

УДК 616-001.21-092 (075.8)
ББК 54.58 я 73
Ч-18

Рецензент: зав. кафедрой судебной медицины, профессор Г.Ф. Пучков

Чантурия А.В., Висмонт Ф.И.

Ч- 18 Повреждающее действие электрического тока. (Патофизиологические аспекты): метод. реком. - Мн.: МГМИ, 2000. - 31 с.

В пособии излагаются особенности электрического тока как повреждающего фактора, наиболее частые причины поражения, дается общая характеристика электротравмы; разбираются механизмы действия электротока и факторы, определяющие тяжесть поражения. Особое внимание уделено патогенезу и проявлениям электротравмы, механизмам смерти при электротравмах, отдаленным ее последствиям. Приводятся сведения о хронических электротравмах, поражениях от разрядов атмосферного электричества, а также о принципах оказания первой помощи при электротравме.

В доступной студентам учебной литературе информация по этим вопросам носит разрозненный и ограниченный характер, что затрудняет изучение этой проблемы при самостоятельной подготовке. В ней отсутствуют современные представления о механизмах повреждающего действия электрического тока.

Методические рекомендации предназначены для студентов 3-го курса всех факультетов медицинских вузов. Они могут быть использованы студентами старших курсов, а также врачами.

УДК 616-001-21-092 (075.8)
ББК 54.58 я 73

© А.В. Чантурия, Ф.И. Висмонт, 2000
© Минский государственный медицинский институт, 2000

ТЕМА: ПОВРЕЖДАЮЩЕЕ ДЕЙСТВИЕ ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА /ПАТОФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ АСПЕКТЫ/

Общее время занятий: 3 академических часа для студентов лечебного, военно-медицинского, педиатрического, медико-профилактического факультета иностранных студентов; 2 академических часа для студентов стоматологического факультета.

1. Мотивационная характеристика темы

Методические рекомендации разработаны с целью оптимизации учебного процесса и рекомендуются для подготовки студентов к практическому занятию по теме: "Повреждающее действие электрического тока". Данная тема рассматривается в разделе "Общая нозология".

Поражение электрическим током по летальности и инвалидности занимает одно из первых мест среди прочих травм. В связи с этим детальное изучение этиологии, патогенеза, механизма смерти, принципов оказания первой помощи при электротравме приобретает важное значение и является необходимым для врача любой специальности. Однако в современных учебниках и руководствах по этим вопросам не уделяется должного внимания; они изложены неполно и схематично, а в некоторых вообще отсутствуют. Вышесказанное и явилось поводом для издания настоящего учебно-методического пособия.

В пособии излагаются особенности электрического тока как повреждающего фактора, наиболее частые причины поражения, дается общая характеристика электротравмы; разбираются механизмы действия электротока и факторы, определяющие тяжесть поражения. Особое внимание уделено патогенезу и проявлениям электротравмы, механизмам смерти при электротравмах, отдаленным ее последствиям. Приводятся сведения о хронических электротравмах, поражениях от разрядов атмосферного электричества, а также о принципах оказания первой помощи при электротравме.

2. Цель занятия:

Изучить общие механизмы, особенности и исходы повреждающего действия электрического тока. Рассмотреть основные проявления повреждающего действия электрического тока, изменения структуры и функции органов и тканей. Дать патогенетическую оценку различных видов электротравм.

Целевые задачи:

Студент должен:

I. Знать:

- особенности электрического тока как повреждающего фактора;
- наиболее частые причины электротравм;
- факторы, определяющие тяжесть электротравмы;

- а) физические характеристики тока; напряжение, сила, частота, длительность воздействия;
- б) значение реактивности и сопротивления тканей организма;
- в) роль условий окружающей среды (метеорологические факторы и др.):
 - местные проявления повреждающего действия электрического тока. Особенности электрических ожогов, их отличие от термических;
 - общие явления при электротравме, их механизмы;
 - летальный исход при электротравме: сердечная форма, дыхательная форма, смерть от электрического шока. Понятие о «мнимой смерти»;
 - отдаленные последствия электротравмы;
 - условия возникновения хронических электротравм;
 - особенности поражения молнией;
 - принципы оказания первой помощи при электротравме.

II. Уметь:

- дать обоснованное заключение о факте и характере поражения электрическим током на основании анамнестических данных, описания клинической картины, общего состояния, характера «местных» проявлений.

III. Быть ознакомлен:

- с течением электротравмы, с особенностями повреждающего действия электрического тока в особых условиях (изменения атмосферного давления, температуры окружающей среды и др.)

№	Структура и порядок проведения занятия	3 акад. часа	2 акад. часа
1.	Разбор путем опроса студентов теоретического материала, направленного на достижение учебной цели I	30 мин	20 мин
2.	Разбор путем опроса студентов и объяснения преподавателя с помощью наглядных пособий (таблицы) теоретического материала, направленного на достижение учебной цели I, III, IV	45 мин	30 мин
3.	Просмотр слайдов по теме «Электротравма», направленный на достижение учебной цели I, II, III.	15 мин	10 мин
4.	Анализ готовых протоколов опытов и формулировка выводов по теме «Электротравма» (самостоятельная работа), направленный на достижение учебной цели II, оформление протоколов	30 мин	20 мин
5.	Ответы преподавателя на вопросы студентов, возникшие в ходе самостоятельной работы, проверка протоколов, подведение итогов занятия	15 мин	10 мин

3. Контрольные вопросы по смежным дисциплинам

1. Понятие об электрическом токе. Техническое и атмосферное электричество.
2. Основные физические параметры электрического тока. Единицы измерения.
3. Виды электрического тока. Понятие о "шаговом" электричестве.
4. Электротермические, электромеханические, электрохимические эффекты электрического тока. Понятие об электролизе.
5. Наиболее частые причины поражения электрическим током.
6. Основные принципы техники безопасности при обращении с электрическим током.

4. Контрольные вопросы по теме занятия

1. Особенности электрического тока как повреждающего фактора.
2. Наиболее частые причины электротравм.
3. Факторы, влияющие на тяжесть электротравм: значение физических параметров электрического тока, реактивности организма, роль окружающей среды.
4. Механизм действия электрического тока. Специфическое и неспецифическое действие тока.
5. Механизмы нарушений функций при электротравме. Местные и общие явления при электротравме.
6. Причины смерти при электротравме. Сердечная, дыхательная, смешанная формы смерти, смерть от электрического шока.
7. Понятие «мнимой» смерти при электротравме.
8. Отдаленные последствия электротравмы.
9. Хронические электротравмы.
10. Особенности поражения атмосферным электричеством.
11. Принципы оказания первой помощи при электротравме.

5. Особенности электрического тока как повреждающего фактора

Бурное развитие электроэнергетики и широкое использование электричества в промышленности, сельском хозяйстве, на транспорте, в быту, в медицине определило проблему электротравматизма как весьма актуальную, что обуславливается тяжестью поражения и часто возникающей после этого инвалидностью. Несмотря на достижения по технике безопасности в области электроэнергетики электротравматизм имеет место. И хотя повреждения электрическим током составляет 2-2,5% прочих травм, по количеству летальных исходов и инвалидности

они занимают одно из первых мест. Современные сведения об условиях поражения током и патологии электротравм основываются на анамнезе несчастных случаев и опытов на животных. (Ажибаев К.А., Вигдорчик Н.А., Еллинек С., Каплан Н.Д., Френкель Г.Л. и др.).

Электрический ток, как причина травм отличается рядом особенностей, которые определяют его опасность как повреждающего фактора:

- электрический ток незрим, не имеет ни запаха, ни цвета, действует бесшумно, а поэтому не обнаруживается органами чувств до начала его действия на организм.
- электрическая энергия обладает способностью превращаться в другие виды энергии, ток вызывает механические, химические, термические поражения, а также оказывает биологический эффект;
- невозможно без специальных приборов определить наличие напряжения в проводниках, а также пока электричество не превратится в иной вид энергии или пока человек не подвергнется действию тока;
- электрический ток при определенных условиях может оказывать повреждающее действие не только при непосредственном соприкосновении с ним, но и через предметы, которые человек держит в руках и даже на расстоянии; разрядом через воздух и через землю (например, при падении провода высоковольтной сети на землю).
- ток повреждает ткани не только в месте его входа и выхода, но и на всем пути прохождения через тело человека;
- при действии электрического тока может наблюдаться несоответствие между тяжестью поражения и длительностью его воздействия, и даже случайное точечное прикосновение к токоведущей части электрической установки за долю секунды может вызвать значительные повреждения;
- источником поражения могут быть даже предметы, никакого отношения к электрической установке не имеющие, даже сами пострадавшие пока они соприкасаются с проводником тока для тех, кто оказывает им помощь;
- иногда даже сами средства электрозащиты – неискровые защитные, ограждающие, заземляющие приспособления могут стать источником повреждения;
- защищаться от влияния электрического тока, обеспечивать его изоляцию следует не только со стороны электрического источника, но и со стороны земли и заземленных предметов.

Наиболее частые причины электротравм: (Э)

1. а) на установках сильных токов высокого и низкого (до 250 в) напряжения и при прохождении электрического тока через токоведущие части (провода, трансформаторы, двигатели, находящиеся под напряжением);
 - несовершенство, неисправность защитных приспособлений, ограждений, изоляции, нарушение правил (мер) предосторожности;
 - неосторожность, небрежность, случайность;

- неопытность, неосведомленность;
 - доступность электроустановок, отсутствие надзора за ними;
 - шалость, озорство;
 - самоубийство, убийство;
- б) через временно выключенные из сети токоведущие части при:
- неприятии всех мер к выключению из сети;
 - несогласованности в действиях (преждевременном включении тока);
- в) через части установок и предметы, обычно не находящиеся под напряжением и не требующие мер предосторожности при:
- повреждении изоляции;
 - прямом соприкосновении или соприкосновении через рот или иной проводник;
 - искровых разрядах;
 - блуждающих токах;
 - умышленном соединении с токоведущей частью предметов, не имеющих отношения к электросети, в целях охраны и защиты, в случае хулиганства, в целях убийства;

2. на установках слабых токов (телефон, телеграф) при:
- разряде в них атмосферного электричества (удар молнии);
 - соприкосновении с проводами высокого напряжения или сильного тока;
 - индукции искрового разряда и проводов высокого напряжения и др.

Различают:

1. Э, связанные с такими нарушениями нормальной работы электроустановок, при которых возникает электрическая цепь через тело человека;
2. Э, при которых не возникает электрической цепи через тело человека (ожоги, падение с переломами);
3. Смешанные Э, при которых пострадавший испытывает перечисленные виды поражений одновременно.

Эта классификация позволяет выявить возможные очаги и причины поражения электротоком, электротравматизм (Э, возникающие и повторяющиеся у некоторых групп населения в аналогичных трудовых, бытовых, спортивных и других условиях и ситуациях).

6. Общая характеристика электротравмы

Э. – травма, вызванная воздействием на организм электрического тока, характеризующаяся нарушением анатомических соотношений и функций тканей и органов, проявляющаяся местной и общей реакцией организма. Э. может произойти: а) при непосредственном контакте тела с источником электрического тока; б) при дуговом контакте, когда человек находится в непосредственной близости

сти от источника, но его не касается (рис. 1); в) при поражении вольтовой дугой; г) от «шагового напряжения». Напряжение шага или «шаговое напряжение» – разность потенциалов, находящихся друг от друга на расстоянии шага (0,8 м). Оно возникает на ограниченном участке земли ("электрический кратер"), по которому растекается электрический ток. Поражение в этом случае происходит, когда ноги человека касаются двух точек земли, имеющих различные электропотенциалы; оно возникает в случае, если на землю падает высоковольтный провод, при заземлении неисправного электрооборудования, разряде молнии на землю и др. Разность потенциалов будет тем больше, чем шире шаг (рис. 2).

Определенную опасность для человека могут представлять разряды от электрических органов некоторых крупных рыб. Электрические органы - парные образования, способные генерировать электрические разряды; служат для защиты, нападения, внутривидовой сигнализации и ориентации в пространстве. Развились в процессе эволюции. Разность потенциалов развиваемая на концах электрических органов может достигать 1200 В (электрический угорь), а мощность разряда в импульсе от 1 до 6 кВт. Разряды излучаются сериями залпов, форма, продолжительность и последовательность которых зависят от степени возбуждения и вида рыбы. Величина напряжения в разряде колеблется от 20 (электрические скаты) до 600 В (электрические угри), сила тока от 0,1 (электрический сом) до 50 А (электрические скаты). Рыбы, обладающие электрическими органами, переносят без вреда напряжения, которые убивают рыб, не имеющих электрических органов (электрический угорь - до 220 В).

Степень воздействия электрического тока на организм и тяжесть поражения им определяются: 1) физическими параметрами тока; 2) состоянием организма в момент поражения; 3) особенностями окружающей среды.

6.1. Роль физических параметров электрического тока

Изменения в организме при действии электрического тока зависят от напряжения и силы тока ($I = V/R$), рода тока (переменный или постоянный), времени действия, путей распространения тока по организму.

а) Значение напряжения, силы тока и сопротивления

В зависимости от напряжения Э. делят на:

- 1) низковольтные – не более 1000 В;
- 2) высоковольтные – выше 1000 В;
- 3) сверхвысоковольтные – десятки и сотни киловольт, а также поражение молнией.

С увеличением напряжения и силы тока его вредное действие повышается. Сила тока, проходящего через организм, зависит от массы тела и сопротивления тканей.

Суммарное (полное) сопротивление тела человека к переменному току – импеданс – складывается из активного (омического) и реактивного (емкостного) сопротивления тканей. Наибольшее сопротивление у наружного эпидермального слоя кожи (2000000 ом), сухая кожа ладоней имеет сопротивление от 1000000 до 2000000 ом. Ток напряжением 10 - 40 В вызывает пробой эпидермиса; пробой кожи, вызываемой напряжением 220 В, приводит к резкому снижению сопротивления тела с приближением к таковому при отсутствии эпидермиса. Сопротивление кожи в различных участках тела может колебаться от 10000 до 2000000 ом; сопротивление внутренних органов колеблется в пределах 100 - 3000000 ом; наибольшим сопротивлением обладают кости. Степень сопротивления тела человека также зависит и от целостности и увлажнения кожи в частности за счет потоотделения. Хорошая проводимость воды, высокая влажность воздуха играют важную роль в несчастных случаях. Предметы, не проводящие ток, смоченные водой, приобретают способность проводить ток.

Известны несчастные случаи у пожарных, которых поражал электрический ток из проводов горящего здания через находящиеся у них в руках брандспойты; шалости детей, направивших струю мочи на провода трамвая, проходившего под мостом, где стояли дети.

На величину сопротивления тела человека оказывает влияние ЦНС, изменяя степень кровенаполнения органов и тканей, секрецию потовых желез и др.

Таким образом, живой организм – разнородная среда, состоящая из плохо проводящих электрический ток белков и электролитов, обладающих высокой электропроводимостью. Уподоблять организм однородному проводнику нельзя, его особенность – многочисленные переходы от одного сопротивления к другому. По степени электропроводности ткани человека по восходящей распределяются следующим образом: спинномозговая жидкость, сыворотка крови, кровь, мышцы, внутренние органы, мозговая и нервная ткань, жировая ткань, сухожилия, сухая кожа, эпидермальный слой, кость без надкостницы.

Известны определенные участки тела с необычной (большой) проводимостью – электрорецепторы. У человека это тыльная часть кисти, шея, висок, спина, плечо. Главным проводником тока служат, как доказано, мышечные массы с питающей их капиллярной сетью.

Представления об оценке опасных и безопасных величин силы тока противоречивы. Указывается значение опасных токов от 25 до 11 мА; допустимых – от 1 до 50 мА (в ограниченном интервале времени – до 3 сек.). В общем можно сказать, что последствия действия электрического тока на организм определяются не абсолютными величинами его напряжения и сопротивления тканей, а их соотношением, в зависимости от которого находится сила тока, проходящего через организм человека.

б) Значение вида тока

Влияние переменного и постоянного тока не однозначно. Наиболее опасен переменный ток низкой частоты - 40-60 Гц. С увеличением частоты повреждающее действие тока понижается. Токи высокой частоты даже при высоком напряжении не опасны и применяются с лечебной целью (УВЧ, токи Тесла, дАрсонваль, диатермия и др.). Переменный ток напряжения до 500 В более опасен, чем постоянный ток того же напряжения. При напряжении в 500 В повреждающее действие переменного и постоянного тока примерно одинаково; при напряжении выше 500 В постоянный ток становится более опасным, чем переменным.

При действии постоянного тока имеет значение его направление, т.е. является ли ток восходящим (катод на краниальной части тела, анод – на каудальной) или наоборот.

Восходящий постоянный ток опаснее нисходящего того же направления. Это объясняют тем, что катод приводит к повышению возбудимости синусового узла, а анод - к понижению. Поэтому при восходящем направлении тока синусовый узел сердца находится под ускоряющим влиянием катода, верхушка - под угнетающим влиянием анода. При нисходящем токе синусовый узел подавляется анодом, а возбудимость верхушки сердца повышается катодом. Возбуждение, исходящее из синусового узла при восходящем токе наталкивается на своем пути на все формирующееся угнетение проводимости. Когда последнее находится ниже критической величины, наступает фибрилляция. При нисходящем токе волна возбуждения, исходящая из подавляемого анодом синусовидного узла, во время своего распространения ускоряется катодом. Поэтому при восходящем токе имеются все условия для возникновения фибрилляции в течение всего времени, пока цепь замкнута, в то время как при нисходящем токе условия существуют только в момент разрыва цепи.

в) Фактор времени

Повреждающее действие тока в значительной степени определяется продолжительностью его действия; с увеличением времени оно усиливается. Так, например, прохождение тока высокого напряжения и большой силы в течение 0,1 сек. и менее не всегда вызывает смерть. В то же время действие тока такой же силы и напряжения в течение 1 сек. всегда приводит к летальному исходу. Таким образом, предельно допустимые величины токов зависят от времени воздействия на человека.

г) Значение пути тока

Важное значение для исхода поражения имеют пути распространения тока – «петли тока». Разные авторы указывают на их различные варианты (7-10-12 вариантов), но эти понятия условные, т.к. путь электрического тока в организме всеобразен, хотя главная масса электричества проходит по прямой: ток распространяется по тканям тела от места входа к месту выхода (рис. 3). Самое опасное для организма прохождение тока через головной мозг и сердце (в начале диасто-

лы). Наиболее вероятные пути: нижняя петля (от ноги к ноге) – наименее опасная; верхняя петля (от руки к руке) – более опасна; самая опасная – полная петля (обе руки и обе ноги). В последнем случае ток проходит через сердце.

Вообще, летальный исход может наступить при всех видах петель, т.к. электрический ток, проходя через организм, раздражает все рецепторы, лежащие на его пути. Считают, что ток действует на все системы и органы, но больше всего страдают нервная и сердечно-сосудистая системы. Согласно существующим представлениям выделяют три главных направления распространения электротока в организме: кровеносные сосуды, мышечная ткань, нервные стволы.

6.2. Значение реактивности организма.

Последствия электротравмы в значительной степени зависят от функционального состояния организма, его чувствительности к электрическому току, которая определяется рядом факторов, основные из которых состояние регуляторных систем – нервной и эндокринной. Основоположник науки об опасности электричества для живого организма австрийский ученый С. Еллинек в конце 20-х годов нашего века впервые высказал предположение о том, что во многих случаях решающую роль при поражении электрическим током играет фактор внимания, подготовленности, ожидания удара электрическим током. Он писал: «Главная особенность электричества в том, что напряжение нашего внимания, наша твердая воля в состоянии ослабить действие электрического тока, а иногда и совершенно его уничтожить». В дальнейшем это было подтверждено рядом наблюдений.

Так, известно, что электрики нередко берутся за провода, чтобы убедиться в наличии в них тока и переносят эту манипуляцию без последствий. В то же время случайное прикосновение и неожиданное воздействие тока может вызвать у тех же людей тяжелые повреждения, вплоть до смертельного исхода. Описан случай, когда машинист брал в руки электроды с напряжением в 500 вольт и переносил это без последствий; прикоснувшись к этим же электродам случайно, он был убит. Аналогичные факты имели место в опытах на животных. Так, при пропускании электрического тока у кошки наблюдается кратковременное оглушение. Но если ее дразнить (например, показать собаку) и в момент ярости нанести воздействие током такой же силы, кошка переносит его без видимой реакции. Механизм этого явления полностью не изучен, полагают, что при неожиданном поражении электротоком имеет значение психический шок, который снижает устойчивость организма, углубляет тяжесть поражений. Возможно, имеет значение и формирование оборонительной доминанты при «подготовленности» к действию тока, которая подавляет его эффект. Высказывается предположение, что фактор внимания усиливает кровообращение в ЦНС, увеличивает потребление кислорода, что в свою очередь приводит к увеличению числа электронов в процессах биохимических реакций. Увеличенный или своеобразно усиленный поток зарядоносителей

сложнее нарушить импульсом небольшого тока, который имеется при поражении малым напряжением.

Подобные объяснения правомерны в основном при поражении током напряжением 220-380 В, при больших его значениях фактор внимания вряд ли может иметь существенное значение.

Тяжесть повреждающего действия электрического тока на организм во многом определяется функциональным состоянием нервной системы. Известно, что условия наркоза, глубокое, близкое к наркозу алкогольное опьянение, состояние «гипнотического сна» предохраняют человека и животного от действия электротока, понижают чувствительность к нему, ограждая нервные клетки от рефлекторного действия тока. В качестве примера можно привести наблюдение С. Еллинека. Электромонтер во сне почувствовал жжение в области затылка, которое было вызвано прикосновением к оголенным проводам ночника с напряжением в 220 вольт. Он проснулся и обнаружил на затылке ожоги на месте прикосновения к проводам, но никаких общих проявлений не отмечалось. В эксперименте показано, что раздражение шейного симпатического нерва понижает сопротивление кожи к электрическому току, а при нарушении его целостности наблюдается повышение чувствительности (Н.А. Вигдорчик). Повышение возбудимости нервной системы при скармливании кроликам тиреоидина также повышает чувствительность животного к электротоку. Резко возрастает чувствительность к электрическому току при тиреотоксикозе, гиперфункции щитовидной железы, при утомлении, истощении, отеках, повышенной гидрофильности тканей, психической и болевой травме, сердечно-сосудистой недостаточности, кровопотере. В опытах на животных выявлено, что различные фармакологические препараты меняют резистентность сердца к электротоку: катехоламины понижают ее - после инъекции адреналина фибрилляция желудочков наступает при меньшей силе и меньшей продолжительности действия тока. Ацетилхолин и раздражение блуждающего нерва ускоряют темп фибрилляции предсердий и не оказывают никакого влияния на фибриллярное сокращение желудочков. Если атропином полностью парализовать окончания блуждающего нерва в сердце, то пропускание тока совсем не отражается на темпе фибрилляции. Симпатомиметические амины усиливают уязвимость сердца к электрическому току, что связывают с повышением содержания калия в сыворотке крови.

Состояние депрессии, готовности к смерти, например, при попытках к самоубийству также облегчает действие тока. Тяжелее переносят Э. дети, старики, лица, страдающие хроническими заболеваниями.

6.3. Роль окружающей среды при электротравме.

Поражение электрическим током происходит в определенных условиях внешней среды, которые оказывают существенное влияние на тяжесть и исход Э. Так, отчетливо повышается опасность для жизни электрического тока при перегревании организма, сопровождающемся усиленным потоотделением. С повыше-

нием температуры окружающей среды переменный ток напряжением 36 В оказывается более опасным, чем постоянный напряжением 120 В.

Уменьшение резистентности к Э. при перегревании, видимо, связано с повышением возбудимости вазомоторного и дыхательного центра. У перегретых животных смерть от Э. наступает чаще от первичной остановки сердца. С другой стороны, охлаждение (при t^0 среды – 10^0) уменьшает опасность электрических поражений. Установлено повышение порога действия электрического тока при гипотермии и резкое его понижение при гипертермии. Летом электротравма протекает тяжелее, электротравматизм повышается. В странах с жарким и влажным климатом, в северных широтах с частыми туманами и выпадением большого количества осадков поражения электрическим током возникают чаще и протекают тяжелее.

Определенное влияние на тяжесть и исход электротравмы оказывает и уровень атмосферного давления. Так, при повышении атмосферного давления в подводных условиях и в барокамере устойчивость животных к Э. большая. Это связывается с повышением парциального давления кислорода во вдыхаемом воздухе, увеличением запаса кислорода в организме. С другой стороны, при понижении атмосферного давления (и понижении парциального давления кислорода с развитием гипоксии) достоверно повышается опасность Э. В последнем случае имеет значение и повышение электропроводности воздуха.

Метеорологические факторы могут увеличивать или уменьшать проводимость электротока в организме. Имеет значение обстановка и состояние помещения, в которых возникает Э. В подвалах с сырым земляным полом сопротивление значительно меньше, следовательно выше вероятность прохождения тока большей силы через организм. Опасна в этом отношении обувь с металлическими гвоздями на подошве, которые часто находят расплавленными, как и оплавленные монеты и ключи в карманах.

Кожаная, резиновая, шерстяная и шелковая одежда – хороший изолятор. Кожаная обувь на толстой кожаной и резиновой подошве, если она сухая, обладает высоким сопротивлением.

В эксперименте интенсивное ультрафиолетовое облучение в течение 15-30 мин. повышало устойчивость, а в течение 60 мин. – снижало резистентность к электрическому току.

Все вышесказанное свидетельствует о том, что практически трудно назвать абсолютно опасные и абсолютно безопасные величины тока, ибо тяжесть поражения определяется множеством факторов и их сочетанием и взаимодействием. Возникают парадоксы, когда остается живым человек, пораженный током в десятки тысяч вольт, а менее высокое напряжение убивает. Не случайно поэтому в свое время С. Еллинек (1921) утверждал, что всякий ток может убить, но не всякий ток убивает. «Убить человека электротоком трудно, но погибнуть от тока иногда очень несложно. Подчас легка и мгновенна смерть от небольшого напряжения, не превышающего напряжения в светильной сети и наряду с этим длительна и мучительна смерть при казни на электрическом стуле, когда убивают на-

пряжением 1200-2000 В. С другой стороны, хотя не всякий ток может убить, есть токи, которые почти обязательно убивают (Н.А. Вигдорчик, 1940). Большинство авторов считает, что такими токами, т.е. смертельными, являются токи силой выше 0,1-0,5 А.

Возможно ли привыкание к электрическому току?

Экспериментальные исследования показали, что животные, повторно поражаемые постепенно увеличивающимися дозами тока, переносят такие напряжения и силы тока, которые без предварительной подготовки были бы смертельны. Повторное не смертельное включение электрической цепи через тело животного делает его более резистентным к действию тока. У электриков, электромонтеров в сравнении с прочими пострадавшими обнаружена более легкая реакция на Э.

7. Механизм действия электрического тока

Электрический ток оказывает на организм специфическое и неспецифическое действие. *Специфическое* действие тока проявляется в биологическом, электрохимическом, электротермическом и электромеханическом эффектах, обусловленных перераспределением ионов (вибрационное действие).

Биологическое действие тока заключается в его воздействии на возбудимые ткани и в первую очередь на нервную систему и органы внутренней секреции. Происходит выброс в большом количестве катехоламинов (адреналина, норадреналина), изменяются соматические и висцеральные функции организма; происходит возбуждение скелетной и гладкой мускулатуры, возникают тонические судороги скелетных и гладких мышц. Биологическое действие распространяется на калий-натриевый градиент клеток и мембранные потенциалы, влияет на возникновение процесса возбуждения и другие явления в клетке.

Электрохимическое (электролитическое) действие тока проявляется в том, что ток, преодолев сопротивление кожных покровов, пронизывая ткани, вызывает электролиз, нарушение ионного равновесия в клетках, изменяет трансмембранный потенциал. Электролиз приводит к поляризации клеточных мембран: у анода скапливаются положительно заряженные ионы, возникает закисление среды, у катода – отрицательно заряженные – возникает щелочная реакция. Изменение распределения ионов существенно меняет функциональное состояние клеток. Происходит передвижение и белковых молекул, в результате чего кислота отнимает воду и наступает коагуляция белков (коагуляционный некроз), а в участках щелочной реакции происходит набухание коллоидов и возникает колликвационный некроз тканей (Л.М. Ишимова).

Процессы электролиза в сердечном синцитии могут вызвать укорочение периода абсолютной рефрактерности потенциала действия, а соответственно и сердечного цикла, приводящего к развитию кругового нарастающего ритма его работы (re-entry). Образующиеся при электролизе газы и пары придают тканям ячеистое строение.

Электротермическое действие тока обусловлено переходом электрической энергии при прохождении через ткани организма в тепловую с выделением большого количества тепла. В результате возникают поражения кожи – знаки тока (электрометки) – участки коагуляции эпидермиса – круглой или овальной формы, серовато-белого цвета, твердой консистенции, окаймленные валикообразным возвышением, западением в центре. Иногда электрометки представляют собой ссадины, поверхностные раны с обугленными краями. Иногда – очаги разрушения, идущие в глубину «электрометки на протяжении», наподобие огнестрельной раны, в которой ткани размозжены, оторваны. Нередко очаг разрушения представляет собой как бы отпрепарированный участок тела (препарирующее действие тока). Знаки тока обнаруживаются в 70-75%. Могут быть ожоги кожных покровов всех степеней вплоть до обугливания, расплавления костной ткани с выделением фосфорнокислого кальция и образования т.н. костных («жемчужных») бус. Это полые образования белого цвета, шаровидной, яйцевидной или многогранной формы, величиной от просяного зерна до горошины, состоящие из фосфорнокислой извести. Образование в них пустот связано с превращением в пар жидкостей, имеющихся в костях, под влиянием высокой температуры.

Встречаются: ходы тока в кости, расщепление ногтевой бугристости концевых фаланг, вздутие, искривление костей, секвестрация, образование костных жемчужин, спонтанная ампутация костных отрезков, остеопороз, декальцинация.

Электромеханическое (динамическое) действие тока может осуществляться двумя путями: посредством прямого перехода электроэнергии в механическую и действием образующегося пара и газа. Происходит расслоение тканей, даже отрыв частей тела, образование ран типа резаных, переломы костей, вывихи суставов, травмы черепа, сотрясения мозга и т.д. Совместное действие тепловой и механической энергии оказывает взрывоподобный эффект, повышенное давление воздушных масс может отбросить человека в сторону.

Неспецифическое действие тока – это действие, обусловленное другими видами энергии, в которые преобразуется электричество вне организма. Так, от раскаленных металлических проводников, от вольтовой дуги (400°С) от горения одежды, взрыва газа возникают термические ожоги. В результате излучения вольтовой дугой световых, ультрафиолетовых, инфракрасных лучей может возникнуть ожог роговицы, конъюнктивиты, атрофия зрительного нерва; от сильного звука при взрыве повреждение органа слуха; при падении с высоты – переломы костей, вывихи, ушибы, повреждение внутренних органов, компрессионные и отрывные переломы костей из-за судорожного сокращения мышц в момент электротравмы; отравление газами, содержащими распыленные частицы расплавленных металлов различных предметов, включенных в цепь. При падении в воду и потере сознания пострадавший может утонуть.

8. Патогенез и клиника электротравмы

Электрический ток, действуя на организм, вызывает местные и общие изменения. Однако разделение является условным, т.к. «местные» явления в большинстве случаев сопровождаются выраженными общими изменениями.

Различают ранние изменения, наступающие в момент прохождения тока и в первые 2-3 часа после электротравмы, а также поздние, проявляющиеся через несколько дней, месяцев. Электрический ток действует непосредственно на поврежденные им клетки и ткани и опосредованно, раздражая лежащие на его пути рецепторы и обуславливая рефлекторные реакции, выходящие далеко за пределы его приложения. Таким образом, общий эффект электрического раздражения складывается из непосредственного влияния его на клетки, ткани, органы и опосредованного вследствие раздражения лежащих на его пути экстеро- и интерорецепторов (бииррадиация). Наряду с грубыми анатомическими нарушениями, электрический ток вызывает специфические изменения в клеточных структурах на молекулярном и субклеточном уровнях, которые еще недостаточно изучены. Полагают, что в патогенезе электротравмы имеют значение не только ионизация атомов и молекул, но и изменения электрического потенциала органов и тканей.

В зависимости от условий электрический ток может вести весь патологический процесс до конца (смерть) и может выступать только как пусковой фактор (например, пребывание пострадавшего в состоянии шока уже после отключения цепи).

8.1. Местные явления

При действии тока местные явления проявляются главным образом в электроожогах. Различают контактные электроожоги, возникающие от выделения тепла при прохождении тока через ткани, оказывающие сопротивление электрическому току, и неспецифические (термические) ожоги, возникающие при воздействии пламени вольтовой дуги (рис. 4-10).

По глубине поражения электроожоги делят на 4 степени:

1 степень – покраснение кожи и знаки тока (электрометки);

2 степень – отслойка эпидермиса с образованием пузырей;

3 степень – коагуляция всей толщи дермы;

4 степень – поражение не только дермы, но и сухожилий, мышц, сосудов, нервов, кости вплоть до обугливания.

Электрические ожоги обладают рядом особенностей, отличающих их от термических ожогов: они возникают обычно в местах входа и напоминают форму проводника, пришедшего в соприкосновение с телом. Соответственно в местах входа тока может наблюдаться импрегнация металла в кожу. Разрушение металла и проникновение в кожу мельчайших его частиц происходит под влиянием механического и химического действия тока. При этом кожа приобретает в зависимости от вида проводника различную окраску: зеленоватую – при контакте с латуной; серо-желто-коричневую – при контакте со свинцом. Для электроожогов характерна малая болезненность или вообще отсутствие боли, которая сильно выражена при термических ожогах, что объясняется анестезирующим действием тока (парабиоз нервных и проводников).

Течение неосложненных местных изменений своеобразно. Процесс распада и отторжения не ограничивается явно пораженными участками, а идет дальше, в 2-3 раза превышая первоначальные границы. Заживление происходит значительно лучше, чем при термических ожогах, раны не склонны к нагноению, хотя иногда и осложняются профузным кровотечением вследствие нарушенного состояния сосудистых стенок, которые под действием электротока становятся более хрупкими и легко разрываются. В таком случае появляется опасность летального исхода у выздоравливающего человека.

Вскоре после действия тока (иногда через 2-3 недели) может развиваться некроз кожи и мышц, захватывающий и кость. Некротизированная ткань быстро мумифицируется и отделяется от здоровой ткани демаркационной линией. В некоторых случаях ситуация усугубляется развивающимся протеолизом и всасыванием продуктов распада собственных тканей организма.

При значительном поражении мышц и осложнении инфекцией имеется угроза травматического токсикоза (как при раздавливании тканей). Глубокий электроожог с проникновением в полость черепа может сопровождаться воспалительными изменениями в оболочках мозга и локальными поражениями ЦНС.

При ожогах черепа демаркация пораженных участков кости происходит медленно (2-3 мес.), поэтому первичная резекция нежизнеспособных тканей кости и ранние пластические операции нецелесообразны.

Поздние местные осложнения – грубые рубцовые деформации с развитием контрактур. После заживления ожогов в рубцовой ткани нередки невриномы; на месте электроожогов иногда длительно не заживающие язвы. Характерно замедленное отторжение струпа, образование грануляционной ткани и эпителизации.

8.2. Общие явления

При Э. общие явления проявляются в изменениях психики, нарушении деятельности центральной и периферической нервной, сердечно-сосудистой, дыхательной систем, внутренних органов, проницаемости сосудов, изменениях крови, судорожным синдромом.

Субъективные изменения могут быть различными: ощущение зуда в кончиках пальцев в месте прикосновения к проводнику, жгучая боль, толчок, дрожь. Возникает судорожное сокращение мышц.

Ток, допускающий разжатие руки, взявшей за провод, - «отпускающий». Верхний предел «отпускающих» токов (возможен отрыв с трудом, но без посторонней помощи) при влажных руках равен 13,5 мА (напряжение 30 В), при сухих руках – 10 мА (напряжение 80 В).

Нередко судорожное сокращение мышц «приковывает» пострадавшего к источнику тока. «Приковывающий» эффект делает невозможным самостоятельное освобождение от источника тока, что значительно увеличивает время его действия и отягощает Э. Если «приковывание» происходит при захвате за провода высокого напряжения, кожа на руках чернеет, слезает («перчатка смерти»), созна-

ние затемненное, сопровождается большей частью моторным возбуждением. Около 80 % пострадавших теряют сознание; большая часть из них приходит в себя после отключения от сети без каких-либо специальных мероприятий. Длительная потеря сознания (несколько часов и даже суток) наблюдается обычно при прохождении тока через головной мозг.

У перенесших Э. могут наблюдаться разнообразные расстройства. Объективно отмечается бледность кожных покровов, синюшность губ, холодный пот, вялость, апатия, адинамия, чувство разбитости, усталости, тяжесть во всем теле, общее угнетение или возбуждение, ретроградная амнезия, возможна истерия. Характерные для Э. симптомы – повышение внутричерепного давления и давления цереброспинальной жидкости, головная боль, светобоязнь, симптом Кернига. Возможны субарахноидальные кровоизлияния, очаговые поражения головного и спинного мозга, посттравматическая энцефалопатия, паркинсонизм, острая мозжечковая атаксия, нарушение проводимости спинного мозга. Встречаются (при поражении не очень высоким напряжением) спинноатрофические процессы, связанные с кровоизлияниями в спинной мозг в области передних рогов и серого вещества в окружности центрального канала – атрофия мышц, нарушения чувствительности с вазомоторными и трофическими расстройствами, иногда тазовые расстройства. Спинальные нарушения обычно проявляются не сразу, а спустя недели, месяцы. В большинстве случаев они обратимы. Нарушения в деятельности центральной нервной системы могут быть связаны с непосредственным прохождением тока, нарушениями кровообращения и дыхания, а также с сильным психотравматическим воздействием.

Иногда при общем удовлетворительном состоянии появляются изменения функции сердца: глухость тонов, систолический шум, слабый пульс, тахикардия, экстрасистолии, блокады, а также повышение АД.

При несмертельных Э. независимо от того, по какой петле проходит ток, электрокардиографически устанавливается наличие преходящей коронарной недостаточности («электрическая грудная жаба»). Если имеются атеросклеротические изменения в сердце, после Э. возможно возникновение инфаркта миокарда с последующим развитием фибрилляции; возможны и просто болевые явления в области сердца (коронарные боли). Поэтому человек, перенесший электротравму, даже, если он чувствует себя хорошо, не может быть оставлен без наблюдения, отпущен домой, а должен быть госпитализирован минимум на трое суток, поскольку его следует считать тяжелобольным.

В периферической крови – лейкоцитоз, изменения лейкоцитарной формулы, появление патологических форм клеток. Могут наблюдаться расстройства дыхания, травматическая эмфизема и отек легких, явления функциональной недостаточности печени, поражения кишечника, почек, мочевого пузыря, отеки, водянка суставов. Возможно понижение половой функции у мужчин, расстройства менструального цикла, выкидыши, бесплодие у женщин; выпадение волос или гипертрихоз на пострадавшей конечности. Эти явления иногда скоропроходящи, а ино-

гда держаться долго и стойко или появляются после большого или меньшего периода благополучия.

Со стороны органов чувств – вестибулярные расстройства (упорные головокружения). При непосредственном воздействии вольтовой дуги, вспыхивающей вблизи лица или при прикосновении к проводнику головы, – неврит ретиниты, хореоретиниты, неврит зрительного нерва, катаракты.

Отечественные и зарубежные клиницисты отмечают, что системное поражение при Э. с обширными ожогами протекает легче, чем без ожогов. Это объясняется тем, что обугливание тканей как бы создает значительное препятствие для проникновения тока или даже совсем не пропускает его за пределы ожога; при больших разрушениях все экстеро- и интерорецепторы, близкие к участку поражения, мгновенно погибают (сгорают) и в результате рефлекторный компонент выпадает.

По степени тяжести выделяют 4 группы Э., которые характеризуются следующими явлениями: 1. – судорожное сокращение мышц без потери сознания; 2. – судорожное сокращение мышц с потерей сознания; 3. – судорожное сокращение мышц с потерей сознания, нарушениями сердечной деятельности и дыхания; 4. – клиническая смерть («мнимая» смерть). Э. делят также на: а) приводящую к смертельному исходу; б) не приводящие к смерти, но вызывающие потерю трудоспособности; в) не сопровождающиеся потерей трудоспособности.

При прохождении электротока большой силы может наступить смерть в ближайшие 2-3 мин. после травмы, но внезапная смерть может наступить и после некоторого периода совершенно хорошего субъективного и объективного состояния.

8.3 Причины смерти при электротравме

Смерть при электротравме может наступить от: а) первичной остановки сердца (сердечная форма смерти); б) первичной остановки дыхания (дыхательная форма смерти); в) одновременной остановки сердца и дыхания (смешанная форма смерти); г) электротравматического шока (И.Р. Петров).

Сердечная форма смерти может быть обусловлена: а) необратимой фибрилляцией сердца; б) спазмом коронарных артерий; в) поражением сосудодвигательного центра; г) повышением тонуса блуждающего нерва.

Электрическая фибрилляция не возникает внезапно, между ней и нормальным ритмом существует переходный период. Первые нарушения работы сердца при протекании электротока через тело проявляются в виде урежения или учащения числа сердечных сокращений, затем появляются отдельные, потом и групповые желудочковые экстрасистолы («залпы»), вслед за которыми наступает фибрилляция, схватывающая все сердце. При этом мышечные волокна сокращаются не одновременно и независимо друг от друга. Фибриллирующее сердце хотя и «сокращается», но в такой максимальной беспорядочности, что его насосная функция сводится на нет, оно становится тождественным остановившемуся. Экс-

периментальные исследования показали, что сердце «уязвимо» для электротока только в состоянии его рефрактерности, которая на ЭКГ приходится на зубец «Т».

В эксперименте перевязка блуждающих нервов значительно уменьшает, а атропинизация исключает фибрилляцию сердца при пропускании электрического тока. Фибрилляция в определенной степени зависит от раздражения блуждающего нерва (И.Р. Петров). Введение адреналина способствует развитию фибрилляции, а ацетилхолин А предупреждает ее развитие. Увеличение калия и уменьшение кальция предохраняют от развития фибрилляции, а уменьшение калия и увеличение кальция способствует ее развитию (И.Р. Петров). При сердечной форме смерти цвет кожных покровов у пострадавшего белый, т.к. кровь быстро останавливается, отдача кислорода тканям не происходит, и нормальное содержание редуцированного гемоглобина не изменяет окраски кожи. Опасность электрофибрилляции состоит в том, что у человека она спонтанно не проходит (в большинстве случаев) и нужны специфические сверхсрочные средства для ее снятия.

У мелких животных (мыши, крысы, морские свинки, кролики, кошки и даже обезьяны макаки) фибрилляция сердца носит обратимый характер. У крупных животных, сравнимых по весу с весом человека (собаки, овцы, свиньи, телята), фибрилляция сердца спонтанно не прекращается.

Дыхательная форма смерти при Э. может иметь различные патогенетические механизмы: а) торможение или паралич дыхательного центра; б) судорожное сокращение дыхательных мышц, спазм голосовой щели; в) спазм позвоночных артерий, питающих дыхательный центр; г) электрическая асфиксия – нарушение проходимости дыхательных путей вследствие ларингоспазма. При Э. несмертельная остановка дыхания находится в пределах до 20 сек; задержка дыхания от 20 до 30 сек чаще всего смертельная, а выше 30 сек. – всегда смертельная. При первичной остановке дыхания появляется синюшность кожных покровов, связанная с накоплением восстановительного гемоглобина.

При одновременной остановке сердца и дыхания отмечается, как и при сердечной форме смерти, бледность кожных покровов. Поражение дыхательного и сосудодвигательного центров при Э. обусловлено как непосредственным повреждением нервных клеток в результате деполяризации их мембран и коагуляции цитоплазмы, так и рефлекторным влиянием со стороны вовлекаемых в процесс экстеро- и интерорецепторов.

Электротравматический шок. Электротравма, как и любая другая травма шокогенна, что ведет к фазному нейрогенному сдвигу в организме. Картина шока возникает при кратковременном прикосновении к токоведущему предмету у человека, если не развивается фибрилляция и не останавливается дыхание. При более длительном прохождении тока шок возникает за счет резкого болевого раздражения рецепторов, нервных стволов, болезненных судорог мышц и спазма сосудов (ишемическая боль).

При электрошоке нарушается взаимоотношение основных нервных процессов – возбуждения и торможения. Изменения функций при электрическом шоке протекает двухфазно. Первая (эректильная) фаза характеризуется возбуждением

центральной нервной системы, повышением артериального и венозного давления, одышкой, судорогами, которые могут продолжаться и после выключения тока. Судороги касаются и поперечно-полосатой, и гладкой мускулатуры, поэтому возможно непроизвольное мочеиспускание и дефекация. В некоторых случаях (если ток проходит через головной мозг) судороги напоминают приступ эпилепсии.

В патогенезе электрического шока имеет значение свойство тока воздействовать одновременно на кожные, тканевые, сосудистые и другие рецепторы. В данном случае ток выступает как чрезвычайно резкий раздражитель всех систем организма.

Фаза возбуждения особенно резко выражена и продолжительна при действии тока небольшой силы. При действии тока большой силы (100 мА и выше) эта фаза кратковременна и преобладает вторая фаза – торможение центральной нервной системы, резкое снижение кровяного давления, торможение дыхания, угнетение всех жизненных функций вплоть до потери сознания и состояния «мнимой смерти», когда останавливается дыхание, прекращаются сокращения сердца, исчезают рефлексы. Мнимая смерть может затем перейти в смерть истинную, биологическую.

Патогенез мнимой смерти до конца не выяснен. При мнимой смерти жизнь продолжается, но интенсивность ее проявлений ничтожна. Особенность мнимой смерти – возможность возврата к жизни человека, казавшегося мертвым, при использовании соответствующих лечебных мероприятий. Полагают, что электрический ток вызывает резкое запредельное торможение нервной системы, которое носит охранительный характер и делает возможным существование при минимальном потреблении кислорода. Большинство исследователей отождествляют состояние мнимой и клинической смерти. Однако некоторые авторы дифференцируют эти понятия, считая, что при мнимой смерти основные системы, обеспечивающие жизнь – кровообращение и дыхание, функционируют, но на минимальном уровне (человек жив, но производит впечатление мертвого), в то время как при клинической смерти обе системы не функционируют (К.А. Ажибаев).

9. Отдаленные последствия электротравмы

Отдаленные последствия Э. проявляются, прежде всего, в нервно-психических расстройствах, невротических состояниях. Возникает фобия по отношению к электротоку, длительно (до 3-х лет) сохраняющиеся истерические и психогенные реакции, неуверенность в себе, растерянность, нарушения зрительных восприятий и цветоощущения. Возможны параличи, эпилепсия. Припадки эпилепсии описаны как после действия электрического тока, так и после поражения молнией; могут наблюдаться упорные головные боли, нарушения памяти, эмоциональная и вегетативная лабильность, периферические вегетативные синдромы (локальный цианоз, гипергидроз или ангидроз). Локальное поседение или выпадение волос; понижение адаптации к темноте, низкое внутричерепное давле-

ние, помутнение хрусталика, катаракта, частичная или полная атрофия зрительного нерва. Нередко развивается ишемическая болезнь сердца, инфаркт миокарда, сахарный диабет, заболевания щитовидной железы, половых органов, аллергические болезни. Возможно, эти заболевания связаны с провоцирующим действием тока на скрытые или начальные их формы. В детском возрасте – значительные изменения характера и психики, раздражительность, пугливость, обидчивость, плохой сон, повышенная утомляемость. Отмечается, что у электромонтеров чаще наблюдается раннее развитие атеросклероза, эндартериита, вегетативных расстройств.

Отдаленные последствия в хирургических случаях (электроожоги) как с функциональной, так и с косметической стороны более благоприятны, чем при термических ожогах.

10. Хронические электротравмы

Воздействие электрического тока может вызвать хронические электротравмы. В литературе имеются указания о том, что длительное пребывание в электрических полях, образующихся вблизи мощных генераторов УВЧ, может способствовать возникновению раннего атеросклероза, ригидности периферических сосудов, головных болей и пр. Ношение на голове токоведущих аппаратов, даже изолированных (слуховые трубки у телефонисток, радистов), могут привести к патологическим изменениям слухового аппарата, понижению слуха, утомляемости от воздушных хронических контузий через мембрану трубки. Суммарное воздействие акустических и электрических факторов (у телефонисток) способствует возникновению заболеваний нервной и сердечно-сосудистой систем. Симптомы хронической электротравмы - головная боль, быстрая утомляемость, чувство разбитости, расстройства сна, состояние растерянности и невозможность сосредоточиться, забывчивость, боли в сердце, потеря веса; в ряде случаев – расширение зрачков, дрожание конечностей, снижение или повышение чувствительности в дистальных отделах конечностей, снижение кровяного давления, урежение пульса, стойкий красный дермографизм, расстройства менструального цикла, моноцитоз, а также сухость конъюнктивиты, ощущение песка в глазах, иногда временные резкие расстройства зрения. В эксперименте у кроликов обнаруживались катаракты. Профилактика хронических электротравм – улучшение условий труда, борьба с профвредностями.

11. Поражения от разрядов атмосферного электричества (молнии)

Первые научные наблюдения в России о действии природного электричества на организм принадлежат М.В. Ломоносову. Его большая заслуга состоит в том, что он на основе большого числа опытов в лаборатории и наблюдений грозовых явлений создал первую достаточно обоснованную гипотезу о природе атмо-

сферного электричества, появляющегося при перемещении масс воздуха, накоплении носителей электричества, которые возникают при трении воздушных масс.

Молния представляет собой гигантский разряд атмосферного электричества, которым заряжено каждое несущееся над землей грозовое облако. Напряжение атмосферного электричества достигает миллионов вольт, сила тока измеряется сотнями тысяч ампер. Скорость молнии 100000 км/час (треть скорости света), а t^0 в 6 раз выше, чем на поверхности солнца, поэтому каждый предмет, застигнутый молнией, почти всегда сгорает. Длительность разряда составляет доли секунды, редко доходя до одной секунды. Поражение молнией возможно вне помещения и в помещении во время грозы у включенного в сеть электрооборудования. Поражающие факторы атмосферного электричества: 1) электрический ток; 2) световая и звуковая энергия; 3) ударная волна. Световой эффект возникает от сильного нагрева воздуха (более десятка тысяч градусов), следствием чего и является мощный световой импульс – молния. Ударная волна возникает в результате разогревания воздуха и повышения давления в зоне разряда атмосферного электричества. Она сопровождается звуковым эффектом (громом), вызывает взрывоподобное действие воздуха, обладает огромной механической энергией.

Поражения молнией по их характеру делятся на первичные и вторичные. Первичные возникают при непосредственном попадании молнии в поражаемый объект; вторичные – в случаях, когда поражения происходят в результате физических явлений, возникающих в природе при появлении молнии (статическая индукция, электрические магнитные поля и т.д.). В общих чертах действие молнии сходно с действием электрического тока высокого напряжения, за исключением тех случаев, когда в результате колоссальной энергии и вызываемых ею взрывоподобных сотрясений воздуха тяжело повреждаются механически и даже отрываются отдельные части тела, а человека отбрасывает на большое расстояние. Такой же эффект может возникнуть от судорожного сокращения скелетной мускулатуры при непосредственном ударе молнии. Кроме того, для действия молнии характерны глубокая и длительная потеря сознания, остановка дыхания, угнетение сердечной деятельности, значительно более частая симметричность моторных расстройств со стороны периферических нервов, большая их обратимость, преимущественное появление их в нижних конечностях (параличи, парезы). Считают, что симметричность обусловлена прямым поражением от головы к обеим ногам, а преимущественное поражение нижней части тела – непрямым поражением через землю шаговым напряжением (от одной ноги к другой). Знаки тока на коже и ожоги при поражении молнией имеют причудливую форму, отличаются большой протяженностью. По ходу тока образуются древовидные ветвящиеся темно-красные или розовые знаки тока – фигуры молнии, исчезающие при надавливании. Считают, что они возникают в результате местного паралича сосудов и небольших кровоизлияний по их ходу. Есть мнение, что фигуры молнии могут зависеть от своеобразного отпечатка формы электричества. Фотографический снимок молнии показывает, что она имеет большое сходство по своей форме с формой

молниевой фигуры у людей. Фигуры молнии сохраняются до двух суток, затем постепенно бледнеют и исчезают.

Лечение пострадавших не отличается от лечения пораженных техническим электричеством высокого напряжения.

Профилактика: повышенная осторожность во время грозы. В домах, где нет молниеотводов (одноэтажные, в сельских местностях) надо выключить телевизор, радиоприемник, закрыть окна, двери, трубы в печках, прекратить разговоры по загородному телефону. Описаны случаи попадания в комнату шаровой молнии, которая может взорваться и даже разрушить здание. Во время грозы нельзя находиться на открытой местности – в поле, на берегу реки, моря. В лесу не следует укрываться под одиноко стоящим деревом или возвышающимся над другими деревьями, которые могут стать центром электрического кратера, вокруг которого ток растекается по земле, ибо через такое дерево часто происходит разряд молнии. Наиболее опасны дуб, тополь, сосна. Редко молния ударяет в березу или клен, почти никогда в кустарник. Небезопасно находиться на возвышенных местах вблизи высоких мачт, столбов и др.; нельзя становиться на сырые пни, которые заземлены через корни. Оказавшись на открытой местности, рекомендуется выбрать низкое место (яму, траншею).

Оказание первой эффективной помощи на месте происшествия и последующее лечение осложнений в стационарных условиях при поражении молнией, как и техническим электричеством, определяют судьбу пострадавшего.

12. Принципы оказания первой помощи при электротравме

Оказать первую помощь пострадавшему до прибытия врача должен уметь каждый. Первая помощь на месте происшествия при поражении электрическим током часто решающий фактор в спасении пострадавшего от смерти. В большинстве случаев пострадавшего можно спасти, если помощь оказать незамедлительно, в позднем же периоде она будет неэффективна. При оказании помощи следует учитывать, что пострадавший, находясь в тяжелом состоянии, может все слышать, но не может говорить в результате спазма мышц, суживающих голосовую щель.

Если пострадавший находится под действием тока, необходимо, прежде всего, принять меры к его освобождению от соприкосновения с проводником. Оказывающий помощь должен обеспечить собственную безопасность, помня, что и сам пострадавший является в таких случаях проводником тока и прикосновение к нему также опасно, как и к источнику тока. Если нельзя быстро выключить ток (отключить рубильник или выключатель), надо перерезать провод инструментом (топором) с непроводящей ток сухой деревянной ручкой или кусачками с защитной изоляцией на рукоятке, надев сухие калоши или став на сухую доску, сверток сухой одежды и т.д. Если на пострадавшего упал конец оборвавшегося провода, надо его оттянуть сухим не металлическим предметом (палкой, доской, веревкой и др.) или оттащить пострадавшего от проводника таким же предметом или руками, обернутыми в непроводящую ток ткань, не касаясь обнаженных частей тела.

После освобождения пострадавшего из-под тока следует убедиться, что у него нет смертельных внешних повреждений (обгорание всего тела, раздробление черепа). При таких повреждениях мероприятия по оживлению будут бесполезными. Поскольку на месте трудно отличить мнимую смерть от истинной, необходимо немедленно приступить к искусственному дыханию «рот в нос» или «рот в рот» и непрямому массажу сердца при отсутствии пульса. Оживление удается даже после 3-4 часов искусственного дыхания.

Достоверный признак биологической смерти - появление трупных пятен на спине и других отлогих местах тела, а также трупное окоченение. Все другие изменения не должны приниматься во внимание.

После того, как пострадавший придет в себя, его следует оставить в лежачем положении на мягкой подстилке, уберечь от охлаждения, укрыть одеялом, обеспечить максимальный покой, достаточный доступ воздуха, по возможности дать крепкий чай, немного вина или коньяка. При наличии ожогов – асептические повязки.

Однако после восстановления сознания могут остаться и нарастать явления шока, вынуждающие к дальнейшему проведению противошоковой терапии. Для предупреждения осложнений независимо от состояния – госпитализация для противошоковых мероприятий и оксигенотерапии. Учитывая, что даже при хорошем самочувствии пострадавшего во время транспортировки может внезапно возникнуть спазм коронарных сосудов и наступить смерть, эвакуировать надо только в лежачем положении. По возможности больного следует направить в реанимационное или ожоговое отделение, где проводится вся комплексная противошоковая терапия. При необходимости – дефибриляция сердца.

Смысл дефибриляции заключается в том, чтобы вызвать мощную экстрасистолу всего сердца и восстановить тем самым ритм сокращений.

При дефибриляции происходит упорядочение, восстановление присущего живому организму движения зарядоносителей – восстанавливается прежняя электропроводность.

Существующий распространенный предрассудок о необходимости закапывания в землю ног и туловища пострадавшего для отведения электрического тока не имеет научных оснований. Для организма это вредно и очень опасно, т.к. приводит к сдавлению и ограничению экскурсий грудной клетки, нарушению дыхания, охлаждению тела, теряется время, необходимое для оказания действенных мер. Кроме того, ожоговая поверхность загрязняется землей и микробной флорой, в частности, анаэробной.

Первую помощь при возникновении электрических ожогов надо оказывать обычным для ожогов способом, заботясь о возможности обеспечить в дальнейшем сухое ведение ожога, что гарантирует хорошие результаты лечения.

Сопровождающий электрические ожоги резкий отек имеет большое значение при челюстно-лицевых поражениях (у монтеров, детей). Отек верхних дыхательных путей может нарушать дыхание, тогда возникает необходимость трахеотомии.

Лечение общих расстройств – то же, что и лечение аналогичных расстройств, вызванных другими причинами (как при обмороке, коллапсе, шоке).

Профилактика электротравмы заключается в мероприятиях по технике безопасности и охране труда.

13. Тестовые вопросы для самоконтроля

1. Каковы особенности электрического тока как повреждающего фактора?
2. При каких обстоятельствах может наступить поражение электрическим током?
3. Как влияют физические параметры электрического тока на тяжесть электротравмы?
4. Какое значение имеет реактивность организма при поражении электрическим током?
5. Как влияет окружающая среда на тяжесть электротравмы?
6. В чем заключается специфическое действие тока?
7. В чем проявляется неспецифическое действие тока?
8. Какие местные явления возникают при поражении электрическим током?
9. Какие общие явления наблюдаются при электротравме?
10. Каковы возможные причины смерти при электротравме?
11. Что такое "мнимая смерть" при электротравме?
12. Дайте характеристику отдаленных последствий электротравмы.
13. В чем проявляется хроническая электротравма?
14. Каковы особенности поражения атмосферным электричеством?
15. Каковы принципы оказания первой помощи при поражении электричеством?

14. ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Патологическая физиология. Под ред. А.Д. Адо и В.В. Новицкого. Изд-во Томского ун-та, Томск, 1994, 468 с.
2. Патологическая физиология. Под ред. Н.Н. Зайко и Ю.В. Быця. Киев, «Логос», 1996, 644 с.

Дополнительная

1. Ажибаев К.А. Физиологические и патофизиологические механизмы поражения организма электрическим током. Изд. «Илим», Фрунзе, 1978, 267 с.
2. Каплан А.Д. Поражение электрическим током и молнией, Медгиз, М. 1951, 101с.
3. Манойлов В.Е. Электричество и человек, Л., Энергоатомиздат, 1982, 150 с.
4. Непочатых Г.П. Поражение электротоком. М., Медицина, 1971, 15 с.
5. Орлов А.Н., Саркисов М.А., Бубенко М.В. Электротравма. Л., Медицина, 1977, 151 с.
6. Туркменов М.К. Патофизиология угрожающих состояний при электротравме. Повреждения и регуляторные процессы организма. Тез. докл. III Всесоюзного съезда патофизиологов (16-19 ноября 1982 г., Тбилиси), М., 1982, с. 299.
7. Хоменко В.И. К вопросу об отдаленных последствиях электротравмы. Судебно-медицинские записки. Изд. «Штыница», Кишинев, 1977, с. 38.
8. Щадинский В.В. Без опасности здоровью. М: Знание, 1992,- 64 с. /Новое в жизни, науке и технике /, Сер. «Медицина», № 4.

О Г Л А В Л Е Н И Е

1.	Мотивационная характеристика темы.....	3
2.	Цель занятия. Целевые задачи. Структура и порядок проведения занятия.....	3
3.	Контрольные вопросы по смежным дисциплинам.....	5
4.	Контрольные вопросы по теме занятия.....	5
5.	Особенности электрического тока как повреждающего фактора....	5
6.	Общая характеристика электротравмы.....	7
6.1.	Роль физических параметров электрического тока.....	8
6.2.	Значение реактивности организма.....	13
6.3.	Роль окружающей среды при электротравме.....	14
7.	Механизм действия электрического тока.....	16
8.	Патогенез и клиника электротравмы.....	17
8.1.	Местные явления при действии тока.....	18
8.2.	Общие явления при действии тока.....	20
8.3.	Причины смерти при электротравме.....	22
9.	Отдаленные последствия электротравмы.....	24
10.	Хронические электротравмы.....	25
11.	Поражения от разрядов атмосферного электричества.....	25
12.	Принципы оказания первой помощи при электротравме.....	27
13.	Тестовые вопросы для самоконтроля.....	29
14.	Литература.....	29