

Г. Д. СМЕРНОВ и Т. М. ТУРПАЕВ

## ОСОБЕННОСТИ ЭЛЕКТРОГРАММЫ СЕРДЦА БЕСПОЗВОНОЧНЫХ ЖИВОТНЫХ (ВИНОГРАДНАЯ УЛИТКА)

(Представлено академиком И. И. Шмальгаузенем 27 II 1948)

Происхождение сложной формы электрических колебаний, сопровождающих деятельность сердца у позвоночных животных, до настоящего времени окончательно не выяснено. Наряду с наиболее распространенным предположением, высказывавшимся еще Эйнтховеном, об интерференции асинхронных и противоположных по полярности изменений потенциала, связанных со структурой сердца и с особенностями возникновения и проведения возбуждения в нем, известны наблюдения, согласно которым быстрое и последующее медленное колебания характерны для сокращения мышечной ткани — поперечно-полосатой и гладкой — обладающей синцитиальным строением (1).

Высказывается также предположение о том, что в соответствии с теорией Botazzi зубец R возникает при сокращении иноплазмы, а зубец T — при сокращении саркоплазмы (2). Некоторые авторы рассматривают зубцы P и R электрокардиограммы как предсердный и соответственно желудочковый «spike», а волну T — как последующее медленное изменение потенциала, связанное с биохимическими процессами в миокарде (3).

На основании сравнения формы электрограмм сердца различных животных строятся далеко идущие выводы об эволюции сердца с точки зрения развития в нем процесса возбуждения. Так, К. С. Логунова считает, что начальное быстрое колебание потенциала (зубец R) отсутствует в электрограмме большинства беспозвоночных и появляется лишь на известном этапе филогенеза, причем постепенно происходит отделение метаболической медленной волны от начального быстрого изменения потенциала, происходящего за счет разряда тканевого конденсатора.

Наши наблюдения, проведенные на относительно просто устроенном сердце виноградной улитки (*Helix pomatia*), показывают, однако, что форма электрограммы сердца зависит не только от особенностей развития возбуждения в миокарде, но является суммарным процессом, определяемым координацией деятельности различных отделов сердца и особенностями проведения возбуждения в нем.

В отличие от сердца большинства позвоночных животных, сердце виноградной улитки построено из однообразных, слабо исчерченных поперечно-полосатых волокон. Элементы системы, проводящей возбуждение, и нервные клетки в миокарде отсутствуют (4). Мышечные волокна, расположенные беспорядочно в предсердии, приобретают в области желудочка продольное направление.

Мышечные элементы сердца улитки обладают способностью к автоматической деятельности, а экстракардиальная нервная система участвует в координации работы предсердия и желудочка и может рефлек-

торно замедлять ритм сердечных сокращений, как это было показано А. А. Зубковым в лаборатории Х. С. Коштойнца (5).

Регистрация электрограммы производилась на шлейфном осциллографе после предварительного усиления. Усилитель применялся с балансным входом и полосой пропускания от 2 до 1500 Hz. неполяризуемые хлор-серебряные электроды с ватными фитилями, смоченными раствором Рингера (для виноградной улитки), помещались вблизи верхушки и основания сердца (на аорту и вену), или биполярно — на предсердие и желудочек отдельно. Отведение производилось как от сердца *in situ*, так и после его изоляции.

При регистрации электрограммы желудочка, укрепленного на канюле Штрауба, вставленной через предсердие и закрепленной по атрио-вентрикулярной линии, в кривой обнаруживаются лишь медленные колебания синусоидальной формы (рис. 1).

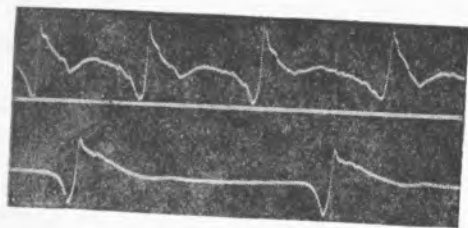
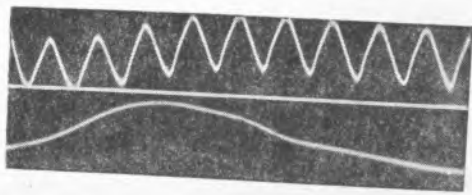


Рис. 1. Электрограмма изолированного желудочка, укрепленного на канюле, введенной через предсердие. Верхняя кривая — при скорости съемки 0,5 см/сек., нижняя — при скорости 5 см/сек.

Рис. 2. Электрограмма сердца *in situ* (верхняя кривая) и *ex situ* (нижняя кривая) при отведении от аорты и вены.

Ритм колебаний отчетливо зависит от растяжения сердца: при снижении количества жидкости в канюле между пологими зубцами появляются изопотенциальные паузы. Начальное быстрое колебание полностью отсутствует, как это и отмечалось в свое время рядом авторов, изучавших электрограмму сердца моллюсков и считавших синусоидальную форму кривой, характерной для этого типа животных (6-8).

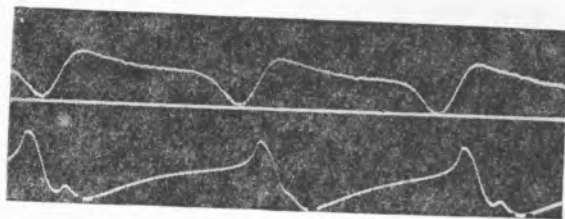


Рис. 3. Отведение от предсердия (верхняя кривая) и желудочка (нижняя кривая). Сердце *ex situ*.

Однако при снятии электрограммы сердца улитки *in situ* обнаруживается совершенно отличная форма кривой с характерным быстрым зубцом вначале и последующей медленной волной (рис. 2). При помещении нормального расположения его отделов, эта сложная форма кривой в основном не меняется; наличие длительных пауз объясняется тем, что изолированное таким образом сердце не наполнено гемолимфой.

Биполярное продольное отведение от предсердия и желудочка такого сердца показывает, что каждый отдел дает лишь медленные колебания потенциала, имеющие в предсердии и в желудочке противоположное направление (рис. 3).

В некоторых опытах при отведении от сердца *in situ* во время длительных пауз обнаруживались ритмические зубцы, высота которых соответствовала примерно половине быстрого систолического зубца

(рис. 4). Возникновение этих колебаний, следовавших с частотой 5—6 сек., не было связано с подсыханием ткани.

Подобные колебания потенциала характерны для гладкой мускулатуры: явления, в значительной мере сходные с наблюдавшимися нами, описали И. С. Беритов для кожно-мышечного мешка пиявки<sup>(9)</sup> и E. Vozler для некоторых гладкомышечных органов теплокровных животных<sup>(1)</sup>.

Частый ритм электрических осцилляций был нами обнаружен также при перевязке аорты и переполнении сердца гемолимфой. Этот ритм можно, повидимому, рассматривать как наступающее в результате крайней степени растяжения миокарда усиление спонтанной активности его элементов (рис. 4).

Наши данные показывают:

- 1) Электрограмма сердца виноградной улитки имеет сложный характер с быстрой и медленной компонентами.
- 2) Эта форма электрограммы зависит от суммации электрических процессов различных отделов сердца.

Значительная изменчивость в высоте и в соотношении отдельных компонентов электрограммы объясняется, согласно нашей точке зрения, непостоянством в координации деятельности предсердия и желудочка сердца улитки.

Согласно приведенным данным, нельзя согласиться с положением, высказанным Arvanitaki и Cardot,<sup>(10, 11)</sup> о том, что электрограмма любой части миокарда сердца улитки одинакова с электрограммой всего сердца. Эти авторы получали начальный, быстрый зубец при отведении от полоски миокарда при значительных нарушениях в ионном составе солевого раствора, что, возможно, вызывало нарушение нормальной синхронизированной деятельности элементов миокарда. С другой стороны, механизм возникновения быстрого колебания они, так же как и мы, объясняют суммацией одновременно наступающих и противоположно направленных электрических колебаний.

В заключение следует указать, что построение ряда последовательных изменений электрокардиограммы в филогенезе должно проводиться с точным учетом того, какие компоненты электрограммы зависят от особенностей строения сердца и его отделов у данного вида животных, и какие связаны непосредственно с особенностями развития и проведения возбуждения в ткани миокарда.

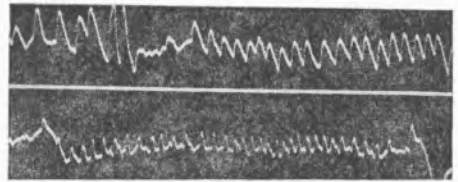


Рис. 4. Отведение от миокарда желудочка, переполненного гемолимфой (верхняя кривая); осцилляции во время паузы между двумя систолами (нижняя кривая). Скорость съемки та же, что и на других кривых

Институт эволюционной морфологии  
им. А. Н. Северцова  
Академии Наук СССР

Поступило  
24 II 1948

#### ЦИТИРОВАННАЯ ЛИТЕРАТУРА

- <sup>1</sup> E. Vozler, *Am. J. Physiol.*, **144**, 633 (1945). <sup>2</sup> H. Frederique, *Traité de Physiol.*, **6** (1932). <sup>3</sup> К. С. Логунова, *Физиол. журн. СССР*, **32**, 265 (1946). <sup>4</sup> A. Arvanitaki, *Ann. Physiol. et Physicoch. Biol.*, **9**, 784 (1933). <sup>5</sup> А. А. Зубков, *Физиол. журн. СССР*, **17**, 293 (1934); **17**, 299 (1934). <sup>6</sup> М. А. Киселев, *Бюлл. НИИЗ МГУ*, **2**, 70 (1935). <sup>7</sup> C. L. Evans, *Z. Biol.*, **59**, 397 (1913). <sup>8</sup> P. Hoffmann, *Pflüg. Arch.*, **128**, 552 (1910). <sup>9</sup> И. С. Беритов, *Тр. Тбилисск. гос. ун-та им. Сталина*, **27a**, 29 (1945). <sup>10</sup> A. Arvanitaki et H. Cardot, *J. Physiol. et Pathol. Gén.*, **32**, 761 (1934). <sup>11</sup> H. Cardot, *Ann. Physiol. et Physicoch. Biol.*, **9**, 585 (1933).