

В. В. Грачева, С. Ю. Крыжановская,
А. Ф. Якимовский

ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ В ОПЫТАХ

Учебное пособие

Под редакцией С. Ю. Крыжановской

Санкт-Петербург
СпецЛит
2016

УДК 612.73-74/08

Г78

Авторы:

Грачева Вера Викторовна — доцент кафедры нормальной физиологии ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, кандидат биологических наук;

Крыжановская Светлана Юрьевна — доцент кафедры нормальной физиологии ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, кандидат медицинских наук;

Якимовский Андрей Федорович — заведующий кафедрой нормальной физиологии ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, доктор медицинских наук, профессор.

Рецензент:

Власов Т. Д. — заведующий кафедрой патологической физиологии ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова, доктор медицинских наук, профессор

Грачева В. В., Крыжановская С. Ю., Якимовский А. Ф.

Г78 Физиология возбудимых тканей в опытах : учебное пособие / под ред. С. Ю. Крыжановской. — Санкт-Петербург : СпецЛит, 2016. — 31 с.

ISBN 978-5-299-00803-6

Учебное пособие представляет собой описание острых экспериментов на лягушках, иллюстрированное авторскими фотографиями, и содержит пояснение методик и результатов опытов, проводимых во время практических занятий, а также в обучающих видеофильмах, созданных на кафедре нормальной физиологии в 2014–2015 гг.

Пособие предназначено для студентов медицинских вузов, изучающих физиологию возбудимых тканей, и преподавателей физиологии.

Одобрено цикловой методической комиссией по медико-биологическим и медико-профилактическим дисциплинам ПСПбГМУ им. акад. И. П. Павлова 01.02.2016 г., протокол № 2.

УДК 612.73-74/08

СОДЕРЖАНИЕ

Предисловие	4
Опыт № 1. доказывающий существование мембранного потенциала (второй опыт Л. Гальвани)	5
Опыт № 2. Физиологический реоскоп	8
Опыт № 3. Влияние новокаина на проводимость нерва	9
Опыт № 4. Одиночное и суммированное сокращение скелетной мышцы. Запись сокращений икроножной мышцы лягушки	13
Опыт № 5. Особенности гладкой мышцы. Запись сокращений гладкой мышцы клоаки лягушки	16
Опыт № 6. Автоматия миокарда. Анализ создающей и проводящей возбуждение системы сердца лягушки (лигатуры Станниуса)	19
Опыт № 7. Рефрактерность миокарда. Получение экстрасистолы и компенсаторной паузы сердца лягушки	23
Опыт № 8. Влияние адреналина и ацетилхолина на работу сердца лягушки	25
Опыт № 9. Наблюдение рефлекторных изменений работы сердца лягушки	29
Литература	31

ПРЕДИСЛОВИЕ

Эксперимент — это важнейший способ изучения физиологии, он помогает осмыслению и запоминанию материала. Наиболее сложной, по мнению студентов, является физиология возбудимых тканей (нервной и мышечной). Трудно понять и без доказательств поверить, например, в то, что мембрана клетки является генератором электроэнергии.

На нашей кафедре студенты участвуют в постановке острых опытов на практическом занятии. Самостоятельно готовиться к их выполнению и экономить время занятий помогут содержащиеся в учебном пособии иллюстрированные фотографиями описания экспериментов. Кроме того, есть возможность наблюдать через систему дистанционного обучения эксперименты в снятых на кафедре видеороликах (что важно в условиях сокращения аудиторных часов).

Однако студентам не всегда удается самостоятельно применить теоретические знания для объяснения полученных результатов. Часто возникают сложности с терминами, которые используются в описании классических опытов, таких как, например, «ток повреждения». Поэтому в учебное пособие включены ответы на наиболее часто встречающиеся вопросы и необходимые исторические аспекты. Пособие является дополнением к рекомендованному основному учебнику и уже изданным учебным пособиям по данной тематике.

Авторы пособия выражают благодарность за помощь в проведении съемок старшему лаборанту кафедры М. Н. Квет.

ОПЫТ № 1, ДОКАЗЫВАЮЩИЙ СУЩЕСТВОВАНИЕ МЕМБРАННОГО ПОТЕНЦИАЛА (ВТОРОЙ ОПЫТ Л. ГАЛЬВАНИ)

Впервые опыт, который неопровержимо доказывает существование электричества в живых тканях, проведен итальянским врачом Луиджи Гальвани в конце XVIII в. Для проведения этого опыта из задней лапки лягушки готовят препарат, состоящий из икроножной мышцы, седалищного нерва и части позвоночника (рис. 1). На икроножной мышце делают надрез (рис. 2) и набрасывают на нее дистальный отрез седалищного нерва,



Рис. 1. Препарат из задней лапки лягушки

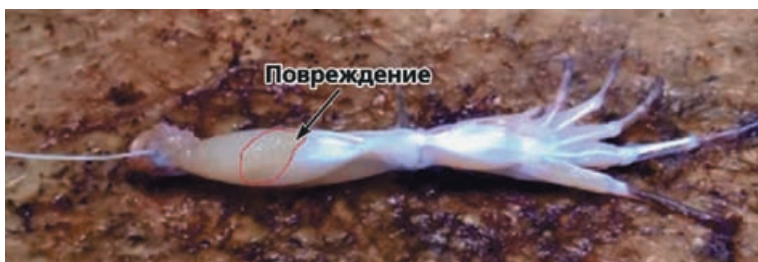


Рис. 2. Надрез на мышце

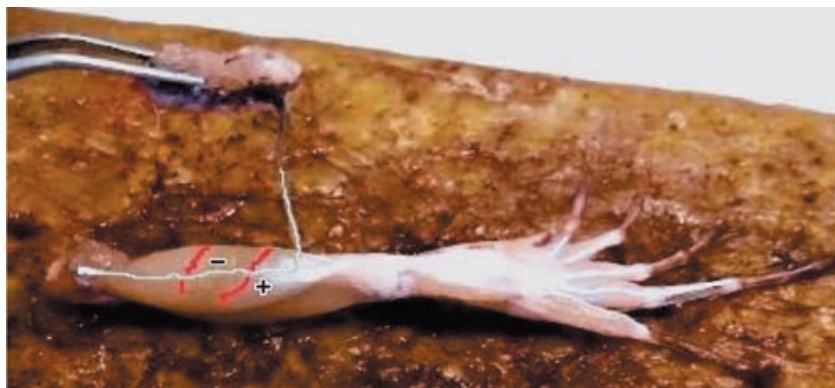


Рис. 3. Нерв наброшен на мышцу (объяснение в тексте)

при этом мышца сокращается. Нерв должен располагаться так, чтобы он касался и поврежденного, и неповрежденного участков мышцы (рис. 3). В опыте отсутствуют какие-либо источники тока, значит, живые ткани сами «производят» электричество.

Этот опыт называют вторым опытом Гальвани, или опытом без металла, поскольку ему предшествовал первый вариант опыта, в котором сокращение происходит, когда лапки лягушки, подвешенные на медном крючке, прикасаются к железной пластинке. В этом случае цепь из разнородных металлов, разделенных раствором электролита, образует источник постоянного тока (гальванический элемент). Л. Гальвани потратил несколько лет, чтобы изменить опыт и доказать наличие «животного электричества». Естественно, научно объяснить это явление 200 лет назад было невозможно.

В 30-х гг. XIX в. Карло Маттеуччи повторил опыт своего учителя и с помощью гальванометра впервые определил, что поврежденный участок мембраны заряжен отрицательно, а неповрежденный — положительно (см. рис. 3), между ними возникает электрический ток, названный «током повреждения», или «током покоя». Тогда существовало ошибочное представление, что электричество в буквальном смысле «перетекает» с мышцы на нерв подобно току крови в сосудах.

Термины «возбуждение» и «возбудимость» были введены немецким физиологом Э. Дюбуа-Реймоном в середине XIX в. Он выяснил, что под воздействием раздражителя происходит возбуждение, тогда «ток покоя» уменьшается и меняет свое направление — появляется «ток действия». «Ток повреждения», возникающий во втором опыте Гальвани, следовательно, служит для нерва раздражителем.

Э. Ф. Пфлюгер, ученик Дюбуа-Реймона, сформулировал полярный закон, согласно которому при воздействии постоянного тока на ткань возбуждение возникает только при замыкании цепи (под катодом) и при размыкании (под анодом). Действительно, лапка сокращается только дважды: первый раз в момент набрасывания нерва на поврежденный и неповрежденный участки мышцы (замыкание цепи), второй — при снятии нерва с мышцы (размыкание), в промежутке между этими событиями сокращений не происходит. Угнетение возбудимости длительным действием катода постоянного тока открыл русский физиолог Б. Ф. Вериго, назвав ее катодической депрессией.

В середине XX в. появилась возможность изучения электрических процессов в отдельной нервной клетке. Для этой цели использовали гигантские аксоны кальмара, диаметр которых достигает 1 мм, что в 100 раз больше, чем у позвоночных животных. Это позволяет вводить внутрь волокна микроэлектроды, не разрушая его. На основе таких исследований английские физиологи А. Ходжкин, Э. Хаксли и Б. Катц сформулировали мембранно-ионную теорию биоэлектrogenеза. А в 70-е гг. прошлого века Э. Неером и Б. Сакманом внедрен метод изучения ионных токов через отдельный мембранный канал. Оказалось, что мембранный потенциал обусловлен разной концентрацией ионов внутри и снаружи клетки. А ток ионов происходит сквозь мембрану, значит, направлен поперек волокна, а не вдоль него. Под воздействием раздражителя открываются дополнительные катионные каналы в мембране, число перемещающихся ионов резко возрастает, что приводит к изменению полярности. Возникший потенциал действия создает электрическое поле, вызывающее возбуждение соседних участков (т. е. открытие каналов).

С современной точки зрения второй опыт Гальвани можно объяснить так. Под влиянием отрицательно заряженной поверхности происходит деполяризация мембран нервных волокон до критического уровня, открытие потенциалзависимых натриевых каналов, усиление входящего тока натрия, развитие потенциала действия. Потенциал действия распространяется по аксонам мотонейронов и передается через синапсы мышечным волокнам. Затем возбудимость нерва снижается, поскольку сохраняется деполяризация, вызывающая инактивацию натриевых каналов.

Под влиянием положительно заряженной поверхности полярность мембраны увеличивается (гиперполяризация). Длительная гиперполяризация приводит к увеличению числа готовых к открытию натриевых каналов, то есть смещению критического уровня деполя-

В. В. Грачева, С. Ю. Крыжановская,
А. Ф. Якимовский

ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ В ОПЫТАХ

Учебное пособие

Редактор *Пугачева Н. Г.*
Корректор *Полушкина В. В.*
Компьютерная верстка *Тархановой А. П.*

Подписано в печать 25.04.2016. Формат 60 × 88¹/₁₆.
Печ. л. 2,0. Тираж 500 экз. Заказ №

ООО «Издательство „СпецЛит“».
190103, Санкт-Петербург, 10-я Красноармейская ул., 15.
Тел./факс: (812) 495-36-09, 495-36-12
<http://www.speclit.spb.ru>

Отпечатано в типографии «L-PRINT»
192007, Санкт-Петербург,
Лиговский пр., 201, лит. А, пом. 3Н