

Доктор мед. наук Н. Л. Гурвич (Москва)

## ФИБРИЛЛЯЦИЯ И ДЕФИБРИЛЛЯЦИЯ СЕРДЦА ПРИ ЭЛЕКТРОТРАВМЕ

Из лаборатории экспериментальной физиологии по оживлению организма (проф. В. А. Неговский) АМН СССР

Существующая разноречивость мнений по вопросу о механизмах смертельного поражения организма электрическим током связана с тем, что эти механизмы в действительности бывают различными в зависимости от физических свойств тока, условий поражения и состояния организма. Известно, что в зависимости от вида тока, его силы и продолжительности, а также условий контакта, могут наступить различные по своему характеру и степени опасности для жизни нарушения функций центральной нервной системы и сердечно-сосудистой системы. Однако при всей сложности и разнообразии реакция организма на действие электрического тока является строго закономерной и преимущественное поражение сердца, или же наступление остановки дыхания вследствие поражения центральной нервной системы, при электротравме определяется в основном продолжительностью и силой поражающего тока.

Изучение действия переменного тока в эксперименте на животных показывает, что параллельно с увеличением силы тока можно наблюдать реакцию животного на болевое раздражение, титаническое сокращение скелетной мускулатуры, наступление фибрилляции сердца и, наконец, остановку дыхания. Наступление последней под действием более сильного тока не является столь опасной, как наступление фибрилляции сердца, поскольку отсутствие самостоятельного дыхания может быть компенсировано проведением искусственного. При наступлении же фибрилляции нет такого эффективного средства, которым можно было бы заменить отсутствующую работу сердца. Поэтому вопрос о возможности своевременного прекращения фибрилляции при электротравме является одним из наиболее актуальных в этой проблеме.

В связи с решением этого вопроса приобретает особое значение своеобразная реакция сердца на действие сильного тока, послужившая в свое время причиной многих споров и недоумений. Своеобразие этой реакции заключается в том, что в ответ на действие сильного тока сердце не приходит в состояние фибрилляции, легко вызываемое действием менее сильного тока. Более того, известно, что с помощью воздействия на организм сильным током можно прекратить фибрилляцию сердца, вызванную менее сильным током. Это целебное действие сильного тока стало недавно применяться в клинике в случаях нарушения деятельности сердца во время операции и при гипотермии. В зарубежных клиниках для устранения фибрилляции применяют переменный ток осветительной сети (напряже-

ние 110—160 вольт); продолжительность воздействия таким током строго не установлена («несколько десятых долей секунды»). Получаемая при наложении электродов непосредственно на сердце величина тока в 2—3 ампера является достаточной (однако далеко не всегда), чтобы прекратить фибрилляцию. Применение переменного тока более высокого напряжения для фибрилляции сердца через грудную клетку без ее вскрытия в клинике не практикуется в связи с опасностью обращения с таким током. Лишь только в текущем году появилось сообщение Цолла о прекращении фибрилляции сердца у человека при наложении электродов на поверхность грудной клетки. Необходимое для этой цели напряжение переменного тока достигло 600 и 720 вольт. Все случаи применения такого тока имели место у больных, страдавших болезнью Адамс-Стокса, у которых фибрилляция развивалась при одном из приступов этой болезни.

Следует отметить, что применение переменного тока для дефибрилляции сердца считалось целесообразным в связи с ранее существовавшим пониманием процесса фибрилляции как следствия «перевозбуждения» сердца. При таком понимании механизма фибрилляции сердца естественно было полагать, что ее прекращение под действием сильного переменного тока происходит благодаря способности последнего снижать возбудимость сердца. С такой точки зрения применение переменного тока для дефибрилляции казалось вполне целесообразным. Некоторые авторы и сейчас еще находят возможным рекомендовать в случае неуспеха увеличение продолжительности тока до 0,5 секунды и более.

Проведенное нами изучение закономерностей прекращения фибрилляции под действием различного тока (переменного, разряда конденсатора, индукционного) в виде одиночного импульса (рис. 115 и рис. 116) показало, что это явление представляет собою своеобразную реакцию сердца на обычное возбуждающее действие электрического раздражения. Подтверждением такого объяснения может, в частности, служить установлен-

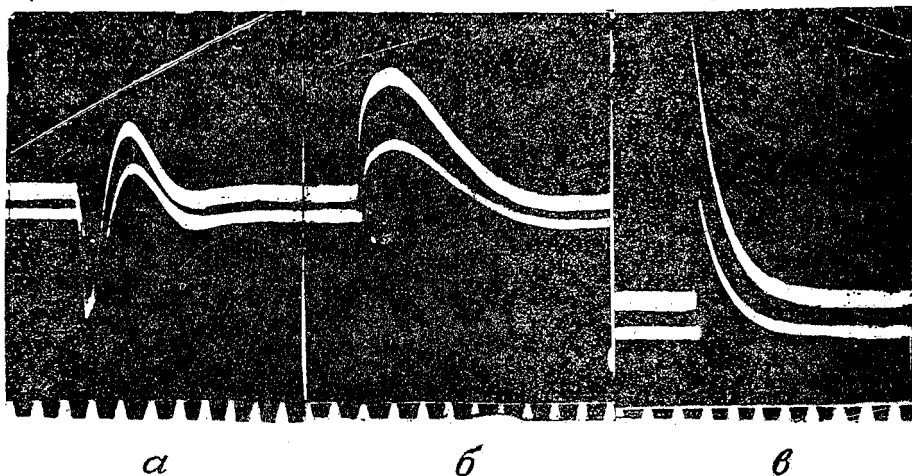


Рис. 115. Электрические импульсы различной формы, испытывавшиеся для дефибрилляции сердца. а—асериодический разряд емкости в 24 мкф; б—разряд той же емкости при наличии в цепи индуктивности, равной 0,28 генри; в—одиночный индукционный импульс двухфазной формы. На каждом рисунке сверху—осциллограмма тока, под ней—осциллограмма напряжения. Отметка времени внизу: каждое деление равно 0,002 сек.

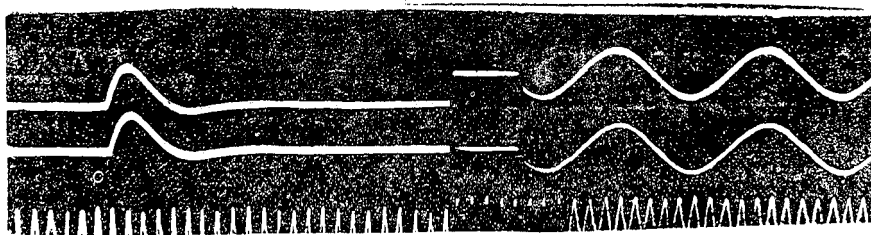


Рис. 116. Сравнительные величины тока и напряжения дефибриллирующие сердце при одиночном импульсе (а) и при более продолжительном действии на сердце переменного тока (б); расположение осциллограмм тока, напряжения и отметка времени те же, что и на рис. 115.

ный нами факт равенства порогов дефибриллирующего тока при одиночном импульсе и при более продолжительном действии переменного тока (рис. 116).

Еще более веским доказательством того, что дефибрилляция сердца обусловлена тем же возбуждающим действием тока, которое при других условиях вызывает фибрилляцию, является следующий факт. Путем подбора определенной силы тока (примерно в два раза меньшей величины дефибриллирующего тока при одиночном воздействии) нам удавалось, применяя различный ритм раздражений, вызывать и прекращать фибрилляцию при одинаковой их силе. Раздражения, повторенные с частотой 10 в секунду вызывали фибрилляцию, а последующие 2—3 раздражения, повторенные через интервалы в одну—полторы секунды, —прекращали фибрилляцию и восстанавливали нормальные сокращения сердца.

Эти данные не оставляют сомнения в том, что возникновение и прекращение фибрилляции сердца под действием тока различной силы не связано с противоположным их влиянием (возбуждение и угнетение) на каждое отдельное волокно сердечной мышцы. Эти данные показали, что нарушение и восстановление координированности сокращений сердца связано с установлением различного порядка возбуждения отдельных элементов сердца: слабый ток приводит к одновременному их возбуждению и возникновению фибрилляции; сильный же ток, благодаря своей способности воздействовать в стадию относительной рефракторности, приводит к синхронизации возбуждения этих элементов и восстановлению координированности сокращений сердца.

Разъяснение механизма дефибрилляции сердца под влиянием сильного тока как следствия обычного возбуждающего действия электрического раздражения показало, что применять в качестве такого раздражителя переменный ток нецелесообразно. Проведенные нами многочисленные опыты по дефибрилляции сердца у различных животных (собак, овец и коз) показали, что наиболее эффективным является одиночный электрический импульс продолжительностью в одну сотую долю секунды. Применение меньшей продолжительности требует повышения напряжения; увеличение же продолжительности сверх указанной величины может привести только к усилению побочного вредного влияния на сердце. Таким же образом бессмысленно применять более продолжительный переменный ток. Одиночный импульс указанной продолжительности (совпадающей с «полезным временем» раздражений, применяемых для вызывания экстрасистолы во время нормальных сокращений сердца) способен дефибриллировать сердце при той же примерно силе тока, которая необходима и в случае воздействия на сердце многими периодами переменного тока (см. рис. 116).

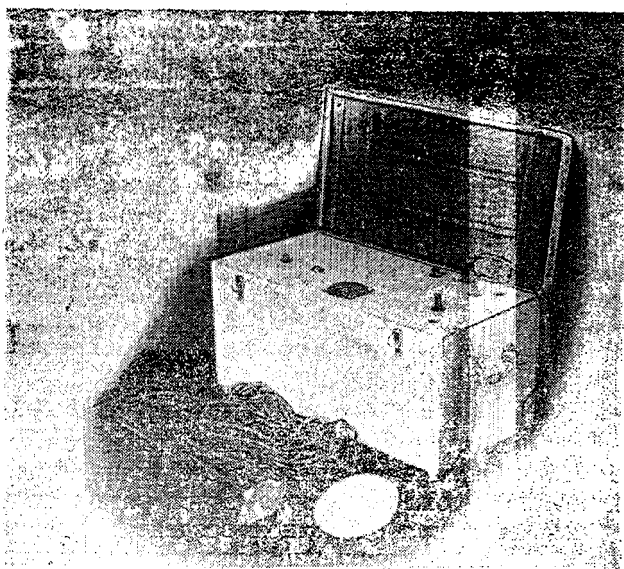


Рис. 117. Принципиальная схема дефибриллятора.

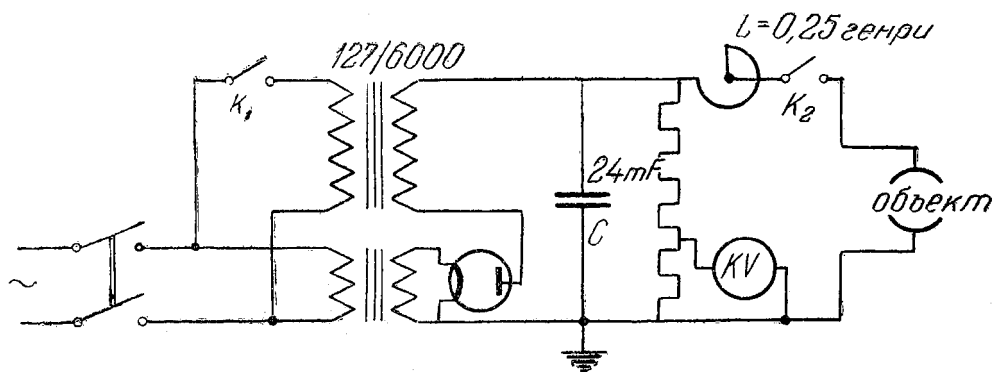


Рис. 118. Принципиальная схема дефибриллятора.

Аппарат-дефибриллятор для генерации одиночных импульсов указанной продолжительности (рис. 117), был сконструирован на Опытном заводе Всесоюзного электротехнического института им. В. И. Ленина. Генерация такого импульса достигается посредством разряда конденсатора емкостью в  $24 \text{ мкф}$  через имеющуюся в аппарате индуктивность в  $0,25$  генри (рис. 118). При сопротивлении в цепи разряда в  $50\text{--}75 \text{ ом}$  (ориентировочная величина сопротивления сердца или грудной клетки между электродами) продолжительность разряда находится в пределах оптимального времени электрического воздействия на сердце—около одной сотой доли секунды. Первые промышленные образцы дефибриллятора были с успехом испытаны в клинике для устранения фибрилляции сердца, возникшей в качестве осложнения у больных во время операции на сердце (в клиниках А. Н. Бакулева, П. А. Куприянова и др.).

Величина напряжения разряда, необходимого для дефибрилляции сердца, зависит от положения электродов. При наложении одного из электродов на поверхность желудочков (возможно при операции на сердце), а другого—под левой лопаткой, сердце дефибриллировалось при напряжении 1500—2000 вольт<sup>1</sup>. При проведении дефибрилляции через грудную клетку и нахождении электродов на ее поверхности (один у левого края грудины, другой по передней левой подмышечной линии на уровне верхушки сердца) понадобится напряжение разряда в 4000—5000 вольт<sup>2</sup>.

Следует иметь в виду, что при оказании помощи пораженным током, у которых наступила фибрилляция сердца, одно только устранение этого состояния не будет достаточным для восстановления эффективной деятельности сердца. При том состоянии гипоксии организма, которая разовьется спустя 1—2 минут после поражения, необходимо будет помимо дефибрилляции применять и комплексную методику оживления, разработанную проф. В. А. Неговским и его сотрудниками.

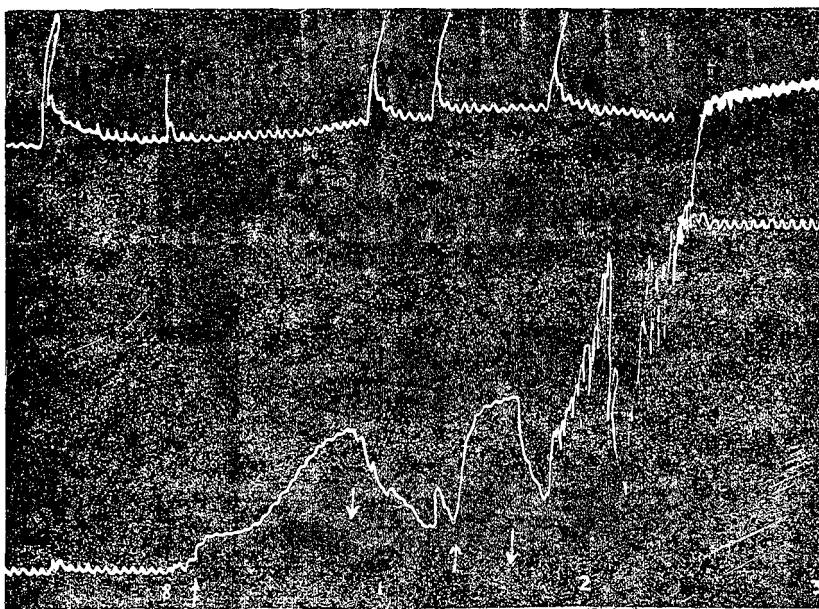


Рис. 119. Восстановление сердечной деятельности с помощью дефибрилляции сердца и нагнетания крови в артерию, проведенных через 8 минут после поражения (опыт над собакой весом 18 кг). Сверху—запись дыхательных движений грудной клетки (искусственное дыхание); большие отклонения на кривой записи дыхания вызваны разрядами конденсатора через грудную клетку. Вторая кривая—запись артериального давления; начало нагнетания крови в артерию отмечено стрелками, направленными вверх, конец—стрелками, направленными вниз. Цифра «8» соответствует времени от момента нанесения электротравмы. Следующие цифры обозначают счет минут после начала оживления с помощью артериального нагнетания.

<sup>1</sup> Указанные величины соответствуют напряжению на конденсаторе. На объекте напряжение снижается (благодаря наличию индуктивности в цепи разряда) примерно в три раза.

<sup>2</sup> Величина напряжения разряда для дефибрилляции сердца человека при нахождении электродов на поверхности грудной клетки высчитана по данным о величине напряжения переменного тока, применявшимся для фибрилляции сердца человека Цоллем.