
ТЕОРЕТИЧЕСКАЯ МЕДИЦИНА

О ВОЗМОЖНОСТИ ОЖИВЛЕНИЯ ПОРАЖЕННЫХ ТОКОМ

Проф. В. А. Неговский и Н. Л. Гурвич

Решение вопроса об оживлении пораженных током тесно связано с другим, более общим вопросом: о возможности оживления организма после наступления видимых признаков смерти — остановки сердца и прекращения дыхательных движений. Еще сравнительно недавно считали, что с прекращением сердечной деятельности и дыхания наступает необратимая смерть организма, когда дальнейшие попытки оказания помощи теряют всякий смысл. Современная медицинская наука выявила ошибочность такой точки зрения: остановка сердца и дыхания не всегда является показателем необратимой смерти; при известных условиях можно восстановить эти жизненно важные функции и таким образом сохранить жизнь всего организма.

Возможность длительной, эффективной работы изолированного сердца теплокровного была впервые доказана в 1885 г. великим русским ученым акад. И. П. Павловым в его совместной работе с Н. Я. Чистовичем. Позднее, в 1902 г., профессор физиологии Томского университета А. А. Кулябко оживил вырезанное из трупа сердце человека, создав искусственную циркуляцию питательного раствора через сосуды этого органа. Оживленное изолированное сердце сокращалось в течение многих часов после смерти организма.

В 1913 г. другой русский ученый, ныне лауреат Сталинской премии Ф. А. Андреев показал возможность оживления только что убитой собаки при помощи искусственного питания сердца через сонную артерию. Нагнетаемый в сонную артерию питательный раствор, поступающий под давлением в сосуды сердца, восстанавливает нормальную работу последнего и тем самым приводит к восстановлению естественного кровообращения и оживлению всего организма. Таким образом, была научно доказана возможность оживления не только отдельных органов, но и целого организма.

Эти работы русских ученых послужили началом дальнейшей разработки более совершенных способов оживления организма. В результате многолетнего изучения этой проблемы в лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма была разработана эффективная методика оживления организма, пригодная для применения в медицинской практике.

Оживление организма по этой методике проводится путем центрипетального (по направлению к сердцу) нагнетания крови в одну из периферических артерий — локтевую или лучевую. Нагнетаемая таким образом кровь достигает дуги аорты, захлопывает полулунные клапаны и поступает в венечные артерии, создавая кровоток в сердечной мышце. Последняя получает недостающее ей питание в виде крови с глюкозой, а добавленный к крови адреналин создает стимул к сокращению. Кровь нагнетается в артерию через вставленную в нее полую иглу под давлением 150—200 мм ртутного столба из обычной ампулы для переливания крови (рис. 1). К ампуле с помощью тройника присоединяют резиновую грушу для создания давления и тонометр для контроля за дав-

лением при нагнетании. К обычной консервированной крови добавляют на каждую ампулу 50 мл 40% раствора глюкозы и 0,5—1 мл раствора адреналина в разведении 1 : 1 000. Когда сердечная деятельность становится достаточно мощной, артериальное нагнетание прекращают. К этому времени в артерию обычно бывает введено 1½—2 ампулы крови. В вену кровь вводят в количестве, необходимом для данного больного, в зависимости от кровопотери и общего состояния.

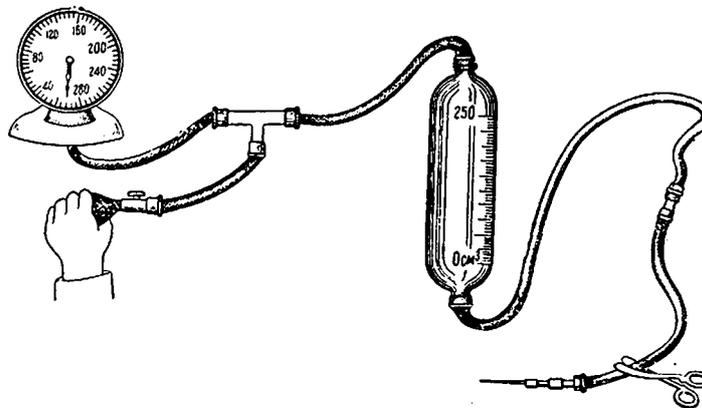


Рис. 1. Ампула, готовая к нагнетанию крови

Другим важным моментом в методике оживления является искусственное дыхание, которое производят при помощи аппарата, вдвухающего воздух в легкие. Это обеспечивает лучшую вентиляцию легочного воздуха, чем ручной способ искусственного дыхания. Еще более существенное преимущество применения аппарата для искусственного дыхания состоит в том, что при активном вдвухании воздуха более сильное периодическое растягивание легочной ткани вызывает рефлекторное возбуждение нервных клеток дыхательного центра в продолговатом мозгу и способствует более быстрому восстановлению самостоятельного дыхания. Аппарат для искусственного дыхания построен по типу кузнечных мехов (рис. 2 и 3) и состоит из насоса или баллона со специальными приспособлениями, регулирующими ритмическую подачу и отсасывание воздуха. В гортань больного через рот (рекомендуется пользоваться специальным ларингоскопом) вводят трубку-интубатор, которая соединяется с аппаратом для искусственного дыха-

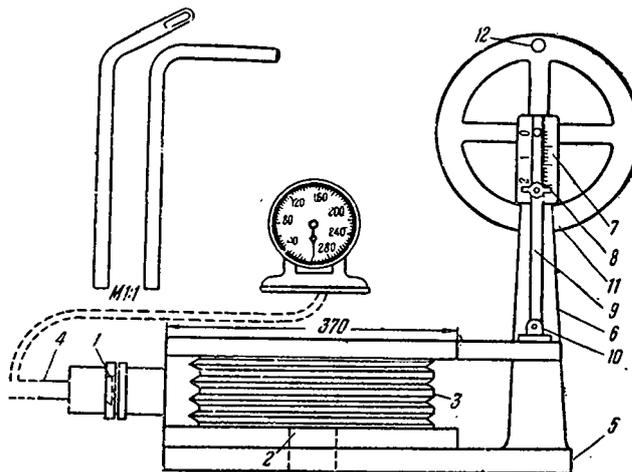


Рис. 2. Схематический чертеж однокамерных мехов.

- 1 — выходной клапан; 2 — входной клапан; 3 — мехи;
- 4 — выходной патрубок; 5 — основание; 6 — стойка;
- 7 — кривошип со шпалой; 8 — зажимной барашек;
- 9 — шатун; 10 — крепление шатуна к мехам; 11 — приводное колесо; 12 — ручка для вращения

ния. Частота вдохов 20—30 в минуту. Мехи при каждом вдувании нагнетают в легкие взрослого человека 1—1,5 л воздуха под давлением 15 мм ртутного столба. С восстановлением самостоятельного дыхания частота искусственных вдохов уменьшается до 10—16 в минуту. Установлено, что такой способ искусственного дыхания значительно эффективнее, чем обычно применяемые ручные методы искусственного дыхания.

Путем применения этой методики оживления в период Великой Отечественной войны была сохранена жизнь не одному воину

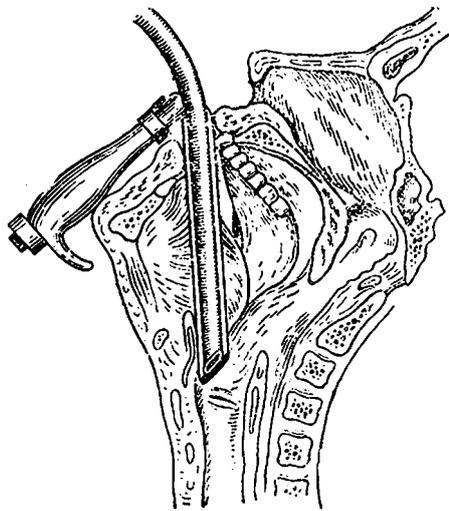


Рис. 3. Введение трубки в трахею под контролем ларингоскопа

Советской Армии в случаях, когда обычные меры помощи оказывались уже бессильными. В условиях мирной жизни методика оживления нашла себе применение во многих случаях, когда наступление смерти было вызвано устранимой причиной и не сопровождалось повреждением жизненно важных органов, например, при смерти от кровопотери, операционного шока и пр.

Успех мероприятий по оживлению в значительной степени зависит от срока, прошедшего с момента наступления видимых признаков смерти — остановки сердца и дыхания. Опыты на животных, равно как и клинические наблюдения, показали, что головной мозг наиболее чувствителен к недостатку кровообращения.

После 5—6 минут полного отсутствия кровотока в мозгу (период так называемой клинической смерти) возможность восстановления всех его функций становится сомнительной. Предел выносливости мозга к отсутствию кровообращения является, таким образом, и пределом длительности срока возможного восстановления жизненных функций полноценного, работоспособного организма. По истечении этого срока можно еще восстановить работу сердца и даже легких, но организм в целом оказывается уже нежизнеспособным.

К числу случаев внезапной смерти, когда мероприятия по оживлению могут оказаться весьма эффективными, относится и смерть от поражения электрическим током. Нужно, однако, иметь в виду, что в связи с некоторыми особенностями умирания организма, пораженного током, методика оживления в данном случае более сложна, чем, например, при смерти от кровопотери. В отношении вопроса о причине смерти при электротравме не существует единого мнения. До недавнего времени часть электропатологов (Вигдорчик, Каплан и др.) придерживалась ошибочного взгляда венского врача Еллинека, который считал, что смерть при электротравме обуславливается прекращением дыхательных движений и может быть предотвращена своевременно проведенным искусственным дыханием.

Такое представление о механизме смерти при электротравме не вполне соответствует экспериментальным данным, полученным при изучении действия электрического тока на организм животных. Исследования многих авторов (Ф. А. Андреев, Петров, Бресткин и др.) показали, что непосредственной причиной смерти в большинстве случаев электротравм служит, повидному, не прекращение дыхания, а нарушение ра-

боты сердца, которое не может быть устранено только искусственным дыханием. Своеобразное нарушение сердечной деятельности под влиянием электрического тока выражается в возникновении беспорядочных одновременных сокращений отдельных волокон (фибрилл) сердечной мышцы. Эти так называемые фибриллярные сокращения (фибрилляция), которые продолжаются беспрерывно в виде мелких подергиваний сердечной мышцы, неспособны нагнетать кровь в сосуды, вследствие чего кровообращение останавливается и организм погибает. Из-за большей чувствительности сердечной мышцы к электрическому раздражению даже слабый ток — порядка 0,1 ампера — является опасным, если сердце находится на пути его прохождения. Наблюдениями было установлено, что опасность действия сравнительно слабого тока на организм определяется в основном силой той части общего тока, которая протекает непосредственно через сердце. Закономерное возникновение фибрилляции сердца наблюдалось, когда сила тока, протекающего через этот орган, достигала 8—15 миллиампер (в зависимости от величины и других особенностей испытуемого животного). Такая сила части тока, протекающего непосредственно через сердце, зависит не от силы общего тока, протекающего через весь организм (от 90 до 243 миллиампер), а обуславливается характером распределения тока при различных положениях электродов. Наибольший процент тока, протекающего через сердце (до 10%), отмечался при контакте передними и задними конечностями. При контакте же одними передними конечностями через сердце проходило всего около 3—4% общего тока, что соответственно повышало пороговую величину поражающего тока.

Представляет интерес, что очень сильный ток в отличие от слабого не вызывает фибрилляции сердца. Так, в эксперименте на собаках фибрилляция сердца не наступала при повышении силы тока, протекающего непосредственно через сердце, выше 0,5 ампера (что приблизительно соответствует нескольким амперам тока, протекающего через весь организм). Этой особенностью действия сильного тока на сердце объясняются известные случаи выживания людей, оказавшихся под высоким напряжением, и многочисленные случаи смертельного поражения током низкого напряжения (110—220 вольт). Парадоксальность этого факта приводила к отрицанию существования строгой закономерности в реакции организма на действие электрического тока (Еллинек). Между тем такая закономерность безусловно существует, и выживание людей, подвергшихся действию сильного тока, можно объяснить тем, что у них не возникла фибрилляция сердца. Прекратившееся же под действием сильного тока дыхание может быть восстановлено искусственным путем¹.

Такое представление о механизме смерти при электротравме находится в полном согласии и с данными статистики, согласно которым при поражении током высокого напряжения наблюдается относительно больший процент случаев с благополучным исходом, чем при поражении током низкого и среднего напряжения (110—220 вольт).

При перенесении на человека закономерностей, установленных при изучении действия тока на организм животных, необходимо учитывать особенности более высоко развитой нервной системы человека. Не исключено, что именно благодаря этим особенностям у человека могут наступить не наблюдаемые у животных потери сознания и остановка дыхания под влиянием действия тока, сила которого недостаточна для того, чтобы вызвать фибрилляцию сердца. Этим, повидимому, можно

¹ Предрассудок о пользе закапывания в землю пострадавших от действия электрического тока не имеет реального обоснования. Применение в прошлом такого «способа оживления» вместо немедленного проведения искусственного дыхания приносило несомненный вред.

объяснить случаи успешного оживления с помощью одного только искусственного дыхания при поражении током низкого напряжения (110—220 вольт). Не менее часты случаи электротравм, когда даже своевременно проведенные меры помощи не дают положительных результатов. Это можно объяснить тем, что обычно применяемые средства помощи—искусственное дыхание, введение возбуждающих веществ и т. п. — не способны восстановить нормальную работу сердца в случае наличия фибрилляции. При отсутствии же сердечной деятельности и кровообращения все эти средства теряют смысл, поскольку ни кислород из легких, ни лекарственные вещества не могут быть доставлены к тканям и оказать свое полезное действие. Отсюда становится очевидным, что при спасении пораженных током, наряду с искусственным дыханием и другими средствами оживления, может оказаться необходимым применение еще и специальных мер для устранения фибрилляции сердца.

Давно известно, что наиболее верным средством для устранения фибрилляции сердца, вызванной электрическим током, является более сильное электрическое воздействие. Этот факт был установлен еще в 1899 г., но авторы, впервые описавшие его, допустили обычную для исследователей того времени ошибку и приписывали способность сильного тока прекращать фибрилляцию его особому «тормозящему свойству» в противоположность «возбуждающему свойству» слабого тока, который вызывает это состояние. С такой неправильной позиции казалось естественным, что для прекращения фибрилляции необходима не только большая сила, но и большая длительность электрического воздействия (секунды!), чем для обычного однократного возбуждения (тысячные доли секунды).

Эта теоретическая ошибка предрешила ряд неудач при более поздних попытках практически использовать электричество для оживления пораженных током. Исходя из ошибочного представления о необходимости «затормаживать» фибриллярные сокращения сильным и длительным электрическим воздействием, зарубежные авторы применяли для этой цели переменный ток. Но при том высоком напряжении, которое необходимо для прекращения фибрилляции (3 000 вольт при 25 амперах), переменный ток представляет большую опасность как для пострадавшего, так и для людей, оказывающих помощь. Эта опасность, которая еще более увеличивается при необходимости проведения экстренных мероприятий, послужила причиной того, что применение электричества для оживления пораженных током оставалось «лабораторным курьезом» и не имело, казалось, никакой перспективы для практического использования при несчастных случаях с людьми¹.

Вопрос об устранении опасности, связанной с применением электричества для оживления пораженных током, был разрешен в СССР. В 1939 г. Н. Л. Гурвич и Г. С. Юнъев показали возможность прекращения фибрилляции сердца у экспериментальных животных посредством конденсаторных разрядов, пропущенных через грудную клетку. Замена весьма опасного в обращении переменного тока высокого напряжения малоопасным для организма конденсаторным разрядом явилась важным шагом вперед на пути практического освоения электрического метода прекращения фибрилляции сердца. Дальнейшее изучение в Совет-

¹ В последнее время появилось несколько сообщений зарубежных авторов о случаях применения переменного тока для прекращения фибрилляции сердца, возникшей у больных в клинической обстановке. Грудная клетка вскрывалась и электроды накладывались непосредственно на сердце (с целью снизить величину необходимого напряжения). При напряжении в 135 вольт требовалось повторное воздействие током; продолжительность воздействия доходила до 0,5—1 секунды. Большая часть этих попыток закончилась неудачно. Тем не менее 8 больным удалось спасти жизнь, несмотря на грубость приемов и длительную задержку, связанную с серьезным оперативным вмешательством.

ском Союзе механизма возникновения и прекращения фибрилляции под действием различных видов электрического тока (переменного тока и конденсаторных разрядов) показало, что оба эти явления подчинены общеизвестной закономерности действия электрического раздражения на другие возбудимые ткани. С установлением этого факта стало очевидным, что продолжительность электрического стимула для прекращения фибрилляции сердца может быть ограничена немногими миллисекундами (см. выше). Вместе с тем выяснилось, что необходимость высокого напряжения и большой силы тока связана не с каким-то особым «торможением», как предполагали зарубежные авторы, а с необходимостью равномерного пронизывания током всей массы сердечной мышцы. Вызываемое сильным раздражением одновременное возбуждение

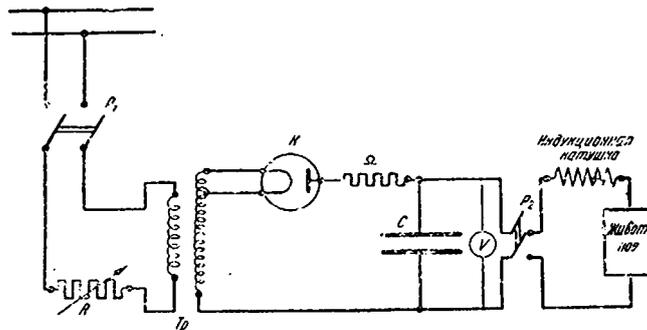


Рис. 4. Схема конденсаторного аппарата для прекращения фибрилляции.

P_1 — рубильник, включающий аппарат в сеть; R — переменное сопротивление, регулирующее величину заряда; P — повышающий трансформатор; A — выпрямительная лампа (кентрон); Ω — сопротивление в 5 000 ом (предохранительное при заряде конденсаторов); C — конденсаторы; V — высоковольтный вольтметр; P_2 — рубильник для разряда на объект

всех головок сердечной мышцы восстанавливает синхронность их сокращения. Слабые же раздражения — в частом ритме — возбуждают лишь часть этих волокон и поэтому способствуют возникновению разновременных, поочередных сокращений различных групп волокон, т. е. фибрилляции. Это предположение вполне согласуется с фактом возможности прекращения фибрилляции одиночным импульсом — конденсаторным разрядом, в то время как для вызывания фибрилляции требуются менее сильные, но частые повторные раздражения (50-периодный переменный ток).

На основе такого нового воззрения на механизм прекращения фибрилляции оказалось возможным поставить вопрос о рациональном подборе наиболее адекватного электрического стимула, который был бы эффективен при наименее выраженном побочном вредном действии на сердце. Таким стимулом оказался разряд конденсаторов емкостью в 15—20 микрофард, произведенный через индуктивное сопротивление в 0,2—0,3 генри (рис. 4). При этих условиях разряд, пропущенный через грудную клетку, имеет продолжительность в 0,01—0,015 секунды. Несмотря на такую небольшую продолжительность, разряд конденсаторов более эффективен, чем воздействие переменным током продолжительностью до 1 секунды по способу, применяемому еще и сейчас в зарубежных клиниках.

Испытание действия конденсаторных разрядов на здоровый организм показало относительную безвредность для нормально работающего сердца той мощности, которая необходима для прекращения фибрилляции.

Нужно заметить, однако, что только прекращением фибрилляции удается восстановить нормальную работу сердца лишь при небольшой длительности этого состояния (1—1½ минуты). При более позднем прекращении фибрилляции эффективная работа сердца и естественное кровообращение могут быть восстановлены только после проведения дополнительных мероприятий по оживлению в виде артериального нагнетания крови и искусственного дыхания. Эксперименты, проведенные в нашей лаборатории, показали, что этими мероприятиями можно оживить организм даже в тех случаях, когда оказание помощи начинается через 7—8 минут после поражения током. Большинство оживленных таким путем собак полностью поправилось, и на следующий день после опыта у них наблюдалось восстановление функций коры мозга.

Накопленный лабораторный опыт может служить основанием для разработки метода оказания помощи людям при несчастных случаях, обусловленных действием электрического тока. Хотя продолжительность срока, в течение которого должна быть оказана помощь, пока еще невелика, но при соответствующей организации специальной службы спасения пораженных током можно многое успеть и за такой короткий срок. Немедленно следует приступить к искусственному дыханию (ручным способом, до доставки аппарата для проведения более эффективного искусственного дыхания). Ввиду того что характер дальнейших мероприятий зависит от состояния сердца, необходимо тут же определить, сохранился ли сердечный ритм или же наступила фибрилляция. Полное отсутствие пульса в крупных артериях, установленное врачом, служит указанием на наличие фибрилляции¹.

В таких случаях необходимо возможно скорее прекратить это состояние конденсаторным разрядом, пропущенным через грудную клетку. Этим будет обеспечен дальнейший успех восстановления работы сердца и естественного кровообращения путем артериального нагнетания крови.

Можно предположить, что сила разряда для прекращения фибрилляции сердца человека не должна превышать величину, установленную в экспериментах на овцах (25 ампер при продолжительности импульса в 0,015 секунды). Что касается расположения электродов, то мы полагаем, что у человека их удобнее накладывать по сагиттальной оси сердца, несколько левее средней линии грудной клетки. При таком положении электродов значительная часть разряда пройдет через сердце и окажет должный эффект.

Вышеизложенное показывает, что в результате исследований советских физиологов вопрос о возможности оживления пораженных током можно считать в настоящее время решенным в положительном смысле. Сейчас на очередь следует уже ставить вопрос о внедрении этой возможности в практику первой помощи при электротравмах.

З а к л ю ч е н и е

Отсутствие признаков жизни после электротравмы может быть обусловлено двумя причинами:

1) нарушением сердечной деятельности вследствие возникновения фибрилляции;

2) временным прекращением дыхания при продолжающейся, но значительно ослабленной работе сердца.

Возникновение фибрилляции сердца возможно при включении в сеть невысокого напряжения (от 110 вольт); решающим является

¹ Более достоверное показание о наличии или отсутствии фибрилляции может дать портативный аппарат — электрокардиограф или электрокардиоскоп, на экране которого видны так называемые биотоки сердца. Последние при нормальной работе сердца имеют вид одиночных комплексов, разделенных паузами в соответствии с ритмом сердца. При фибрилляции биотоки сердца становятся более частыми, неравномерными и происходят без всякой паузы.

сила тока, протекающего через сердце. При некоторых условиях, например, при прикосновении грудью к проводнику, сердце может быть поражено током более низкого напряжения — 30—40 вольт.

Потеря сознания и прекращение дыхания при продолжающейся работе сердца возможны в результате воздействия на организм тока высокого напряжения (переменного или импульсного), сила которого значительно превышает силу тока, вызывающего фибрилляцию сердца. Допустимо предположить, что организм человека может иногда реагировать подобным же образом и на действие слабого тока, недостаточного по силе, чтобы вызвать фибрилляцию сердца.

Проведение мероприятий по оказанию помощи пораженным током должно быть различным в зависимости от состояния пострадавшего, т. е. от того, имеет ли место поражение сердца и наступление фибрилляции или же мы имеем дело только с остановкой дыхания. Обычно применяемые меры помощи при смертельной электротравме — искусственное дыхание и введение лекарственных веществ (подкожно или прямо в сердце) — могут быть эффективны лишь при условии сохранения сердечной деятельности. Эти мероприятия сами по себе не способны восстановить сердечную деятельность в случае наличия фибрилляции. Быстрое прекращение фибрилляции сердца с помощью конденсаторного разряда необходимо для успеха общих мероприятий по оживлению: артериального нагнетания крови и искусственного дыхания.

К искусственному дыханию в случаях электротравмы следует приступать немедленно после поражения. Раннее проведение искусственного дыхания способствует оживлению организма при наличии работы сердца, а при отсутствии таковой в значительной мере обеспечивает успех дальнейших мероприятий по оживлению. Само собой разумеется, что до внедрения вышеописанного комплексного метода оживления искусственное дыхание продолжает оставаться наиболее существенной мерой помощи при оживлении пораженных током.

Ближайшей задачей рационализации помощи пораженным током является оснащение пунктов первой помощи специальной аппаратурой для прекращения фибрилляции сердца, внутриартериального нагнетания крови и искусственного дыхания, а также подготовка персонала, специально обученного методу оживления организма.
