**Электротравма**

Проблема электрической травмы, за исключением поражений молнией, стала актуальной сравнительно недавно. Впервые несчастный случай от технического электричества описал Леруа де Мезикур в 1860 году. На сегодняшний день постоянное увеличение количества источников электроэнергии, связанное с развитием научно-технического прогресса безусловно повышает уровень комфортности жизни, но вместе с тем обуславливает стабильность частоты возникновения электротравм и электроожогов. В настоящее время ожоги электричеством по частоте среди ожогов от других причин составляют 2-3 %, но несмотря на сравнительно скромное место часто являются причиной инвалидности, а в некоторых случаях и смерти, что ставит их на одно из первых мест по значимости.

Электротравмы наиболее часто возникают у лиц молодого и трудоспособного возраста: электриков, строителей и рабочих различных специальностей в силу их профессиональной деятельности, а также у подростков и детей, не имеющих порой достаточных знаний об опасности действия тока вследствие неосторожного обращения.

Электрический ток оказывает на человека тепловое, электрохимическое и биологическое воздействие. Электрическая энергия проходя по тканям организма встречает на своем пути сопротивление и переходит согласно закону Джоуля в тепловую энергию (J=I2RT, где J-количество тепла в джоулях, I - сила тока в амперах, R - сопротивление в омах, T - время в секундах). Электрохимические изменения под действием тока приводят к аггрегации тромбоцитов и лейкоцитов, перемещению внутри- и внеклеточных ионов, поляризации белков, образованию газа и пара, придающий тканям ячеистый вид и др. Биологическое действие проявляется нарушением проводимости сердца, нарушением работы нервной системы, сокращением

скелетной мускулатуры и др.

Собственно электроожоги образуются в результате превращения

электрической энергии в тепловую в тканях пострадавшего. Электрические ожоги возникают, главным образом, в местах входа тока (от источника электроэнергии) и его выхода (к земле), в местах наибольшего сопротивления, образуя ожоговые поверхности различной площади и глубины,чаще всего, в виде так называемых "меток" или "знаков тока".

Электрическая энергия превращаясь в тепловую коагулирует и разрушает ткани. Однако специфичность проявления электрических ожогов обусловлена не только глубиной самого коагуляционного некроза, но и поражением окружающих ожог тканей и общими изменениями, возникающими в результате прохождения электричества. Следует помнить, что электрический ток повреждает ткани не только на месте его приложения, но и на всем пути своего прохождения.

Тяжесть и характер электротравмы в основном определяется следующими факторами: видом, силой и напряжением тока, путем его прохождения через организм, длительностью его действия и сопротивлением тканей.

Известно, что постоянный ток менее опасный чем переменный. Действие переменного тока на организм зависит от его частоты, так низкочастотные токи (50-60 гц) более опасны, чем высокочастотные. Однако все же более решающими факторами являются сила и напряжение тока.

Порог восприятия уровня силы постоянного тока, входящего в тело составляет 5-10 миллиампер (мА), порог восприятия используемого в быту переменного тока (60 гц) - 1-10 мА.

При токе 10-15 мА человек не может оторвать руки от электропроводов. Ток силой 0,05-0,1 ампер (А) признается смертельным, хотя в отдельных случаях смерть может наступать и при меньшей силе, и в тоже время известны случаи не приведшие к смерти при силе тока более 0,1 А.

Различают электрический ток низкого и высокого напряжения. Согласно ГОСТ N721-74, низким считается напряжение до 1000 вольт, высоким - более 1000 вольт. Некоторые авторы исходя из клинической точки зрения относят к низкому напряжению ток до 500, 550 вольт, а к высокому напряжению свыше 1000 вольт Следует отметить что поражение током высокого напряжения может происходить и без непосредственного контакта с источником электроэнергии в результате действия "шагового напряжения" или "вольтовой дуги". Под термином "шаговое напряжение" понимают разность напряжения между двумя точками земли, находящимися на расстоянии шага (обычно 0,8м). Оно возникает в результате электризации земли случайно упавшим или проложенным в земле проводником с высоким напряжением тока или же может наблюдаться во время вхождения в землю разряда атмосферного электричества (молнии). Под термином "вольтовая дуга" понимают перемещение электрического заряда по воздуху на расстояние от нескольких см до метра от источника тока с высоким напряжением в несколько киловольт. Возникающие при этом локальные ожоги - ограниченные, но вместе с тем распространяются на большую глубину. Температура во время прохождения заряда от вольтовой дуги обычно составляет в среднем от 2 до 4 тыс. градусов, в некоторых случаях до 2О тысяч градусов. Возникновению дугового контакта способствует повышенная влажность воздуха.

Низковольтные ожоги преимущественно бытовые. Электрический ток низкого напряжения обычно проходит с учетом пути наименьшего сопротивления, то есть по тканям, обладающим низким сопротивлением, которые располагаются в порядке описанном ниже.

Высоковольтные ожоги чаще возникают на производстве (при установке аппаратов, при контактах с высоковольтными линиями и т.п.), как правило, более тяжелые, нередко сочетаются с механической травмой и ожогами пламенем от горящей одежды и располагающихся рядом предметов. Ток высокого напряжения распространяется по кратчайшему пути, вызывая значительно более тяжелые повреждения. Часто развивается ожоговая болезнь. Характерны сочетанные и комбинированные поражения магистральных сосудов с некрозом мышечных массивов, повреждения внутренних органов. Общее действие тока на организм наблюдается у большинства пациентов. Летальные исходы, как правило, возникают именно в результате высоковольтных поражений.

Наряду с силой и напряжением тока, большое значение имеет путь его прохождения от точки входа до точки выхода. Путь тока через тело называют "петлей тока". Наиболее типичны следующие варианты: 1) одна рука, 2) рука-рука, 3) рука-голова, 4) рука-нога, 5) голова-нога, 6) голова-обе ноги, 7) одна нога, 8) нога-нога, 9) рука-обе ноги, 1О) обе руки-обе ноги, 11) голова, 12) обе руки-нога. Самый опасный вариант -

полная петля (две руки - две ноги), в этом случае ток неизбежно проходит через сердце, что может вызвать нарушение его работы, другие пути, например, нижняя петля (от ноги к ноге) менее опасны. Прохождение электрического тока по различным путям в некоторой степени условно. Даже при одной и той же "петле" ток в организме может продвигаться по ряду параллельных проводников с различным сопротивлением и ответвлениями (закон Кирхгофа), хотя главный поток тока идет от места его входа к месту выхода.

Сопротивление различных тканей существенно варьирует и имеет следующие величины: сопротивление кожи составляет 50.000-1.000.000 Ом/см2, костей - 300.00-800.000 Ом/см2, нервов - 200.000 Ом/см2, хрящевой ткани - 50.000 Ом/см2, сухожилий - 10.000 Ом/см2, легких -4.000 Ом/см2, крови - 4.000 Ом/см2, тканей мозга - 2.000 Ом/см2, мышц - 1.500 Ом/см2, почек -1.000 Ом/см2, печени - 900 Ом/см2, слизистых оболочек - 100 Ом/см2.

Следует отметить сопротивление может меняться в зависимости от объективных обстоятельств, так сухая и утолщенная кожа людей, занимающихся ручным трудом оказывает значительно большее сопротивление по сравнению с влажной и тонкой кожей.

Важное значение имеет продолжительность контакта пострадавшего с источником электроэнергии. Так, при воздействии тока высокого напряжения потерпевший может быть сразу же отброшен за счет резкого сокращения мышц. Вместе с тем, при более низком напряжении спазм мышц может обусловить длительный захват проводника руками. Чем продолжительнее действие тока, тем больше тяжесть поражения и больше вероятность летального исхода. Последнее связано с тем, что с увеличением времени увеличивается вероятность совпадения прохождения тока через сердце с моментом фазы Т сердечного цикла. В этот период, как известно, заканчивается сокращение желудочков и возникновение фибрилляции в такой ситуации становится весьма реальной.

Наряду с характеристиками самого электричества следует учитывать и некоторые другие факторы. Так, во влажных и сырых помещениях (бани, ванны, землянки и т.п.) проводимость электричества существенно увеличивается. Исход электротравм, в тоже время, во многом зависит от состояния организма в момент поражения и возраста пострадавшего. Дети, старики и лица, страдающие хроническими заболеваниями более чувствительны к электрическому току.

 Клиническая картина

Клиническая картина весьма разнообразна и во многом зависит от тяжести и особенностей самой электротравмы. Ток проходя через различные органы и ткани вызывает целый ряд серъезных нарушений.

Классификация тяжести электропоражений :

I степень - частичные судороги;

II степень - общая судорога, не влекущая за собой после отключения тока состояния прострации;

III степень - тяжелая прострация и невозможность некоторое время двигаться и после отключения тока, с потерей сознания или без него;

IV степень - моментальная смерть или смерть с предшествующей прострацией.

Рекомендуется использовать следующую классификацию:

I Легкая электротравма - судорожное сокращение мышц без потери сознания;

II Электротравма средней тяжести - судорожное сокращение мышц и потеря сознания, ЭКГ в норме;

III Тяжелая электротравма - потеря сознания и нарушение сердечной и дыхательной деятельности;

IV Крайне тяжелая электротравма - клиническая смерть.

Смертельные исходы в результате электротравмы наступают, как правило, в результате: 1) остановки сердца (фибрилляция, асистолия); 2) остановки дыхания (паралич дыхательного центра); 3) одновременной остановки сердечной и дыхательной деятельности; 4) шока.

Описано немало случаев внезапной смерти пострадавших через несколько часов после электротравмы на фоне кажущегося благополучия. Поэтому каждого пострадавшего от электрического тока следует считать потенциально тяжелым, независимо от его состояния.

При воздействии электрического тока высокого напряжения может наступить глубокое расстройство деятельности ЦНС с торможением центров сердечно-сосудистой и дыхательной систем, называемое "мнимой смертью" или "электрической летаргией". Клинически такое состояние проявляется незаметной сердечной и дыхательной деятельнотью. Если в таких случаях принимаются необходимые реанимационные мероприятия, то чаще всего, они приводят к успеху, в противном случае, при отсутствии адекватной помощи, возможно действительное наступление смерти.

В случае массивной электротравмы могут развиваться признаки шока, требующие проведения интенсивной терапии.

Часто отмечаются поражения - нервной системы, кровообращения, дыхания, возникают электроожоги различной степени обширности.

Электрический ток проходя через структуры нервной системы приводят к нарушению еe функций, иногда оставляя после себя тяжелые повреждения в виде кровотечений, отеков и др. Могут отмечаться - потеря сознания различной продолжительности и степени с последующей ретроградной амнезией, судороги, головокружение, головная боль. В ряде случаев, наблюдаются симптомы повышенного внутричерепного давления (светобоязнь,

ригидность затылочных мышц, симптом Кернига, эпилептоформные припадки и т.п.). Нередки более или менее стойкие парезы или параличи нервов с двигательными, чувствительными и трофическими нарушениями. Возможно расстройство терморегуляции с ассиметрией температуры в различных областях тела, исчезновение физиологических рефлексов и появление патологических и др. В более легких случаях клинические проявления ограничиваются мельканием в глазах, слабостью, разбитостью и т.д. Среди органических повреждений типичными считают "спинально-атрофические заболевания", связанные с поражением током спинного мозга в области передних рогов мозга и серого вещества в окружности центрального канала, проявляющиеся в трофических и вазомоторных нарушениях иннервируемых областей.

Нарушения со стороны сердечно-сосудистой системы, как правило, носят в большей мере функциональный характер и часто выражаются в форме различных нарушений ритма сердечной деятельности (синусовая аритмия, тахи-, брадикардия, экстрасистолия, явления сердечной блокады). Наиболее тяжелым нарушением является фибрилляция желудочков и остановка сердца.

Действие тока на мускулатуру приводит к еe спазму, что может выразиться судорогами скелетных мышц, спазмом мышечного слоя сосудов с повышением артериального давления, коронароспазмом. Повреждения током стенок сосудов в некоторых случаях приводят к последующим аррозивным кровотечениям.

Вследствие воздействия яркого света, возникающего например при "вольтовой дуге" может поражаться зрение в виде кератита, хориоидита, атрофии зрительного нерва с последующим развитием катаракты. Возможны поражения органов чувств в виде шума в ушах, понижения слуха, расстройств осязания и т.п. Иногда встречается травматическая эмфизема и отек легких, функциональная недостаточность печени, гломерулонефрит, преходящие энтериты.

В местах наибольшего сопротивления тока - входа и выхода, вследствие перехода электрической энергии в тепловую образуются ожоги вплоть до обугливания конечностей и участков тела при тяжелых поражениях, или чаще всего в виде электрометок или знаков тока, представляющих собой участки сухого некроза. Форма электротметок округлая или овальная, но может быть и линейной; цвет - обычно светлее окружающей кожи - серовато-белый или бледно-желтый. Нередко по краям пораженной кожи имеется валикообразное возвышение, вследствие чего середина метки кажется несколько запавшей.

Характерным признаком электрометок являются их полная безболезненность из-за поражения нервных окончаний. Иногда отмечается отслоение эпидермиса в виде пузырей, но в отличии от химимических ожогов- без жидкого содержимого. Волосы в области электрометок, сохраняя свою структуру спиралевидно закручиваются. Характерно явление металлизации - отложения частиц металла проводника в коже (желтокоричневого цвета - железа, сине-зеленого цвета - меди и т.д.). При электротравме низкого напряжения они располагаются на поверхности, при высоком - распространяются вглубь кожи. Вследствие этого в зоне контакта могут отображаться детали конфигурации проводника. Электрометки выхода, как правило, более выражены, чем электрометки входа. В местах сгибов ток проходя по более короткому пути может выйти из тела и вновь войти, оставляя этапные электрометки.

Следует отметить, что электроожоги, часто, не ограничиваются знаками тока на коже. Для них характерно более глубокое распространение с первичным некрозом глубжележащих тканей - мышц, сухожилий, суставов, костей и др., что и обуславливает реальную тяжесть поражения пациентов. Нередко очаги некроза располагаются под внешне здоровой кожей. При массивном поражении мышц и освобождении миоглобина возможно развитие синдрома схожего с краш-синдромом. В некоторых случаях при воздействии тока высокого напряжения в костях могут образовываться, так называемые,"жемчужные бусы", представляющие собой результат расплавления и последующего застывания фосфорнокислого кальция в виде округлых белых образований диаметром 1-2 мм. Возможно последующее вторичное расширение зон некроза вследствие тромбоза и частичной гибели сосудов после воздействия электрического тока, что затрудняет раннее определение всего объема поражения. Отторжение сухого струпа происходит медленно. Нередки аррозивные кровотечения во время демаркации.

Вторичными повреждениями при электротравме непосредственно не связанными с действием тока, чаще всего, являются термические ожоги от загоревшихся предметов, механические травмы в результате падения с высоты, отбрасывания от источника электроэнергии и т.п., способные значительно утяжелить общее состояние пострадавших.

Клиническое течение электроожогов во многом схоже с течением термических ожогов. При обширных поражениях, в том числе и глубоколежащих тканей (мышц, костей и т.д.), велика вероятность развития ожоговой болезни.

Некоторые особенности имеет клиническая картина в результате поражения молнией. Отмечается более высокая летальность и частая потеря сознания. В местах контакта молния вызывает глубокое обугливание тканей, а иногда и разрывы кожи. Характерна симметричность поражений при прохождении электрического разряда от головы к обеим ногам и преимущественное поражение нижней части тела от "шагового напряжения", возникающего при ударе молнии вблизи пострадавшего.

Следует отметить, клинические проявления электротравмы, в зависимости от еe конкретных особенностей, могут значительно варьировать - от поражений легкой степени до крайне тяжелых состояний, приводящих в некоторых случаях к смерти пострадавших.

 Лечение

Конечный исход электротравмы во многом зависит от оказания быстрой и адекватной первой помощи.

В первую очередь, если пострадавший находится в замкнутой электрической цепи, еe необходимо разомкнуть, соблюдая правила безопасности. Лучше, если это удается сделать быстро и просто, например при помощи прерывателя цепи или выключателя, либо выдернув вилку из штепсельной розетки. Если это по какой либо причине сделать невозможно, то нужно удалить источник тока от пострадавшего, используя изолирующие предметы, например: сухую деревянную палку, одежду, веревку, кожаные или резиновые перчатки и др.. Для изоляции самого спасающего можно также использовать изолирующие предметы - сухие доски, резину, автомобильную шину и др. При освобождении пострадавшего от источника выше 1000 вольт следует принимать специальные меры безопасности (надевают резиновые боты, перчатки, действовуют изолирующей штангой и др.).

После освобождения пострадавшего от действия тока приступают к оказанию первой помощи. Важно сразу же правильно оценить состояние сердечной и дыхательной деятельности. При необходимости начинают реанимационные мероприятия - закрытый массаж сердца, искусственную вентиляцию легких (дыхание "рот в рот" и др.). Прибывшая бригада скорой медицинской помощи должна определить очередность реанимационных мероприятий. Если искусственное дыхание и массаж сердца, проводимые в течение нескольких минут, не дают эффекта, применяют дефибриллятор. При кажущейся смерти реанимационные мероприятия следует продолжать на протяжении нескольких часов. Транспортируют пострадавших с признаками шока только в положении лежа, во время транспортировки начинают проводить противошоковую терапию - ингаляцию кислорода, внутривенное переливание коллоидных и электролитных растворов (реополиглюкин, лактосол и др.), введение кардиотонических, спазмолитических средств и т.д.

В стационаре после принятия экстренных мер по стабилизации сердечной и дыхательной деятельности, собирают анамнез, выясняют условия травмы, проводят общее обследование (рентгенографию грудной и брюшной полостей, ЭКГ, компьютерную томографию черепа) для исключения возможной комбинированной травмы (переломов, тупых травм и т.п.). При признаках шока или возможности его развития проводят интенсивную терапию, направленную на адекватное возмещение жидкости, поддержание гомеостаза, профилактику почечной недостаточности и др. При поражении тех или иных органов тактику ведения пациентов согласовывают со соответствующими специалистами (офтальмологами, нейрохирургами, травматолагами и др.).

Последующее лечение пациентов с электроожогами во многом схоже с лечением термических поражений. С целью профилактики и лечения инфекционных, гнойно-воспалительных и других осложнений чрезвычайно важное значение имеет активная хирургическая тактика, большую роль играет рациональная антибактериальная терапия, коррекция иммунного и метаболического статуса и др.

Местное лечение начинают с первичной обработки обожженных поверхностей. В первую очередь выполняют неотложные хиругические вмешательства (декомпрессивные разрезы, перевязку сосудов, ампутации). При глубоком некрозе, вызывающим сдавление мягких тканей, в возможно ранние сроки,

выполняют декомпрессивные разрезы в виде некротомий, фасциотомий, миофасциотомий. Такие разрезы уменьшают сдавление нервно-сосудистого пучка, предотвращают вторичный ишемический некроз и одновременно являются информативным диагностическим приемом, определяющим глубину распространения некроза.

При аррозивных кровотечениях выполняют перевязку сосудов на протяжении.

Существенная глубина некроза при электроожогах нередко требует решения вопроса об ампутациях (в 10-15 % случаев). Показанием к ампутации служит тотальный некроз мягких тканей конечностей или их сегментов, с вовлечением в процесс суставов, магистральных сосудов и нервных стволов.

Промедление с ампутацией, в таких случаях, чревато развитием гангрены, острой почечной недостаточности, сепсисом и гибелью пациента. Как правило, раны после ампутации оставляют открытыми для контроля за дальнейшим течением раневого процесса. В случае его благоприятного течения, раны закрывают при помощи кожной пластики. Формированием культи для ношения протеза, занимаются, как правило, уже в период реабилитации.

Хирургическую обработку, остеосинтез и другие необходимые хирургические вмешательства при комбинированной травме с наличием механических ран, открытых переломов и т.п. выполняют обычно после проведения противошоковых мероприятий и стабилизации общего состояния пациента.

Хирургические и химические некроэктомии остаются одним из основных методов местного лечения электроожогов. Трудность раннего выявления всей глубины поражения тканей обуславливает относительную частоту этапных некроэктомий. Их проведение позволяет не только предотвратить развитие гнойно-воспалительных осложнений, но и существенно ускорить подготовку ран к пластическому закрытию. Подготовленные раны закрывают, как правило, при помощи аутодермопластики или в случаях обнажения глубоколежащих структур - костей, суставов, нервов и др. – пластики кожно-фасциальными или кожно-мышечными лоскутами на питающей ножке.

Реконвалесценты перенесшие электротравму нередко нуждаются в проведении длительной реабилитации, посколько действие электрического тока может вызвать осложнения в отдаленном периоде. К таким осложнениям относятся поражения центральной и периферической системы (энцефалопатии, парезы, невриты, трофические язвы), сердечно-сосудистой системы (дистрофические изменения миокарда, нарушения ритма и внутрипредсердной проводимости катаракты, нарушения слухового аппарата и других органов и систем.

Повторные воздействия электричеством могут привести к раннему

артериосклерозу, облитерирующему эндартерииту, стойким вегетативным изменениям. Кроме того, электроожоги нередко заживают с образованием деформаций и контрактур, требующих проведения реконструктивно-восстановительных операций. При необходимости к проведению реабилитации привлекаются различные специалисты: терапевты, невропатологи, кардиологи, офтальмологи, протезисты и др.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1.Артамонова Н.В. « Профессиональные заболевания»,

 /М.: Медицина, 1999г.

2.Долина О.А. «Анестезиология и реаниматология»,

 /М.: Гэотар-Мед,2002г.

3.Глейзер Г.А. «Электротравмы: клиника, диагностика,лечение»,

 /СПб.: Медицина, 2001 г.

4.Брукман В.А.«Военно-полевая хирургия»,/М.: Медицина,2002 г.

5.Маршуков М.Э. «Методы лечения ожоговых ран»,/М.: МедСтар,

 2000г.