

РАЗДЕЛ II.

БИОФИЗИКА КЛЕТОК И ОРГАНОВ

ГЛАВА 5. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ АКТИВНОСТЬ ОРГАНОВ

Как было показано в главе 3, функционирование живых клеток сопровождается возникновением трансмембранных электрических потенциалов. Клетки, образуя целостный орган, формируют сложную картину его электрической активности. Она определяется как электрической активностью отдельных клеток, так и взаимодействием между ними, устройством самого органа, неоднородностью структуры этого органа, процессами регуляции в нем и целым рядом других причин.

Электрическая активность в большой степени отражает функциональное состояние клеток, тканей и органов. Регистрация и анализ электрической активности позволяют проводить биофизические и медико-биологические исследования с целью изучения работы органов и проведения клинической диагностики.

§ 16. Внешние электрические поля органов. Принцип эквивалентного генератора

При переходе от клеточного уровня на органный (следующий уровень организации живых систем) возникает задача описания распределения электрических потенциалов на поверхности этого органа в результате последовательного возбуждения отдельных его клеток. В процессе жизнедеятельности состояние органа, а следовательно, и его электрическая активность меняются с течением времени. Это вызвано прежде всего распространением волн возбуждения по нервным и мышечным волокнам. В исследовательских целях можно измерять разность потенциалов непосредственно на поверхности или на внутренних структурах изучаемого органа (сердца, мозга и др.). Однако в клинической практике такое прямое измерение раз-

ности потенциалов на органе трудно осуществимо. Но даже в случаях, когда удается измерить разности потенциалов непосредственно на внутренних органах, то их картирование и описание изменений во времени представляет собой трудноразрешимую задачу.

Поэтому для оценки функционального состояния органа по его электрической активности используется принцип эквивалентного генератора. Он состоит в том, что изучаемый орган, состоящий из множества клеток, возбуждающихся в различные моменты времени, представляется моделью единого эквивалентного генератора. Считается, что этот эквивалентный генератор находится внутри организма и создает на поверхности тела электрическое поле, которое изменяется в соответствии с изменением электрической активности изучаемого органа.

Термин “эквивалентный” означает, что распределение потенциалов на поверхности тела и их изменение во времени, порождаемое органом, должны быть близки таковым, порождаемым гипотетическим (воображаемым) генератором. Так, например, в теории Эйнховена сердце, клетки которого возбуждаются в сложной последовательности, представляется токовым диполем (эквивалентный генератор). Причем считается, что изменение потенциалов электрического поля на поверхности грудной клетки, вызываемое изменением электрического момента диполя, такое же, как и от работающего сердца.

Метод исследования работы органов или тканей, основанный на регистрации во времени потенциалов электрического поля на поверхности тела, называется **электрографией**. Два электрода, приложенные к разным точкам на поверхности тела, регистрируют меняющуюся во времени разность потенциалов. Временная зависимость изменения этой разности потенциалов $\Delta\phi(t)$ называется **электрограммой**.

Название электрограммы указывает на органы (или ткани), функционирование которых приводит к появлению регистрируемых изменений разности потенциалов: сердца – ЭКГ (электрокардиограмма), сетчатки глаза – ЭРГ (электроретинограмма), головного мозга – ЭЭГ (электроэнцефалограмма), мышц – ЭМГ (электромиограмма), кожи – КГР (кожногальваническая реакция) и др.

В электрографии существуют две фундаментальные задачи:

1) прямая задача – расчет распределения электрического потенциала на заданной поверхности тела по заданным характеристикам эквивалентного генератора;

2) обратная задача – определение характеристик эквивалентного генератора (изучаемого органа) по измеренным потенциалам на поверхности тела.

Обратная задача – это задача клинической диагностики: измеряя и регистрируя, например, ЭКГ (или ЭЭГ), определять функционально состояние сердца (или мозга).

§ 17. Физические основы электрокардиографии

Наибольшее распространение в медицинской практике в настоящее время получило изучение электрической активности сердца – **электрокардиография**.

Экспериментальные данные показывают, что процесс распространения возбуждения по различным частям сердца сложен. Скорости распространения возбуждения варьируются в сердце по направлению и величине. В стенках предсердий возбуждение распространяется со скоростью 30 – 80 см/с, в атриовентрикулярном узле оно задерживается до 2 – 5 см/с, в пучке Гиса скорость максимальна – 100 – 140 см/с.

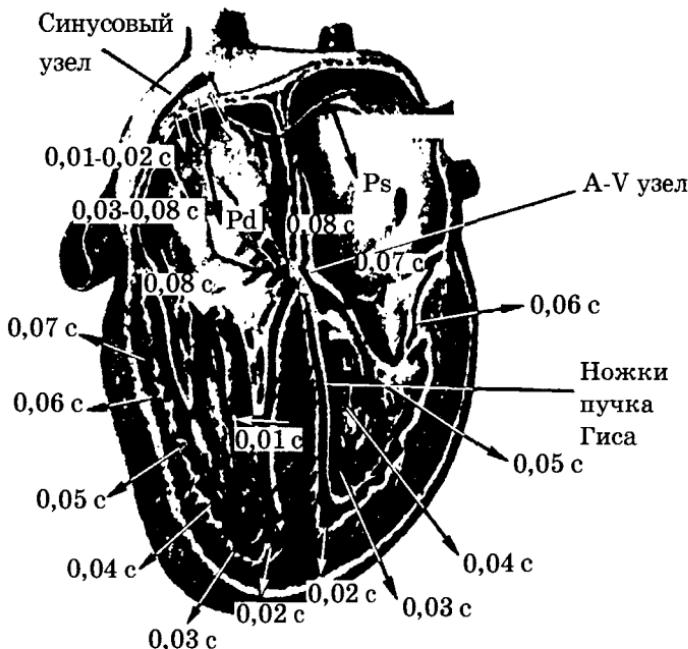


Рис. 5.1. Последовательность распространения волны возбуждения по отделам сердца. Стрелки указывают направления и времена прихода возбуждения в данный участок сердечной мышцы