

б) Аппарат для дефибрилляции сердца одиночным электрическим импульсом¹

Аппарат-дефибриллятор, генерирующий одиночные кратковременные электрические импульсы и рассчитанный для применения в клинике, был изготовлен в 1952 г. во Всесоюзном электротехническом институте имени В. И. Ленина. Генерируемые аппаратом электрические импульсы имеют строго определенную продолжительность, соответствующую временному параметру («полезному времени») возбудимости сердца порядка 0,01 секунды. Такой импульс получается путем разряда конденсатора емкостью в 24 μF при наличии в цепи индуктивности в 0,25 генри. Изменение сопротивления в цепи в пределах 50—100 ом (возможные

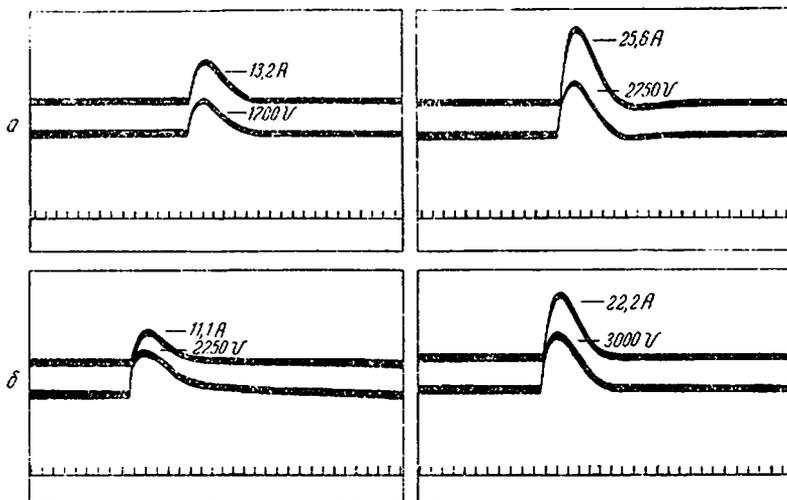


Рис. 62. Осциллограммы разрядов конденсатора через грудную клетку животного при влажных электродах (а, б) и при сухих электродах (в, г). Отметка времени через 0,002 секунды. Напряжение (на конденсаторе) 3,5 kV (а, б) и 6 kV (в, г).

величины сопротивления сердца или же грудной клетки разрядному току) не вызывает значительного изменения продолжительности разряда, поскольку разряд производится при наличии в цепи индуктивности. Такая простая схема без сложной электронной техники дает вполне удовлетворительные по своей форме и продолжительности адекватные возбудимости сердца электрические импульсы (рис. 62).

Внешний вид и конструкция аппарата приведены на рис. 63 и 64. Аппарат оформлен в металлическом корпусе размером 64×32×32 см и имеет вес 32 кг. Панель управления находится под откидной крышкой и на ней расположены слева направо: переключатель напряжения, питающего трансформатор накала (1), кнопка-выключатель для заряда конденсатора (2), сигнальная лампа, загорающая при включении высоковольтного трансформатора (3), киловольтметр со шкалой до 6 kV

¹ Подробное описание аппарата и исследования по его изготовлению дано в статье А. А. Акопяна, Н. Л. Гурвич, И. А. Жукова и В. А. Неговского в журнале «Электричество», 1954, № 10.

предохранитель (4), штыревая колодка для включения аппарата в сеть переменного тока 127/220 V (6), рукоятка для разряда на объект (5) и кнопка для разряда на сопротивление внутри аппарата в случае испытания аппарата (7).

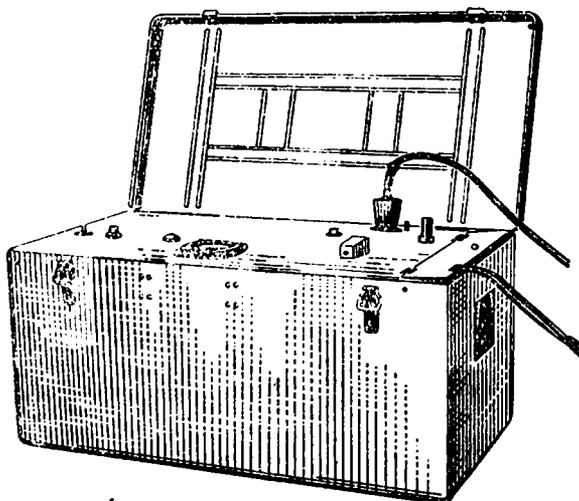


Рис. 63. Внешний вид аппарата для прекращения фибрилляции.

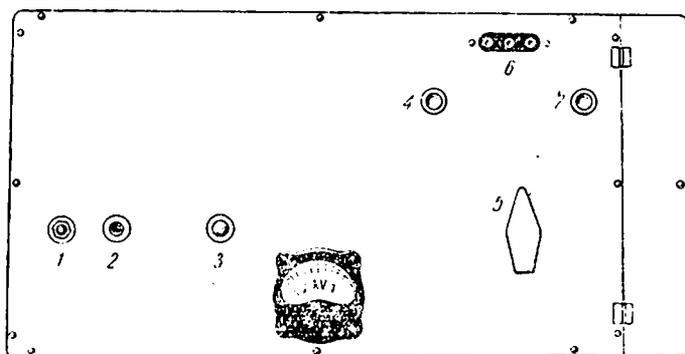


Рис. 64. Панель управления аппарата (описание в тексте).

С правой стороны панели имеется ниша, в которой на внутренней стенке из изолирующего материала находятся клеммы, к которым присоединяются электроды. В эту же нишу укладываются электроды, а также шнур, служащий для включения аппарата в сеть.

Внутреннее устройство аппарата (рис. 65)

Все основные детали аппарата смонтированы на металлической плите, расположенной на дне корпуса. Этими деталями являются: 1) высоковольтный трансформатор 127--220/6000 V; 2) трансформатор для накала выпрямительной лампы в 5 V; 3) три конденсатора емкостью по 8 μ F; 4) индукционная катушка L_1 ; в 0,2 генри с активным сопротивлением 57 ом (в цепи питания трансформатора); 5) индукционная катушка L_2 в 0,26 генри с активным сопротивлением 24 ом (в цепи разряда);

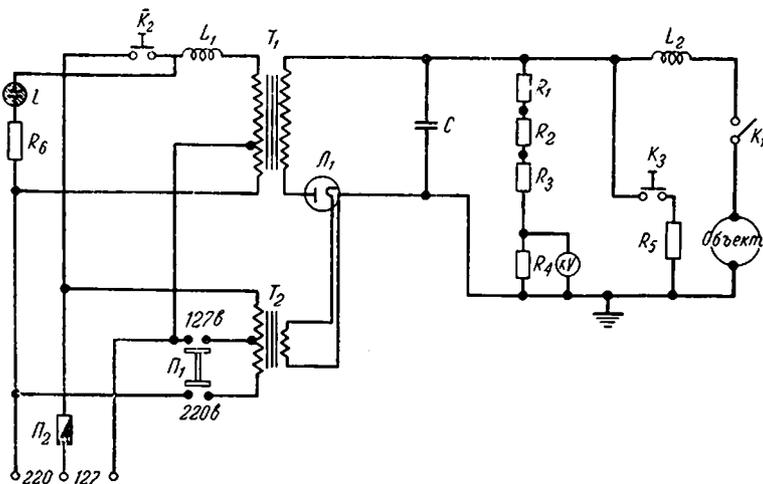


Рис. 65. Схема аппарата-дефибрилятора, сконструированного и изготовленного во Всесоюзном электротехническом институте имени В. И. Ленина.

T_1 — трансформатор 127—220/6000 V; T_2 — трансформатор 127—220/5 V; \mathcal{L}_1 — кенотрон 705 А; l — сигнальная лампа МН-7; C — конденсатор 24 μ F; L_1 — катушка индуктивности 0,213 генри, 57 ом; L_2 — катушка индуктивности 0,256 генри, 24 ом; kV — киловольтметр; R_1 — сопротивление 10 мгом; R_2 — 10 мгом; R_3 — 5,1 мгом; R_4 — 180 ом; R_5 — 100 ом; R_6 — 18 килоом; Π_1 — переключатель; K_1 — выключатель для разряда на объект; K_2 — зарядная кнопка; K_3 — кнопка разряда.

6) выпрямительная лампа, кенотрон — 705-А; 7) выключатель K_1 , при замыкании которого происходит разряд конденсатора на объект; 8) выключатель K_3 , при замыкании которого конденсатор разряжается на внутреннее сопротивление R_5 ; 9) делитель напряжения из четырех сопротивлений (R_1, R_2, R_3), питающий микроамперметр, отградуированный на киловольты и служащий для измерения напряжения заряда на конденсаторе (kV).

Применение одиночных импульсов для дефибрилляции

Электрические импульсы, генерируемые аппаратом при максимально возможном напряжении разряда (до 6000 V), должны быть достаточными для прекращения фибрилляции при нахождении электродов на поверхности грудной клетки (см. стр. 96). Достаточного клинического опыта по этому вопросу пока еще нет. Сопоставление размеров грудной

клетки человека с размерами грудной клетки подопытных животных (крупных собак, овец и коз) позволяет считать, что разряды с напряжением от 4000 V и более должны быть эффективными у человека. Расположение электродов на груди человека должно быть иным, чем у животных, у которых грудная клетка имеет совершенно другую конфигурацию. У человека более целесообразно поместить электроды на уровне сердечного толчка: один — у левого края грудины, а другой — по левой передней подмышечной линии [Голл (Zoll, 1956)].

Разумеется, что попытка дефибрилляции сердца человека может предприниматься только в случае достоверного наличия фибрилляции, подтвержденного данными электрокардиографического наблюдения. При этом следует обратить особое внимание на то, чтобы не принять приступ тахистолнии за фибрилляцию.

В практике внутригрудной хирургии наступление фибрилляции желудочков может быть установлено без всяких затруднений как внешним осмотром поверхности желудочков, так и характерным ощущением своеобразных червеобразных движений при ощупывании сердца. Немедленно произведенная дефибрилляция достаточна сама по себе в таких случаях, для восстановления эффективной сердечной деятельности. В случае же запоздания дефибрилляции или же в тех случаях, когда наступлению фибрилляции предшествовала длительная гипоксия, необходимо предварительно принять меры для устранения гипоксии сердца с помощью массажа или артериального нагнетания крови. Дефибрилляция сердца после устранения гипоксии может быть достигнута при меньшем напряжении и привести к немедленному восстановлению сердечной деятельности.

При нахождении одного из электродов на передней поверхности желудочков, а другого — под левой лопаткой сердце человека было дефибриллировано в одном случае напряжением в 1800 V, в другом случае — при напряжении 2000 V. Ввиду нежелательности излишне высокого напряжения целесообразно вначале попытаться дефибриллировать меньшим напряжением (1200, 1500 V). Аппарат позволяет быстро зарядить конденсатор, так что не следует опасаться потери времени на лишнее испытание. Указанные величины напряжения рассчитаны для сердца взрослого человека. Для сердца ребенка напряжение должно быть соответственно уменьшено. Как было выше упомянуто (стр. 228), в литературе описан случай дефибрилляции сердца у 6-месячного ребенка переменным током напряжением 135 V при нахождении электродов на поверхности грудной клетки. (Этой величине переменного тока соответствует ток разряда при напряжении на конденсаторе нашего аппарата в 1000 V.)

Электроды для дефибрилляции сердца в практике грудной хирургии имеют различную форму: один имеет вид неправильного овала и рассчитан для наложения на поверхности желудочков. Этот электрод изготовлен из нержавеющей стали и его поверхность, обращенная к сердцу, несколько вогнута. С противоположной стороны к нему припаяна несгибающаяся рукоятка, окруженная изолирующим цилиндром из плексигласа, который находится в руках хирурга при дефибрилляции. Другой электрод изготовлен в виде диска из мягкой металлической сетки, на прокладке из эластичной резины; размер электрода 15 см в диаметре. Электроды накрываются несколькими слоями гигроскопической марли и смачиваются физиологическим раствором. Электрод, накладываемый на сердце, стерилизуется перед операцией и находится вместе со стерильными инструментами на случай, если он понадобится. Другой электрод целесообразно заранее подкладывать под левую лопатку при всех операциях на сердце, когда имеется основание опасаться наступления фибрилляции желудочков во время манипуляции на сердце или на крупных сосудах. Электрод, подкладываемый под лопатку, должен иметь свободный конец в виде однополюсной штепсельной вилки

для быстрого присоединения к аппарату-дефибрилятору в случае необходимости. Присоединять этот электрод заранее к аппарату не следует, так как аппарат должен быть заземлен, а при этом условия могут возникать неудобства при пользовании электрическими приборами во время операции (например, термокаутером).

Правила обращения с аппаратом и меры предосторожности

При работе с аппаратом-дефибрилятором необходимо соблюдать правила техники безопасности. Одна из выходных клемм, к которой присоединяется электрод, присоединена к корпусу аппарата и поэтому должна быть обязательно заземлена. Заземление достигается присоединением к водопроводному крану или отопительной сети (зимой!) посредством металлического провода без изоляции.

Аппарат-дефибрилятор должен находиться на отдельном столике на небольшом расстоянии от операционного стола. Крышка аппарата должна быть открыта и высоковольтные провода должны быть готовыми для быстрого присоединения к объекту в случае необходимости. Электрод, предназначенный для наложения на сердце, находится на столике со стерильными инструментами и может быть заранее присоединен к аппарату.

Шнур, с помощью которого аппарат включается в сеть, должен быть готов. Заранее без надобности включать аппарат в сеть не следует, так как при этом находится под напряжением накальная лампа.

В случае необходимости дефибриляции электрод, находящийся под лопаткой больного, присоединяют к проводу от клеммы аппарата 3. Хирург берет со стола стерильный сердечный электрод за изолирующую рукоятку, проверяет, смочена ли в достаточной мере марля на его поверхности соевым раствором и плотно прижимает электрод к поверхности желудочков. Ассистент, обслуживающий аппарат-дефибрилятор, включает аппарат в сеть и нажимает на зарядную кнопку, пока не получится необходимое напряжение (1200—1500 V), контролируемое показанием вольметра. Затем, предупреждая хирурга, держащего сердечный электрод, он производит разряд и осведомляется об эффекте разряда. В случае продолжения фибрилляции производится зарядка конденсатора до более высокого напряжения (1500—1800 V) и следующий разряд. Во время разряда никто не должен касаться больного или операционного стола, помимо хирурга, участвующего в производстве дефибриляции сердца.

В случае невозможности восстановления сердечной деятельности после дефибриляции (что может иметь место в результате гипоксии сердца) необходимо применять дополнительные меры для устранения гипоксии — артериальное нагнетание крови или прямой массаж сердца.

В зарубежной литературе описаны данные по дефибриляции сердца в эксперименте на собаках одиночными разрядами конденсатора. Лейп и Мейссон (1953) применяли разряды конденсатора емкостью 128 μ F. Маккей и Лидс (1953) использовали разряды конденсатора до 12 μ F при наличии индуктивности в цепи 1 генри. Аппараты, которыми они пользовались, повторяют в основном приведенную нами схему, о чем указывают и сами авторы.
