение органа слуха при ударе молнии вызвано нарушением анатомии внутреннего уха, сосу-

дистыми и неврологическими нарушениями в ответ на воздействие ударной волны, ожога и электрического тока высокого напряжения [45]. Перфорация барабанной перепонки с потерей слуха и ожогом наружного слухового прохода — наиболее частое осложнение после поражения молнией. Реже встречается повреждение слухового нерва и потеря слуха смешанного типа. У 19-летней женщины после удара молнии описаны серьезные ожоги левого уха, слева — центральная перфорация барабанной перепонки с потерей слуха 108 дБ, а справа — сенсоневральная потеря слуха 52 дБ [46]. Описан случай пневмоцефалии, вызванной двусторонним разрывом барабанных перепонок вследствие поражения молнией: воздух попал в череп через врожденный дефект каменной части крыши барабанной полости. Неврологические расстройства у больного сохранялись в течение полугода с момента травмы [47].

Мышечная ткань по сравнению с нервной и сосудистой несколько менее чувствительна к воздействию атмосферного электричества, однако удар молнии нередко приводит к рабдомиолизу. Повреждение мышц вызвано не только непосредственным воздействием электрического тока высокого напряжения, но и опосредованным им спазмом. Описан случай не связанной с почечной патологией тяжелой миоглобинурии, вызванной массивным распадом мышечной ткани на фоне поражения молнией [48]. Последствия поражения молнией во многом зависят от мощности ее электрического разряда, конкретного механизма поражения и многих сопутствующих обстоятельств [49]. Особенно ярко эта зависимость демонстрируется в случаях массового поражения молнией. «Вспышкой» молнии, отраженной от дерева, были поражены одновременно девять военнослужащих: у всех была кратковременная потеря сознания, у двоих — эктопические нарушения сердечного ритма и «фигуры» Лихтенберга на коже, у пяти — временная гемиплегия и ожоги кожи, у одного — перелом ключицы [50].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Комбинированный механизм поражения молнией определяет мультисистемный характер травмы и требует междисциплинарного подхода к диагностике и лечению. Такой подход может быть успешно реализован лишь на основе тесного взаимодействия большого количества специалистов: врачей ско-

рой медицинской помощи, реаниматологов, невропатологов, кардиологов, комбустиологов, отоларингологов, офтальмологов, травматологов. Популяризация опыта и повышение осведомленности специалистов об особенностях патогенеза и клинических проявлений поражения молнией способны в значительной мере повысить эффек-

тивность оказания помощи пострадавшим.

Информация о финансировании и конфликте интересов

Исследование не имело спонсорской поддержки.

Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES:

- Holle RL and Islam, AKMS Lightning Fatalities in Bangladesh in May 2016. In: Proceedings of the 8th Conference on the Meteorological Applications of Lightning Data. 2017 American Meteorological Society Annual Meeting, Seattle, Washington, 22-26 January 2017.
- Holle RL. A Summary of Recent National-Scale Lightning Fatality Studies. *Weather, Climate, and Society*. 2016; 8(1): 35-42.
- Zack F, Puchstein S, Büttner A. Letalität von Blitzunfällen. *Rechtsmedizin*. 2016; 26(1): 9-11.
- Saha U, Siingh D, Kamra AK, Galanaki E, Maitra A, Singh RP et al. On the association of lightning activity and projected change in climate over the Indian sub-continent. *Atmospheric Research*. 2017; 183(1): 173-190.
- Mazur V. Lightning initiation – the most difficult issue of lightning physics. *Principles of Lightning Physics*. 2016.
- Sumangala C, Kumar MP. Lightning Death: A Case Report. *Journal of Indian Academy of Forensic Medicine*. 2015; 37(1): 93-95.
- Lizano-Díez X, Alentorn-Geli E, León-García A, Marqués-López F. Fracture of the Femoral Component after a Lightning Strike Injury: A Case Report. *Acta Orthopaedica et Traumatologica Turcica*. 2017; 51(1): 84-87.
- Lopez A, Cheshire W. Trigeminal neuralgia following a telephone-mediated lightning injury. *The Journal of Pain*. 2015; 16(4): 29.
- Azari A, Bigdelu L, Pishbin E, Rohani A. Acute Myocardial Infarction in a 17-Year-Old Boy Secondary to Lightning Strike. *Journal of Cardio-Thoracic Medicine*. 2013; 3(1): 104-106.
- Gouse M, Arockiaraj J, Khanapur R, Srinivasan G. Transient paraplegia in an elderly due to lightning injury: an unusual cause. *Journal of Emergencies, Trauma, and Shock*. 2015; 8(4): 238.
- Cooper MA. A Fifth Mechanism of Lightning Injury. *Academic Emergency Medicine*. 2002; 9(2): 172-174.
- Blumenthal R. On the sixth mechanism of lightning injury: dissertation. Pretoria: University of Pretoria South Africa. 2015.
- Blumenthal R, Saayman G. Case Report: Lightning-Induced Pneumomediastinum. *The American Journal of Forensic Medicine and Pathology*. 2017; Jan 21. doi: 10.1097/PAF.0000000000000299. URL: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pubmed/28114174>
- Van Waes OJF, van de Woestijne PC, Halm JA. «Thunderstruck»: Penetrating thoracic injury from lightning strike. *Annals of Emergency Medicine*. 2014; 63(4): 457-459.
- Tadler M, Rüegg E, Niquille M, Gencer B, Gautschi OP, Pittet-Cuénod B, et al. Multi-organ injuries due to a lightning strike: a case report highlighting the importance of a multi-disciplinary approach. *Case Reports in Plastic Surgery and Hand Surgery*. 2017; 4(1): 1-4.
- Gruhn KM, Knossalla F, Schwenkreis P, Hamsen U, Schildhauer TA, Tegenthoff M et al. Neurologische Erkrankungen nach Blitzschlag. *Der Nervenarzt*. 2016; 87(6): 623-628.
- Reisner A. Delayed neural damage induced by lightning and electrical injury: neural death, vascular necrosis and demyelination? *Neural Regeneration Research*. 2014; 9(9): 907-908.
- Parikh S, Fink J, Feigon M, Plishkin M. Electrical and Lightning Brain Injuries. *Acquired Brain Injury: Clinical Essentials for Neurotrauma and Rehabilitation Professionals*. Springer Publishing Company, New York, 2016.
- Kruja J, Kuqo A, Grabova S, Roji A, Vyshka G. Right Hemispheric Leukoencephalopathy as an Incidental Finding Following a Lightning Strike. *Open Access Macedonian Journal of Medical Sciences*. 2016; 4(4): 692-694.
- Morin A, Lesourd A, Cabane J. Les atteintes extra-cérébrales de la foudre: vignettes cliniques et revue de la littérature. *Revue Neurologique*. 2015; 171(1): 75-80.
- Parsaik AK, Ahlskog JE, Singer W, Gelfman R, Sheldon SH, Seime RJ et al. Central hyperadrenergic state after lightning strike. *Clinical Autonomic Research*. 2013; 23(4): 169-173.
- Choi IK., Choi HJ. A Patient of Lightning Injury Combined with Reversible Neurologic Deficits: A Case Report. *Journal of the Korean Society of Emergency Medicine*. 2015; 26(4): 345-348.
- Biswas S, Karim ME, Chowdhury JA, Sarkar PK, Begum M, Sarkar MM et al. Lightning Injury in Indoor Setting: A Case Report. *Journal of Dhaka Medical College*. 2016; (1): 79-81.
- Senthilkumaran S, Balamurugan N, Jayaraman S, Sasikumar S, Thirumalaikolundusubramanian P. Peripheral nervous system involvement in lightning strike – the devil in disguise. *The American Journal of Emergency Medicine*. 2015; 33(11): 1704-1705.
- Patnaik A, Mahapatra A, Jha M. Pan-brachial plexus neuropraxia following lightning: A rare case report. *Surgical Neurology International*. 2015; 6(3): 110-112.
- Kasundra G, Khichar S, Bhargava A, Bhushan B. Lightning strike-induced brachial plexopathy. *Journal of Neurosciences in Rural Practice*. 2014; 5(4): 399-400.
- Tánczos T, Zádori D, Jakab K, Hnyilicza Z, Klivényi P, Keresztes L. The role of cognitive training in the neurorehabilitation of a patient who survived a lightning strike. A case study. *NeuroRehabilitation*. 2014; 35(1): 137-146.
- Silva LMA, Cooper MA, Blumenthal R, Pliskin N. A follow-up study of a large group of children struck by lightning. *South African Medical Journal*. 2016; 106(9): 929-932.
- Wiater J. Lightning Induced Ventricular Fibrillation risk during wandering. *Przegląd elektrotechniczny*. 2016; 1(2): 108-113.
- Abdulla S, Conrad A, Schwemm KP, Stienstra MP, Gorrssellink EL, Dengler R, et al. Lesions along the upper motor neuronal pathway with locked-in features after lightning strike and cardiac arrest: A case-review analysis. *Brain Injury*. 2014; 28(3): 298-303.
- Möhle F, Preuss J, Madea B, Doberentz E. Vier Tage überlebter Blitzschlag nach zunächst erfolgreicher Reanimation. *Rechtsmedizin*. 2015; 25(6): 561-565.

32. Akin A, Bilici M, Demir F, Gözü-Piringçioğlu A, Yıldırım A, Bilici M, et al. ST-segment elevation following lightning strike: case report and review of the literature. *The Turkish journal of pediatrics*. 2015; 57: 186-188.
33. Karadas S, Vuruskan E, Dursun R, Sincer I, Gonullu H, Akkay E. Myocardial infarction due to lightning strike. *J Pak Med Assoc*. 2013; 63(9): 1186-1188.
34. Leiria TLL, Pires LM, Kruse ML, de Lima GG. Struck by lightning: a case of nature-induced pre-excited atrial fibrillation. *Circulation: Arrhythmia and Electrophysiology*. 2013; 6(2): 20-21.
35. Ocak T, Duran A, Yaylali Ç, Özlü MF. Yıldırım Çarpması ile Oluşan Atriyal Fibrilasyon: Olgu Sunumu. *Kocatepe Medical Journal*. 2014; 15(1): 65-70.
36. Krämer C, Pfister R, Boekels T, Michels G. Cardiac monitoring always required after electrical injuries? *Medizinische Klinik – Intensivmedizin Und Notfallmedizin*. 2016; 111(8): 708-714.
37. Scantling D, Frank B, Pontell ME, Medinilla S. Inducing therapeutic hypothermia in cardiac arrest caused by lightning strike. *Wilderness & Environmental Medicine*. 2016; 27(3): 401-404.
38. Russell KW, Cochran AL, Mehta ST, Morris SE, McDevitt MC. Lightning burns. *Journal of Burn Care & Research*. 2014; 35(6): 436-438.
39. Shih JG, Shahrokhi S, Jeschke MG. Review of adult electrical burn injury outcomes worldwide. *Journal of Burn Care & Research*. 2017; 38(1): 293-298.
40. Adil MT, Rahman R, Das S. Patterned charring along the contact points of a metallic locket due to lightning strike. *Clinical Case Reports*. 2016; 4(6): 618-619.
41. Dutta B. Lichtenberg figure and lightning. *Indian Journal of Dermatology*. 2016; 61(1): 109-111.
42. Flockerzi E, El-Husseiny M, Löw U, Daas L, Seitz B. Historische Beschreibung der Kataraktentwicklung nach Blitzschlagverletzung. *Der Ophthalmologe*. 2017; 2: 1.
43. Chakraborti C. Lightning induced ocular complications: A case report. *Pak J Ophthalmol*. 2014; 30(1). 49-52.
44. Liu TYA, See C, Singman E, Han IC. Delayed onset of intraretinal cystoid abnormalities in lightning retinopathy. *JAMA Ophthalmology*. 2016; 134(7): 840-842.
45. Kılıç E, Genç H, Aydın Ü, Aşık B, Satar B. Variations in otological presentations of lightning strike victims: clinical report of 3 Patients. *Turkish Journal of Trauma and Emergency Surgery*. 2017; 23(2): 163-166.
46. Turan M, Kalkan F, Bozan N, Özçalimli İ, Zeki Erdem M, Yalınkılıç A et al. Isolated sensorineural hearing loss as a sequela after lightning strike. *Case Reports in Otolaryngology*. 2015: 1-4.
47. Yarnell PR, Weiland D. Pneumocephalus in lightning injury with additional neurologic sequelae. *Trauma*. 2016; 9: 146040861665968.
48. Aldana NN. Severe rhabdomyolysis without renal injury associated with lightning strike. *Journal of Burn Care & Research*. 2014; 35(1): 120-123.
49. Argüelles Argüello AB, Rodríguez KB, González JP, León Spesny CS, Umaña Brenes AA, Arguedas CV. Fisiopatología, manifestaciones sistémicas y secuelas de la fulguración en seres humanos. *Medicina Legal de Costa Rica*. 2015; 32(1): 138-145.
50. Nagesh IV, Bhatia P, Mohan S, Lamba NS, Sen S. A bolt from the blue: Lightning injuries. *Medical Journal Armed Forces India*. 2015; 71(1): 134-137.

Сведения об авторе:

Березуцкий В.И., к.м.н., доцент кафедры пропедевтики внутренней медицины, ГУ Днепропетровская медицинская академия, г. Днепропетровск, Украина.

Адрес для переписки:

Березуцкий В.И., ул. Новокрымская, 5-301, г. Днепропетровск (Днепр), 49055, Украина
Тел.: +38 (067) 965-31-65
E-mail: Berezut@hotmail.ru

Information about the author:

Berezutsky V.I., candidate of medical science, docent of chair of propedeutics of internal medicine, Dnepropetrovsk Medical Academy, Dnepropetrovsk, Ukraine.

Address for correspondence:

Berezutsky V.I., Novokrymskaya, 5-301, Dnepropetrovsk (Dnepr), Ukraine, 49055
Tel: +38 (067) 965-31-65
E-mail: Berezut@hotmail.ru

