

# Экспериментальная физиология



# Экспериментальная физиология

Перевод с английского  
канд. биол. наук М. А. Каменской

ИЗДАТЕЛЬСТВО «МИР»  
МОСКВА 1974

Хорошо разработанный практикум по всем разделам физиологии — нервно-мышечной, дыханию, обмену веществ, кровообращению и другим (всего 11 глав). В каждой главе дано краткое описание нескольких десятков практических заданий. В описании каждого задания содержатся все необходимые сведения для его выполнения, приводятся формулы для расчетов и т. д. Особая ценность книги состоит в том, что для выполнения многих заданий достаточно самых простых приборов или подручных материалов.

Предназначена для студентов и преподавателей физиологии университетов и медицинских институтов.

*Редакция биологической литературы*

## ОГЛАВЛЕНИЕ

От переводчика . . . . .	5
Из предисловия к девятому английскому изданию . . . . .	7
<b>Глава 1. Знакомство с приборами и оборудованием . . . . .</b>	<b>9</b>
Хирургические инструменты . . . . .	10
Электрическое раздражение мышцы и нерва . . . . .	11
1.1. Стимулятор . . . . .	11
1.2. Учебный стимулятор . . . . .	14
1.3. Генератор парных импульсов . . . . .	16
1.4. Изолирующий блок . . . . .	16
1.5. Изоляция стимула . . . . .	17
1.6. Регистрирующие устройства . . . . .	17
1.7. Датчики . . . . .	19
1.8. Электронно-лучевой осциллограф . . . . .	21
1.9. Фотографирование изображения на экране электронно-лучевой трубки . . . . .	26
1.10. Соединение выхода генератора парных импульсов с осциллографом . . . . .	26
1.11. Измерение частоты или скорости . . . . .	27
1.12. Кимограф . . . . .	28
1.13. Регистрация на закопченной бумаге . . . . .	30
1.14. Условия, обеспечивающие сохранение функции изолированных тканей . . . . .	30
1.15. Концентрации фармакологических агентов . . . . .	33
<b>Глава 2. Мышца и нерв . . . . .</b>	<b>35</b>
Введение . . . . .	35
2.1. Нервно-мышечный препарат лягушки (седалищный нерв — икроножная мышца) . . . . .	36
2.2. Сокращение мышцы лягушки . . . . .	38
2.3. Изометрическое мышечное сокращение . . . . .	42
2.4. Влияние температуры на кривую мышечного сокращения . . . . .	45
2.5. Влияние продолжительной работы (утомление) . . . . .	45
2.6. Влияние нагрузки и исходной длины мышцы в покое . . . . .	46

2.7. Влияние длины мышцы на напряжение . . . . .	48
2.8. Суммация двух сокращений . . . . .	49
2.9. Слитное, или тетаническое, сокращение . . . . .	50
2.10. Портняжная мышца лягушки . . . . .	50
2.11. Скорость проведения возбуждения и потенциал действия мышцы . . . . .	52
2.12. Потенциал концевой пластинки . . . . .	54
2.13. Мышечный потенциал действия и развитие напряжения . . . . .	57
2.14. Отношение одиночного сокращения к тетаническому . . . . .	58
2.15. Скорость проведения нервного импульса . . . . .	58
2.16. Рефрактерный период нерва . . . . .	61
2.17. Влияние температуры на скорость проведения возбуждения и продолжительность рефрактерного периода . . . . .	64
2.18. Изолированный препарат прямой мышцы живота лягушки . . . . .	65
2.19. Влияние d-тубокурарина на чувствительность прямой мышцы живота к ацетилхолину . . . . .	68
2.20. Использование препарата прямой мышцы живота для определения концентрации раствора ацетилхолина . . . . .	68
2.21. Влияние антихолинэстеразы . . . . .	68
2.22. Препарат диафрагмы крысы . . . . .	68
2.23. Локтевой нерв и мышца — сгибатель мизинца у человека . . . . .	72
2.24. Электрическое раздражение мышцы и нерва человека . . . . .	73
2.25. Скорость проведения в нерве человека . . . . .	76
2.26. Влияние температуры конечности на скорость проведения . . . . .	77
2.27. Сокращения матки <i>in vitro</i> . . . . .	78
2.28. Препарат матки крысы . . . . .	78
Глава 3. Дыхание . . . . .	79
Введение . . . . .	79
3.1. Терминология, применяемая в физиологии дыхания . . . . .	79
3.2. Спирометрия . . . . .	82
3.3. Газовые законы: превращение объемов . . . . .	84
3.4. «Нормальные» параметры респираторной функции; формулы и номограммы . . . . .	88
3.5. Влияние положения тела на функциональную остаточную емкость . . . . .	89
3.6. Дыхательный объем . . . . .	90
3.7. Жизненная емкость легких . . . . .	91
3.8. Остаточный объем, функциональная остаточная емкость и общая емкость легких . . . . .	92
3.9. Легочная вентиляция . . . . .	97
3.10. Максимальная произвольная вентиляция легких . . . . .	98

3.11. Регистрация форсированного вдоха и выдоха . . . . .	99
3.12. Максимальная скорость потока воздуха при вы- дохе . . . . .	100
3.13. Пневмотахограф . . . . .	101
3.14. Распределение газа . . . . .	102
Механика легочного дыхания . . . . .	102
3.15. Растяжимость легких . . . . .	103
3.16. Общая растяжимость грудной клетки и легких. . . . .	104
3.17. Сопротивление дыхательных путей . . . . .	105
3.18. Взятие проб воздуха . . . . .	105
3.19. Взятие проб воздуха в конце дыхательного цикла . . . . .	107
3.20. Анализ газов . . . . .	107
3.21. Дыхательный коэффициент ( $R$ ) . . . . .	108
3.22. Газоанализатор Холдена в модификации Ллойда . . . . .	109
3.23. Модифицированный аппарат Холдена (аппарат Кэмпбелла) . . . . .	109
3.24. Капнограф (инфракрасный анализатор $\text{CO}_2$ ) . . . . .	110
3.25. Парамагнитный анализатор кислорода . . . . .	110
3.26. Объем мертвого пространства . . . . .	111
3.27. Косвенный метод определения артериального на- пряжения $\text{CO}_2$ . . . . .	111
3.28. Дыхательные звуки . . . . .	112
3.29. Дыхательные движения . . . . .	113
3.30. Задержка дыхания . . . . .	114
3.31. Влияние наполнения легких на продолжительность задержки дыхания . . . . .	115
3.32. Задержка дыхания при гипоксии и гиперкапнии . . . . .	115
3.33. Задержка дыхания после гиперпноэ и физической нагрузки . . . . .	116
3.34. Влияние форсированного гиперпноэ на спонтанные дыхательные движения . . . . .	117
3.35. Действие избыточного содержания $\text{CO}_2$ . . . . .	117
3.36. Вдыхание $\text{CO}_2$ из мешка Дугласа . . . . .	118
3.37. Комбинированное действие избытка $\text{CO}_2$ и недо- статка $\text{O}_2$ . . . . .	118
3.38. Линейная зависимость легочной вентиляции от на- пряжения $\text{CO}_2$ ( $P_{\text{CO}_2}$ ) в альвеолярном воздухе . . . . .	118
3.39. Искусственное дыхание . . . . .	120
<b>Глава 4. Обмен веществ и температура тела . . . . .</b>	<b>122</b>
4.1. Определение основного обмена методом открытой системы . . . . .	123
4.2. Определение основного обмена методом закрытой системы . . . . .	129
4.3. Специфически-динамическое действие пищи . . . . .	130
4.4. Обмен веществ во время работы . . . . .	134
4.5. Эффективность мышечной работы . . . . .	135
Температура тела . . . . .	139
4.6. Измерение температуры тела . . . . .	140
4.7. Колебания температуры тела . . . . .	141
4.8. Температура кожи . . . . .	141

Глава 5. Кровь . . . . .	143
5.1. Подсчет эритроцитов . . . . .	143
5.2. Подсчет общего числа лейкоцитов . . . . .	147
5.3. Подсчет ретикулоцитов . . . . .	148
5.4. Подсчет эозинофилов . . . . .	148
Исследование мазков крови . . . . .	149
5.5. Определение лейкоцитарной формулы . . . . .	149
5.6. Пероксидазная реакция . . . . .	152
5.7. Измерение диаметра эритроцитов . . . . .	153
Определение гемоглобина . . . . .	154
Методы определения гемоглобина при массовом обследовании . . . . .	155
5.8. Шкала Таллкви́ста . . . . .	155
5.9. Определение при помощи растворов сернокислой меди . . . . .	155
Простые методы определения гемоглобина при индивидуальном обследовании . . . . .	156
5.10. Гемометр Холдена . . . . .	156
5.11. Метод Сали . . . . .	157
Методы точного определения . . . . .	157
5.12. Определение гемоглобина при помощи М.Р.С.-фотометра с серым клином . . . . .	157
5.13. Объективные фотометрические определения . . . . .	159
5.14. Общий объем эритроцитов . . . . .	162
5.15. Определение среднего объема отдельного эритроцита . . . . .	162
5.16. Определение количества гемоглобина, приходящегося на один эритроцит . . . . .	163
5.17. Средняя концентрация гемоглобина в эритроците . . . . .	163
5.18. Осмотическая устойчивость эритроцитов . . . . .	164
5.19. Время свертывания крови . . . . .	165
5.20. Протромбиновое время . . . . .	166
5.21. Тромботест <sub>9</sub> . . . . .	168
5.22. Скорость оседания эритроцитов . . . . .	168
Группы крови . . . . .	169
5.23. Перекрестная совместимость . . . . .	169
5.24. Определение группы крови . . . . .	170
5.25. Определение резус-фактора (Rh-фактора) при помощи сыворотки типа анти-D . . . . .	172
Анализ газов крови . . . . .	173
5.26. Определение содержания кислорода и кислородной емкости крови упрощенным методом Холдена . . . . .	173
5.27. Микрогазомер Нательсона <sub>17</sub> . . . . .	177
5.28. Карбоангидраза . . . . .	177
5.29. Построение кривой диссоциации кислорода . . . . .	179
5.30. Определение содержания натрия и калия в сыворотке крови при помощи пламенного фотометра . . . . .	180
Глава 6. Сердечно-сосудистая система . . . . .	183
Кровообращение у лягушки . . . . .	183
6.1. Сердечный цикл лягушки . . . . .	183

6.2. Возникновение сокращений сердца (эксперимент с лигатурами Станниуса) . . . . .	185
6.3. Иннервация сердца и регуляция его деятельности . . . . .	186
6.4. Влияние адреналина и ацетилхолина на сердце . . . . .	187
6.5. Влияние температуры на сердце лягушки . . . . .	188
6.6. Рефрактерный период сердечной мышцы . . . . .	188
6.7. Чувствительность сердечной мышцы к механическому раздражению . . . . .	189
6.8. Латентный период сердечной мышцы . . . . .	189
6.9. Реакция на ритмическое раздражение . . . . .	190
6.10. Автоматия сердца лягушки . . . . .	190
6.11. Перфузия кровеносных сосудов лягушки . . . . .	190
6.12. Наблюдения за кровотоком в конечности и брыжейке лягушки . . . . .	192
6.13. Перфузия сердца лягушки . . . . .	192
6.14. Влияние венозного давления на объем жидкости, выбрасываемой сердцем . . . . .	195
6.15. Влияние температуры на ритм сокращений и объем выбрасываемой сердцем крови . . . . .	195
6.16. Влияние адреналина на ритм сокращений и объем выбрасываемой сердцем крови . . . . .	196
6.17. Влияние изменения ионного состава перфузирующей жидкости на ритм сокращений и объем выбрасываемой сердцем жидкости . . . . .	197
6.18. Электрическая активность сердца лягушки . . . . .	197
Кровообращение млекопитающего . . . . .	199
6.19. Регистрация артериального давления у наркотизированного животного . . . . .	199
6.20. Перфузия сердца млекопитающего (метод Лангендорфа) . . . . .	200
6.21. Препарат изолированного предсердия . . . . .	204
6.22. Перфузия изолированного уха кролика . . . . .	205
Кровообращение у человека . . . . .	206
6.23. Тоны сердца . . . . .	206
6.24. Пульс . . . . .	207
6.25. Регистрация артериальной пульсовой волны . . . . .	208
6.26. Рефлекс, вызываемый раздражением каротидного синуса . . . . .	209
6.27. Измерение артериального давления у человека . . . . .	210
6.28. Электрокардиография . . . . .	212
6.29. Одновременная регистрация электрокардиограммы, сердечных тонов и пульсации сонной артерии . . . . .	216
Влияние изменения положения тела на кровообращение . . . . .	217
6.30. Пульс . . . . .	217
6.31. Артериальное давление . . . . .	218
6.32. Тесты с наклонным столом . . . . .	218
6.33. Влияние расширения сосудов на артериальное давление . . . . .	219
6.34. Венозный ток крови . . . . .	220
6.35. Венозный пульс на яремной вене . . . . .	221
6.36. Венозное давление . . . . .	222



6.37. Реакция капилляров кожи на повреждение . . . . .	223
6.38. Время кровотечения . . . . .	224
6.39. Наблюдение за капиллярами кожи . . . . .	225
Измерение кровотока при помощи плетизмографа . . . . .	226
6.40. Плетизмография пальца руки . . . . .	226
6.41. Простой воздушный плетизмограф . . . . .	229
6.42. Реактивная гиперемия . . . . .	233
6.43. Влияние работы . . . . .	233
6.44. Влияние нагревания и охлаждения . . . . .	234
6.45. Кровоток в предплечье руки человека . . . . .	234
6.46. Кровоток после длительного сокращения мышц предплечья . . . . .	238
6.47. Кровоток после ритмического сокращения мышц . . . . .	238
6.48. Кровоток после остановки кровообращения . . . . .	238
6.49. Кровоток и температура . . . . .	238
6.50. Возможные источники ошибок при плетизмографии . . . . .	239
6.51. Плетизмография кисти руки . . . . .	239
6.52. «Плетизмограф» с ртутным датчиком . . . . .	240
Калориметрия кисти руки . . . . .	241
6.53. Упрощенный вариант калориметрии кисти руки . . . . .	241
6.54. Точный метод калориметрии кисти руки . . . . .	243
6.55. Последствия прекращения притока крови к конечности . . . . .	248
<b>Глава 7. Физиология органов чувств . . . . .</b>	<b>251</b>
Кожная рецепция . . . . .	251
7.1. Аfferентные нервные импульсы от кожи лягушки . . . . .	251
7.2. Кожная чувствительность человека . . . . .	253
7.3. Локализация тактильных ощущений . . . . .	255
7.4. Болевая рецепция . . . . .	255
7.5. Типы болевых ощущений . . . . .	255
7.6. Гиперальгезия после повреждения . . . . .	256
7.7. Температурная рецепция . . . . .	256
7.8. Вибрационная чувствительность . . . . .	257
Электрофизиология мышечного веретена лягушки . . . . .	258
7.9. Реакция мышечного веретена лягушки на растяжение . . . . .	258
7.10. Препаровка длинного разгибателя 4-го пальца лягушки . . . . .	259
7.11. Раздражение интрафузальных волокон . . . . .	260
Проприорецепция у человека . . . . .	262
7.12. Калорическая проба функции лабиринта . . . . .	264
Химическая рецепция . . . . .	265
7.13. Вкус . . . . .	265
7.14. Обоняние . . . . .	265
Слуховая рецепция . . . . .	266
7.15. Диапазон частот звуковых колебаний, воспринимаемых ухом человека . . . . .	266
7.16. Пороги слуховой возбудимости . . . . .	266

7.17. Аудиометр чистого тона . . . . .	266
7.18. Потеря слуха вследствие нарушений звукопроводящего или звуковоспринимающего аппарата . . . . .	268
7.19. Проба Ринне . . . . .	269
7.20. Проба Вебера . . . . .	270
7.21. Симуляция глухоты . . . . .	270
7.22. Локализация источника звука . . . . .	273
Зрительная рецепция . . . . .	273
7.23. Механическое раздражение глаза . . . . .	273
7.24. Слепое пятно . . . . .	274
7.25. Ближайшая точка ясного видения . . . . .	274
7.26. Фокусировка . . . . .	275
7.27. Острота зрения в разных участках поля зрения . . . . .	275
7.28. Поле зрения . . . . .	277
7.29. Глазное дно . . . . .	279
7.30. Смещение цветов . . . . .	279
7.31. Выявление цветовой слепоты . . . . .	280
7.32. Поле зрения для различных цветов . . . . .	280
7.33. Последовательные образы . . . . .	281
7.34. Миопия и гиперметропия . . . . .	282
7.35. Острота зрения . . . . .	283
7.36. Астигматизм и астигматический веер . . . . .	284
7.37. Кератоскоп Плячидо . . . . .	284
7.38. Проба на косоглазие . . . . .	285
7.39. Раздвоение изображения . . . . .	285
7.40. Дефект координации глазных мышц . . . . .	286
7.41. Бинокулярное зрение . . . . .	286
7.42. Стереоскопическое зрение . . . . .	287
7.43. Оценка точности стереоскопического зрения . . . . .	288
<b>Глава 8. Нервная система . . . . .</b>	<b>288</b>
Исследование рефлекторных реакций человека . . . . .	288
8.1. Рефлекторные реакции на раздражение кожи . . . . .	289
8.2. Сухожильные рефлексы . . . . .	291
8.3. Рефлекторные реакции глаз . . . . .	292
8.4. Анализ рефлекторной деятельности у лягушки . . . . .	293
8.5. Электромиограмма человека при градуальном произвольном сокращении . . . . .	294
8.6. Частота разряда мотонейронов во время произвольного движения . . . . .	295
8.7. Изменение артериального давления под действием холода . . . . .	295
8.8. Электрическое сопротивление кожи . . . . .	297
8.9. Время реакции . . . . .	300
8.10. Реакция выбора . . . . .	300
8.11. Электроэнцефалограмма (ЭЭГ) . . . . .	302
<b>Глава 9. Пищеварительная система и почки . . . . .</b>	<b>302</b>
9.1. Слюноотделение у человека . . . . .	302
9.2. Секреция желудочного сока . . . . .	303

9.3. Изолированный препарат мышцы кишечника млекопитающего . . . . .	305
9.4. Регуляция моторной активности кишки нервами брыжейки . . . . .	308
9.5. Перистальтика изолированной кишки . . . . .	309
9.6. Водный баланс . . . . .	311
9.7. Определение содержания натрия и калия в моче при исследовании водного баланса . . . . .	312
9.8. Проба на разведение и концентрирование мочи . . . . .	312
<b>Глава 10. Физиология мышечной работы . . . . .</b>	<b>314</b>
10.1. Соотношение между интенсивностью работы и частотой сокращений сердца . . . . .	317
10.2. Кислородная задолженность . . . . .	318
10.3. Гемодинамические изменения . . . . .	320
10.4. Определение физического состояния . . . . .	320
10.5. Влияние изменения кровоснабжения на осуществление сложных координированных движений . . . . .	322
10.6. Местное влияние на мышцу продолжительной нагрузки . . . . .	323
10.7. Эргограф Моссо . . . . .	325
10.8. Пальцевой динамометр . . . . .	326
10.9. Терморегуляция при физической работе . . . . .	326
<b>Глава 11. Экологическая физиология . . . . .</b>	<b>329</b>
11.1. Охлаждающая способность внешней среды . . . . .	329
11.2. Атмосферная влажность . . . . .	329
11.3. Кататермометры . . . . .	332
11.4. Тепловое излучение . . . . .	333
11.5. Шкала эффективной температуры . . . . .	333
11.6. Реакция на согревание тела . . . . .	334
11.7. Оценка условий внешней среды при значительном скоплении людей . . . . .	336
<b>Приложение. Названия и адреса фирм . . . . .</b>	<b>338</b>
<b>Список литературы . . . . .</b>	<b>340</b>