

О ВЛИЯНИИ СИЛЬНОГО ПЕРЕМЕННОГО (СИНУСОИДАЛЬНОГО)
ЭЛЕКТРИЧЕСКОГО ТОКА НИЗКОЙ ЧАСТОТЫ НА СЕРДЦЕ

СООБЩЕНИЕ I. МЕХАНОГРАФИЧЕСКИЕ И ЭЛЕКТРОГРАФИЧЕСКИЕ
НАБЛЮДЕНИЯ НА СЕРДЦЕ ЛЯГУШКИ

Г. С. Юньев, К. А. Герчикова и М. И. Никольская

Из Института физиологии Наркомпроса (дир. — проф. Л. С. Штерн), Москва

(Поступила в редакцию 29.1.1937 г.)

Проведенные нами опыты подтвердили наблюдения Прево и Баттелли (Prevost и Battelli), а также позднейших авторов (Gildemeister, Cluzet, Ichikawa), что сильный переменный ток с напряжением до 100 V, приложенный к поверхности тела животного (кошки, собаки), протекая через сердце, вызывает фибрилляции желудочков, документированные в наших опытах электрокардиограммой. Во многих случаях фибрилляции наблюдались нами визуально, по вскрытии грудной клетки. Смерть животного наступала именно вследствие фибрилляций, так как в опытах поддерживалось искусственное дыхание. Ток меньшего напряжения (15—25 V) при длительности до полусекунды вызывает остановки желудочков, продолжающиеся несколько секунд в зависимости от силы тока.

Для более детального изучения физиологического действия сильного переменного тока на сердце в дальнейшем мы пользовались менее сложным и более резистентным объектом, а именно сердцем лягушки.

Наши опыты были поставлены на зимних лягушках (*Rana temporaria*): на обнаженном сердце *in situ* и на изолированном сердце.

Для раздражения сердца служили в большинстве опытов пластинчатые электроды, выложенные ватой, смоченной в растворе Рингера и охватывающие сердце с двух сторон в области предсердно-желудочковой границы. Длительность раздражения варьировала в пределах $\frac{1}{5}$ — $\frac{2}{5}$ секунды.

В части опытов применялись серфины, фиксированные или на верхушке желудочка, или на предсердии. Электрограмма сердца регистрировалась с помощью струнного гальванометра Булитта; одновременно же фотографировалась и механограмма с помощью сконструированного для этой цели рычажка, снабженного вертикальной стрелкой. В момент раздражения сердца сильным током струна автоматически выключалась двухполюсным выключателем. Препарат находился в клетке Фарадея.

Переменный ток слабой силы (до 2—3 V) вызывает типическую одиночную экстрасистолу, сопровождаемую нормальной компенсаторной паузой. Ток большей силы (10—20 V) вызывает несколько экстраси-

стол (2—3 и больше) и весьма часто сопровождается предсердно-желудочковым блоком — частичным и полным. Часто блок наступает не сразу после воздействия тока, но спустя некоторый период латентной фазы (10—15 секунд). Длительность блока в зависимости от силы тока может колебаться от нескольких десятков секунд до 5—7 минут.

Иногда, после восстановления предсердно-желудочковой проводимости, через несколько циклов снова и спонтанно возникают рецидивы блоков.

Вызвать же сильным переменным током полную остановку сердца чрезвычайно трудно; даже в тех случаях, когда на основании механограммы предсердие кажется находящимся в полном покое, электрограмма часто обнаруживает зубцы предсердий P, свидетельствующие



Рис. 1



Рис. 2

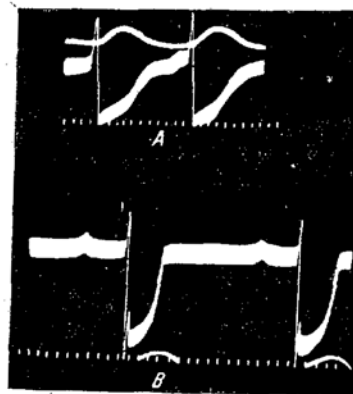


Рис. 3

Рис. 1. Воздействие переменного тока (30 V) в течение 1 секунды на изолированное сердце лягушки. Контрактура и остановка сердца

Рис. 2. Электрограмма обнаженного сердца лягушки тотчас после воздействия переменного тока (0 V) в течение 0,5 секунды. Нижняя линия — тень регистрирующего рычага. Выше — тень струны. Внизу — время (0,2 секунды). При отсутствии сокращений продолжается электрический ритм предсердий, зубец P значительно выше и шире, чем в норме

Рис. 3. A, B — объяснения те же, как и к рис. 2. Зубец P двуфазный с преобладанием отрицательной фазы (зубец S sui generis)

об их продолжающемся электрическом ритме. Зубцы P могут быть при этом значительно выше, чем в норме. Продолжаются также ритмические сокращения синуса (рис. 2).

Только при значительном повышении силы тока (30—40 V) и при большей его длительности (до 1—2 секунд) удается остановить синус, но эта остановка оказывается очень кратковременной — только несколько секунд: вскоре же по возобновлении автоматизма синуса начинают работу и предсердия, но остановка желудочка, как выше отмечено, может длиться от многих секунд до 1 минуты и больше. Эти наблюдения, таким образом, характеризуют высокую лабильность предсердно-желудочковой проводящей системы по отношению к электрическому току и чрезвычайную резистентность очага автоматизма — синуса и полых вен (*ultimum moriens*).

Сильный переменный ток вызывает весьма резкий отрицательный инотропный эффект как на предсердиях, так и на желудочке: первые сокращения после приложения тока значительно (до 10 раз) сни-

жены сравнительно с нормой, высоты последующих сокращений возрастают, образуя лестницу, и часто превосходят на вершине лестницы амплитуду сокращений, предшествовавших приложению тока. Весьма часто воздействие сильного переменного тока вызывает значительную контрактуру сердечной мышцы: контрактура может развиваться тотчас же вслед за приложением сильного тока; иногда же под влиянием сильного тока наступает сперва при картине блока ослабление тонуса сердца, и только с возобновлением сокращений желудочка обнаруживается контрактура (рис. 1).

Электрограмма сердца (рис. 2 и 3) под влиянием сильного тока обнаруживает также ряд существенных и характерных сдвигов: удлиняется интервал PR, свидетельствуя о замедлении предсердно-желудочковой проводимости. Резко уширяется зубец P, иногда и зубец R. Интервал RT укорачивается не всегда и менее значительно, чем при раздражении *p. vagi*.

В некоторых опытах зубец R становится двуфазным; первая, положительная фаза чрезвычайно снижается и развивается глубокая отрицательная фаза, весьма сходная с той формой, которая наблюдается при отравлении сердца лягушки никотином (Юньев и Поляков).

Все перечисленные изменения электрограммы имеют обратимый характер, так же, как и изменения механограммы, вызванные воздействием тока.

Весьма частый симптом воздействия сильного переменного тока — изменение формы зубца T, но без определенной закономерности.

Ритм сердца также изменяется под влиянием сильного переменного тока, притом двуфазно или трехфазно: сперва учащен, затем — замедлен и, наконец, снова учащен.

Таким образом, сильный переменный ток, при кратковременном воздействии, вызывает на сердце ино-, дромо- и хронотропный эффекты. Батмотропный эффект, который определялся, правда, лишь в немногих опытах, не проявляется вовсе или же выражен только в незначительной степени.

Такой же результат получен впоследствии в опытах Юньева и Мерщикова.

Для решения вопроса, представляют ли наблюдаемые факты следствие раздражения сильным переменным током интракардиального аппарата блуждающего нерва или же эти явления могут возникнуть вполне независимо, как результат непосредственного воздействия сильного переменного тока на миокард, мы провели серию опытов с выключением роли блуждающего нерва посредством атропина. В этих опытах мы всегда проводили контрольные испытания: отпрепарированный блуждающий нерв раздражался тетанически от санного аппарата до и после отравления сердца атропином, причем деятельность сердца регистрировалась механографически и электрографически.

Когда после отравления раздражение блуждающего нерва не вызывало уже никаких тормозящих симптомов, под влиянием сильного переменного тока все же наступали все характерные описанные выше симптомы: блоки и даже полная остановка сердца и снижение высот сокращений.

Эти опыты доказывают возможность первичного тормозящего воздействия сильного тока на миокард, на специфическую проводящую систему и на очаг автоматизма. Этот вывод согласуется и с анализом электрограммы.

Разумеется, в сердце с сохраненной иннервацией этот первичный эффект суммируется с вторичным, возникающим вследствие раздражения током интракардиальных нервных приборов.

Сопоставление картины влияния сильного переменного тока на сердце с явлениями, наблюдаемыми на других органах под воздействием того же фактора, обнаруживает ряд существенных аналогий. Контрактура миокарда в значительной мере повторяет поведение скелетной мышцы (Баттелли и Штерн, Юньев и Петров).

Торможение автоматической деятельности синуса и функции проводящей предсердно-желудочковой системы представляет аналогию явлениям угнетения и электронаркоза, обнаруженным для нервных клеток мозга (Штерн и Баттелли, Толмасская). Интерпретация наблюдений, описанных в наших сообщениях I и II, выдвигает ряд новых и пока трудно разрешимых вопросов для ионной теории раздражения.