

О ВОССТАНОВЛЕНИИ НОРМАЛЬНОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ
ФИБРИЛЛИРУЮЩЕГО СЕРДЦА ТЕПЛОКРОВНЫХ ПОСРЕДСТВОМ
КОНДЕНСАТОРНОГО РАЗРЯДА

Н. Л. Гурвич и Г. С. Юньев

Из Научно-исследовательского института физиологии НКЗдрава СССР
(дир. — акад. Л. С. Штерн), Москва

(Поступила в редакцию 20.II.1939 г.)

Известно, что под влиянием сильного тетанизирующего электрического раздражения нормальная деятельность желудочков сердца теплокровных животных может прекратиться: наступает состояние фибрилляции (Hoffa и Ludwig; Prevost и Battelli).

Прево и Баттелли обнаружили, что у тех животных (собаки, взрослые кошки), у которых состояние фибрилляции, вызванное синусоидальным током, спонтанно не может прекратиться и обрекает животное на смерть вследствие остановки циркуляции, сердце может быть возвращено к упорядоченной ритмической деятельности при воздействии более сильного синусоидального тока: при не вскрытой грудной клетке требуется для собаки напряжение до 1 200—4 800 V, при непосредственном же наложении одного из электродов к обнаженному сердцу достаточно около 240 V.

По предложению Л. С. Штерна мы занялись более детальным изучением условий для восстановления деятельности сердца теплокровных животных, приведенного в состояние фибрилляции воздействием сильного синусоидального тока низкой частоты.

Для восстановления работы сердца мы применяли конденсаторный разряд через электроды, расположенные в большинстве опытов на туловище животного (собаки и кошки) при не вскрытой грудной клетке. На одном и том же животном опыты могли проводиться повторно в течение нескольких дней. Критерием восстановления деятельности сердца служили запись кровяного давления и электрокардиограмма животного. Основная серия опытов проведена на собаках (свыше 40 опытов); предварительные опыты по разработке методики проведены на кошках, представляющих для этой цели то удобство, что вызванная экспериментально фибрилляция желудочков у этих животных через некоторое время может спонтанно прекратиться, сменяясь упорядоченной ритмической работой сердца.

Методика

Металлические электроды овальной формы прикладывались к тщательно вы бритой коже в грудной области: активный электрод (поверхность 6 см²) — к области сердечного толчка, индифферентный (поверхность 30 см²) — обычно к правой подмышечной области. Эти электроды служили для воздействия на сердце сперва синусоидального тока низкой частоты (50 Hz) (от городской осветительной сети), вызывающего фибрилляцию желудочков, и для последующего разряда конденсатора с разностью потенциалов до 3 000—3 600 и с емкостью 3 мкФ).

Конденсаторы заряжались или от выпрямителя, питаемого от трансформатора (с напряжением 600 V), или от системы последовательно соединенных сухих анодных батарей (650 V). В обоих случаях повышение разности потенциалов заряженных конденсаторов достигалось их последовательным соединением. Примененная нами схема позволяла быстро переключать конденсаторы из положения их параллельного взаимного соединения — к моменту заряда — в положение их последовательного соединения — к моменту разряда.

Наблюдение за состоянием сердца производилось в первой серии опытов по записи кровяного давления (с a. femoralis), во второй серии (у собак)—электрокардиографически, с помощью струнного гальванометра Буллитта при третьем отведении.

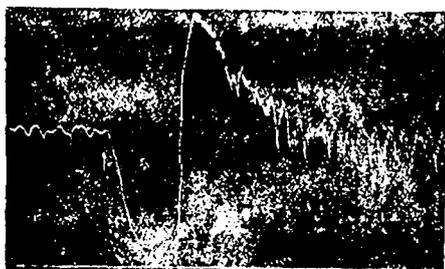
Электрокардиограмма каждого животного (собаки) регистрировалась в начале опыта (норма), после воздействия синусоидального тока (для документации наступившей фибрилляции желудочков) и после разряда конденсатора для суждения о восстановлении нормальной работы сердца.

Переключатель автоматически выключал двухполюсную струну к моменту замыкания синусоидального тока или разряда конденсаторов в цепи препарата.

Так как опыты обнаружили, что под влиянием этих сильных электрических раздражений возникает весьма интенсивный (выше 90 mV) и длительный кожный электрический ток, вероятно, вследствие нейтрогальванического рефлекса, далеко смещающий струну из освещенного поля, и так как компенсация этого тока меняющейся силой крайне затруднена, в большинстве опытов для устранения этого явления мы включали последовательно в цепь струны конденсатор с большой емкостью (по идее Кремера). Хотя наличие конденсатора несколько искажает форму зубцов электрокардиограммы, для целей нашей работы это обстоятельство не представляло значительных неудобств.

Экспериментальные результаты

1. При прохождении синусоидального тока низкой частоты через грудную клетку собаки и кошки при длительности тока до $\frac{1}{2}$ секун-



Кровяное давление собаки при возникновении и при прекращении фибрилляции желудочков. ↑ показывает момент включения синусоидального тока (10 V в течение 3 секунд); давление стремительно падает до нуля вследствие наступившей фибрилляции сердца. В момент, отмеченный ↓, произведен конденсаторный разряд (3 000 V, 3 μF): давление тотчас круто поднимается, превосходя начальный уровень, в результате восстановления нормальной сердечной деятельности. Внизу — в р ма (1 секунда).

ды и при напряжении от 15 до 40 V — в зависимости от размера и веса животного — наступает фибрилляция желудочков, документированная механографически по записи кровяного давления и электрографически (см. рис.). При меньшей длительности это явление не возникает, как отмечено и прежними исследованиями Прево и Баттелли, Юньева и Герчиковой.

В единичных случаях фибрилляция сердца наступала при значительно меньшем напряжении тока; в одном случае даже при 4 V (на старой собаке большого веса — до 5 кг). При большей длительности тока требуется меньшее напряжение, чтобы вызвать это расстройство сердечной деятельности: например, в одном опыте при постепенном нарастании силы тока, начиная от 0, фибрилляция наступала на 15-й секунде при достижении лишь 6 V. Кратковременное включение тока (в 0,5 секунды) вызывало фибрилляцию сердца у этого животного только при напряжении в 25—30 V.

У кошек (и у молодых собак в возрасте до 1 года) для наступления фибрилляции требуется значительно большее напряжение тока, чем можно было ожидать, сравнивая вес и размеры этих животных со взрослыми собаками.

На электрокардиограмме собаки состояние фибрилляций желудочков представлено характерной картиной непрерывно следующих электрических волн с ритмом до 500—600 в 1 секунду, вполне сходной с той, которая ранее была зарегистрирована в аналогичных опытах Юньева и Герчиковой.

2. Единичный разряд конденсатора (3 μF) через грудную клетку, за единичными исключениями, может прекратить фибрилляцию необнаженного сердца у собак и у кошек, если разряд дан не позднее, чем через 25—30 секунд после возникновения фибрилляции. Нередко оказываются эффективными и более поздние разряды конденсато-

ра — через 40—50 секунд (в единичных случаях и через 1 секунду и выше). Необходимая для этого разность потенциалов зависит от размера (и веса) животного.

У маленьких собак весом 5—6 кг (2 опыта) удалось прекратить фибрилляцию уже при 2000 V; при весе 6—12 кг требовалось 3000—3600 V. У собак с весом выше 12 кг при этой разности потенциалов фибрилляция не прекращалась. Если разряд дан в течение первых 30 секунд, после возникновения фибрилляции наблюдаются крутой подъем кровяного давления, превышающий начальное значение, и проходящая тахисистолия. Когда конденсаторный разряд данный позже — через 40—45 секунд после наступления фибрилляций — и, следовательно, в состоянии асфиксии животного, все же мог восстановить деятельность сердца, кровяное давление повышалось более медленно при редком сердечном ритме. Таким образом, эффективность разряда конденсатора зависит: 1) от разности потенциалов и емкости конденсаторов и 2) от длительности интервала между моментом наступления фибрилляции и моментом разряда.

В тех случаях, когда конденсаторный разряд даный слишком поздно, не мог прекратить состояния фибрилляции, все же удавалось оживлять животных посредством последующего разряда при условии предварительного массажа сердца, произведенного ритмическим сдавлением грудной клетки, иногда в течение 5 и больше минут. На одной и той же собаке мы могли многократно вызывать фибрилляцию и прекращать это состояние конденсаторным разрядом. После перевязки бедренной артерии и зашивания раны такие собаки не обнаруживали заметных нарушений сердечной деятельности в продолжение последующих дней.

Электрокардиограмма восстановленного сердца вполне сходна с электрокардиограммой того же сердца, зарегистрированной в нормальном состоянии, до возникновения фибрилляции.

Были проведены контрольные опыты для изучения вопроса о влиянии одиночных конденсаторных разрядов той же мощности, которая применялась в описанных выше опытах, на нормально работающее необнаженное сердце, не подвергнутое предварительно воздействию синусоидального тока. Оказалось, что конденсаторный разряд, даже при весьма значительной разности потенциалов — до 3600 и даже до 5000 V — не вызывает фибрилляции и других резких нарушений сердечной деятельности у собак. Наблюдается лишь кратковременное понижение кровяного давления с последующим повышением и проходящей тахисистолией.

Обсуждение результатов

1. Тот факт, что мгновенное электрическое раздражение фибриллирующего сердца конденсаторным разрядом прекращает состояние фибрилляции, может быть объяснен, если исходить из предположения, выдвинутого Льюисом, тем, что при состоянии фибрилляции волна сокращения в миокарде пробегает повторно по замкнутому кольцевому пути. Такой кольцевой ритм, как известно, экспериментально был осуществлен на сердце черепахи Майнсом (Mines) и обстоятельно исследован электрографически А. Ф. Самойловым. Очень демонстративную картину кольцевого ритма на препарате, вырезанном из колокола медузы, наблюдал И. А. Ветехин (1927), подтвердив опыты Майера (1908).

Прекращение фибрилляции под влиянием одиночного раздражения представляется с этой точки зрения фактом, аналогичным наблюдению А. Самойлова, что кольцевой ритм в сердце черепахи останавливается в результате вызванной экстрасистолы. Точно так же и кольцевой ритм в препарате из колокола медузы прекращался — в опытах Ветехина — при одиночном раздражении.

2. Мгновенное электрическое раздражение (конденсаторный разряд) и дляцесся, но кратковременное раздражение (синусоидальный ток) —

при значительной интенсивности — обладают сходным физиологическим эффектом в смысле восстановления нормальной деятельности фибриллирующего сердца.

Черты сходства обнаруживаются при воздействии тех же факторов и на сердце лягушки (Юнзев, Герчикова и Никольская; Юнзев и Мерщиков)¹, и на скелетную мышцу (Баттелли и Штерн, Штерн и Баттелли).

3. Между обоими видами электрического раздражения проявляется и существенное различие. В наших опытах конденсаторный разряд не вызывал возникновения фибрилляции желудочка при всех испытанных напряжениях (до 5 000 V). Мы не наблюдали также блоков сердца. Между тем синусоидальный ток легко вызывает у теплокровных не только фибрилляцию, но нередко также и блоки, ранее зарегистрированные электрокардиографически Юнзевым и Герчиковой. Следует сопоставить, что и в сердце лягушки блоки очень часто вызываются синусоидальным током, но почти никогда не наступают при одиночном супрамаксимальном раздражении (Юнзев и Мерщиков).

4. Для экспериментального восстановления нормальной деятельности фибриллирующего сердца пользование методом конденсаторного раздражения кажется более предпочтительным, чем употребление синусоидального тока весьма высокого напряжения: а) этот последний фактор может вызвать паралич дыхательного центра и общее угнетение центральной нервной системы — своеобразный «электронаркоз» (Штерн и Баттелли, Толмасская), а также мощную и длительную контрактуру скелетной мускулатуры; б) синусоидальный ток высокого напряжения при случайных технических дефектах может приобрести способность, благодаря падению разности потенциалов между электродами, приложенными к телу, вызывать фибрилляцию сердца.

Представляет значительный интерес вопрос о возможности применения того же электрического метода для прекращения фибрилляции сердца, вызванной другими условиями клинического характера. Этот вопрос требует дальнейшего изучения.

¹ Бюллетень экспериментальной биологии и медицины, в. 3, 1937 и в. 5, 1938.