

МИНИСТЕРСТВО ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РЕСПУБЛИКИ БЕЛАРУСЬ
БЕЛОРУССКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
КАФЕДРА НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ

ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Практикум
для студентов медико-профилактического факультета



Минск БГМУ 2022

УДК 612(076.5)(075.8)
ББК 28.707.3я73
О-28

Рекомендовано Научно-методическим советом университета
в качестве практикума 26.01.2022 г., протокол № 1

Авторы: В. Н. Фоменко, Д. А. Александров, В. А. Переверзев, А. В. Евсеев, В. А. Правдивцев, М. О. Велком, В. И. Власенко, Т. Г. Северина, О. С. Никитина, Т. П. Голодок, Н. А. Башаркевич, Ю. В. Гайкович, Т. А. Пупа, А. Г. Чабан, А. И. Печурский, А. А. Анисимов, М. И. Гаптарь, Е. А. Бур, А. С. Блажко, Д. Л. Корзун

Рецензенты: канд. мед. наук, доц. каф. гигиены детей и подростков Белорусского государственного медицинского университета О. А. Горбич; каф. гигиены труда Белорусского государственного медицинского университета

Общая физиология : практикум для студентов медико-профилактического факультета / В. Н. Фоменко [и др.]. – Минск : БГМУ, 2022. – 144 с.

ISBN 978-985-21-0985-7.

Представлены вопросы к лабораторным занятиям по разделам курса нормальной физиологии «Физиология возбудимых тканей», «Нервная регуляция физиологических функций», «Гормональная регуляция физиологических функций», «Гомеостаз. Внутренняя среда. Система крови». Даны описания лабораторных работ и протоколы их выполнения, включена необходимая дополнительная информация по темам занятий.

Предназначен для студентов 1-го курса медико-профилактического факультета, а также медицинского факультета иностранных учащихся, обучающихся по программе подготовки по специальности 1-79 01 03 «Медико-профилактическое дело».

УДК 612(076.5)(075.8)
ББК 28.707.3я73

ISBN 978-985-21-0985-7

© УО «Белорусский государственный
медицинский университет», 2022

СПИСОК СОКРАЩЕНИЙ

- АД** — артериальное давление крови
АДГ — антидиуретический гормон
АДд (ДАД) — артериальное давление крови, диастолическое
АДс (САД) — артериальное давление крови, систолическое
АДсгд — артериальное давление крови, среднее гемодинамическое
АКТГ — адренокортикотропный гормон
АНС — автономная нервная система
АХ — ацетилхолин
ВитД₃ — витамин Д₃
ВПСП — возбуждающий постсинаптический потенциал
ГР — гормон роста
ГМ — гладкие мышцы
ДАГ — диацилглицерол
ИТФ — инозитолтрифосфат
ИФР — инсулинподобный фактор роста
КОС — кислотно-основное состояние
ЛТГ — лактотропный гормон (пролактин)
МТ — масса тела
НА — норадреналин
нХР — никотинчувствительный холинорецептор
ПКП — потенциал концевой пластинки
ПКА и ПКС — протеинкиназа А и протеинкиназа С
ПЧСЖ — подчелюстная слюнная железа
ПЯСЖ — подъязычная слюнная железа
РААС — ренин-ангиотензин-альдостероновая система
pH — активная реакция среды (крови, слюны, ликвора и т. д.), отрицательный десятичный логарифм концентрации водородных ионов среды
Rh — резус-фактор
СОЭ — скорость оседания эритроцитов
СГО — санитарно-гигиеническая одежда
ССС — сердечно-сосудистая система
СТГ — соматотропный гормон
ТПСП — тормозный постсинаптический потенциал
цАМФ — циклический аденозин-монофосфат
цГМФ — циклический гуанозин-монофосфат
ЦНС — центральная нервная система
ЦП — цветовой показатель
ЧД — частота дыхания
ЧН — черепно-мозговые нервы
ЧП — частота пульса
ЧСС — частота сердечных сокращений
ЭМГ — электромио(-грамма или -графия)
ЭЭГ — электроэнцефало(-грамма или -графия)

ВВЕДЕНИЕ

Настоящее издание предназначено для использования студентами медико-профилактического факультета при подготовке к занятиям и для протоколирования лабораторных работ во время занятий. Оно составлено с учетом требований новой типовой программы по курсу «Нормальная физиология» для студентов медико-профилактического факультета высших медицинских учебных заведений. Издание включает новые профильные занятия и практические работы, в том числе моделирование физиологических феноменов на виртуальных моделях животных; проведение исследования состояния физиологических функций у человека современными методами клинического анализа крови, газоанализа, психофизиологического обследования и т. д. Программа занятий предполагает более подробное рассмотрение вопросов актуальных для студентов медико-профилактической направленности, а именно физиологии стресса и адаптации, спортивной и трудовой деятельности.

Вначале представлены новые экзаменационные вопросы, разработанные сотрудниками кафедры. Эти же вопросы входят в состав основных вопросов к занятиям по соответствующим темам, а также вынесены на итоговые (семинарские) занятия по соответствующим разделам дисциплины.

К каждому практическому занятию представлены основные вопросы, вопросы для самоконтроля, литература (основная и дополнительная), а также указания для поиска обучающих и контролирующих программ в компьютерном классе. В большинстве занятий представлены работы демонстрационные (в виде видеофильмов, демонстраций сотрудниками кафедры) и/или для самостоятельного выполнения (на виртуальных моделях в компьютерном классе или безопасных исследований на добровольцах/самих студентах). Протоколы демонстрационных или самостоятельно выполненных работ предусматривают их индивидуальное заполнение студентами с формированием выводов, знание которых будет полезным им для дальнейшей учебы, работы и/или поддержания собственного здоровья. В конце целого ряда практических занятий дана дополнительная информация, которую студенты не всегда могут найти самостоятельно.

Следует напомнить, что по 10-балльной шкале оценки «1», «2», «3» являются неудовлетворительными, «4» и «5» — удовлетворительными, «6», «7», «8» — хорошими, «9» и «10» — отличными. На занятиях проводится как компьютерный, так и устный контроль знаний. Одна или обе оценки выставляются на каждом занятии. Предпочтение отдается оценке, полученной по устному ответу. При подготовке к практическим занятиям студентам, особенно претендующим на оценки «8», «9» и «10», рекомендуется помимо основной литературы использовать и дополнительную.

Авторы выражают свою признательность и благодарность за помощь техническим сотрудникам кафедры нормальной физиологии за помощь в наборе текстов, рисунков и схем.

Авторы будут благодарны за рекомендации и замечания, способствующие дальнейшему улучшению практикума.

ЭКЗАМЕНАЦИОННЫЕ ВОПРОСЫ

1. Физиология как научная основа медицины.
2. Понятие физиологической функции и ее регуляции. Уровни регуляции. Типы регуляции. Нервный и гуморальный механизмы регуляции функций, их сравнительная характеристика.
3. Понятие о гомеостазе. Механизмы поддержания постоянства внутренней среды организма.
4. Современные представления о строении и функциях мембран. Транспорт веществ через клеточную мембрану.
5. Понятие о молекулярных (клеточных) рецепторах и их функциях.
6. Общие свойства возбудимых тканей. Возбуждение и формы его проявления. Показатели (параметры) возбудимости.
7. Биопотенциалы, их виды. Мембранный потенциал покоя, его происхождение.
8. Современные представления о механизмах и фазах развития потенциала действия. Изменения возбудимости в процессе возбуждения.
9. Законы реагирования возбудимых тканей на действие раздражителей. Хронаксиметрия, ее применение для изучения возбудимости мышц и нервов.
10. Нейрон: структура, функции, свойства, взаимосвязь с глиальными клетками. Роль нейроглии.
11. Сенсорные рецепторы: определение понятия, классификация, роль, основные свойства. Рецепторный и генераторный потенциалы. Понятие о принципах кодирования информации в сенсорных системах.
12. Нервные волокна: строение, классификация, функция. Механизм и законы проведения возбуждения по нервному волокну. Физиологические основы проводниковой анестезии.
13. Синапсы: классификация, строение, общие свойства, физиологическая роль. Современные представления о механизмах передачи возбуждения в синапсах. Понятие о влиянии лекарственных веществ и токсинов на синаптическую передачу.
14. Нервная система и ее роль в обеспечении жизнедеятельности целостного организма. Нервные центры: физиологическое понятие, функции, свойства.
15. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Виды рефлексов. Структура рефлекторной дуги (соматического, вегетативного рефлексов). Обратная связь и ее значение.
16. Основные принципы распространения возбуждения в ЦНС. Возбуждающие синапсы и их медиаторные механизмы, ВПСП.

17. Торможение в нервной системе, его типы (первичное и вторичное) и роль. Современные представления о механизмах центрального торможения.

18. Основные принципы координационной деятельности ЦНС: реципрокное торможение, общий конечный путь, доминанта, обратная афферентация. Возбуждающие и тормозные медиаторы, рецепторные механизмы их действия.

19. Сравнительная характеристика соматической и автономной нервной системы (сенсорные рецепторы, афферентные, вставочные и эфферентные отделы, эффекторные органы). Рефлекторная дуга вегетативного рефлекса. Отличия нейроэффекторных соединений гладких мышц от нейромышечных синапсов скелетных мышц.

20. Центры автономной нервной системы. Тонус центров АНС и его механизмы. Вегетативные рефлексы.

21. Сравнительная характеристика функций симпатического и парасимпатического отделов АНС. Синергизм и относительный антагонизм влияний симпатического и парасимпатического отделов АНС. Понятие о метасимпатической нервной системе.

22. Сравнительная характеристика нейрохимических механизмов функционирования симпатического и парасимпатического отделов АНС. Понятие о принципах коррекции вегетативных функций посредством воздействия на медиаторно-рецепторные механизмы.

23. Взаимодействие соматической и АНС в регуляции функций организма. Адаптационно-трофическая функция АНС. Вегетативный тонус, вегетативная реактивность и вегетативное обеспечение деятельности. Их изменение при адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды и трудовой деятельности. Закон исходного уровня вегетативного тонуса.

24. Понятие об эндокринной системе и ее функциях. Гипоталамо-гипофизарная система: гормоны, регуляция деятельности эндокринных и неэндокринных органов.

25. Эндокринная функция щитовидной железы. Роль йодсодержащих гормонов в регуляции обмена веществ (анаболические и катаболические эффекты), роста и развития тканей и организма в целом. Профилактика йоддефицита.

26. Эндокринная функция паращитовидных желез, щитовидной железы и других органов, участвующих в регуляции обмена кальция и фосфатов. Суточная потребность в кальции. Физиологические принципы профилактики дефицита кальция.

27. Физиология надпочечников. Роль гормонов коркового вещества надпочечников в регуляции функций организма и адаптации к изменяющимся условиям среды.

28. Физиология надпочечников. Роль гормонов мозгового вещества надпочечников в регуляции функций организма и адаптации к изменяющимся условиям среды.

29. Эндокринная функция поджелудочной железы и роль ее гормонов в регуляции углеводного, жирового и белкового обмена.

30. Половые железы. Мужские и женские половые гормоны и их физиологическая роль.

31. Понятие об эндокринной функции эпифиза (мелатонин), сердца (атриопептиды), почек (кальцитриол, эритропоэтин и др.), печени (соматомедин С, тромбопоэтин, 1(ОН)-ВитД₃).

32. Стресс как общий адаптационный синдром. Стрессоры. Дистресс и эустресс. Стресс-реализующие и стресс-лимитирующие системы.

33. Адаптация, разновидности адаптации (кратко-и долгосрочная, активная и пассивная и др.); специфические и неспецифические механизмы адаптации. Стадии стресс-реакции. Особенности протекания стресс-реакции в зависимости от продолжительности воздействия стрессора и его силы. Физиологические проявления и возможные отдаленные последствия стресс-реакции.

34. Физиологические свойства скелетных мышц и их функции. Сила мышц, факторы, влияющие на силу мышц. Понятие об удельной (абсолютной) и относительной силе мышц. Механизмы развития утомления при сокращении мышц.

35. Работа и мощность мышц. Закон средних нагрузок. Соотношение между силой и скоростью мышечного сокращения. Статическая и динамическая работа, концентрический и эксцентрический режимы сокращения.

36. Строение скелетных мышц. Двигательные единицы и их особенности в разных мышцах. Типы мышечных волокон. Энергетика мышечного сокращения и теплообразование при сокращении.

37. Одиночное сокращение и его фазы. Виды и режимы сокращения. Тетаническое сокращение и его виды. Оптимум и пессимум сокращения. Скелетно-мышечное взаимодействие, рычаги.

38. Механизм сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна и мышцы в целом.

39. Физиологические свойства и особенности гладких мышц в сравнении со скелетными. Тонус гладких мышц. Понятие о миоэпителиальных клетках.

40. Функции спинного мозга. Спинальные рефлексы. Понятие о спинном уровне регуляции мышечного тонуса. Последствия повреждения спинного мозга.

41. Функции ствола мозга (продолговатого мозга, моста и среднего мозга). Жизненно важные центры и их функции.

42. Функции мозжечка. Последствия повреждения мозжечка.

43. Функции промежуточного мозга (таламуса, гипоталамуса и эпифиза). Интеграция соматических, эндокринных и автономных функций.

44. Основы хронобиологии. Циркадианные и другие биологические ритмы у человека. Роль промежуточного мозга в регуляции циркадианных ритмов.

45. Современное представление о локализации функций в коре больших полушарий головного мозга. Функциональная асимметрия коры. Понятие о созревании различных структур (блоков) головного мозга в онтогенезе по А. Р. Лурия.

46. Понятие об органах чувств, анализаторах, сенсорных системах. Классификация сенсорных систем. Общие принципы строения сенсорных систем. Обработка информации в сенсорных системах.

47. Понятие информации. Сигналы и их виды. Рецепторные механизмы восприятия сигналов на примере телец Фатера–Пачини.

48. Зрительная система. Роль во взаимодействии человека с окружающей средой. Строение, функции. Рефракция и аккомодация. Острота зрения в центральной ямке и на периферии поля зрения. Фоторецепция. Цветовосприятие и его нарушения. Значение для трудовой деятельности.

49. Слуховая система, строение, механизмы восприятия и анализа звуков. Физические характеристики звука и их физиологические эквиваленты. Характеристика слуховой чувствительности человека. Бинауральный слух. Значение слуха для осуществления трудовой деятельности. Физиологические основы профилактики тугоухости.

50. Вестибулярная система, ее функции. Физиологические реакции при раздражении органа равновесия. Роль вестибулярной системы в трудовой деятельности. Физиологические реакции на раздражение органа равновесия.

51. Обонятельная и вкусовая системы. Методы определения порога вкусового ощущения. Понятие функциональной мобильности вкусовых рецепторов. Полиmodalность вкусового ощущения, роль обоняния в его формировании.

52. Соматосенсорная и висцеральная чувствительность. Пространственные пороги в различных областях тела. Сенсорный гомункулус. Роль во взаимодействии с окружающим миром и в оценке состояния внутренней среды организма.

53. Биологическое значение боли. Ноцицепция. Антиноцицептивные системы и нейрохимические механизмы их функционирования.

54. Врожденные формы поведения (безусловные рефлексы и инстинкты), их значение для приспособительной деятельности организма.

55. Условный рефлекс как форма приспособления животных и человека к изменяющимся условиям существования. Классификация условных рефлексов. Механизмы образования условных рефлексов. Динамика нервных процессов: иррадиация, концентрация, индукция.

56. Понятие о торможении в высшей нервной деятельности. Виды торможения.

57. Учение И. П. Павлова о типах высшей нервной деятельности животных и человека, их классификация и характеристика.

58. Память, ее виды и механизмы. Внимание и его роль в запоминании и обучении. Сознание.

59. Сон. Современные представления о его роли и механизмах. Фазы сна. Изменение соматических и вегетативных функций в различные фазы сна.

60. Эмоции, их виды и функции, связь с потребностями и мотивациями. Механизмы формирования эмоций. Нейроанатомия и нейрохимия эмоций. Произвольные и непроизвольные проявления эмоций. Эмоциональный стресс как фактор риска для здоровья человека.

61. Речь, ее виды и функции. Мышление. Функциональная асимметрия коры больших полушарий, связанная с развитием речи у человека.

62. Потребности и мотивации: классификация, механизмы возникновения. Роль мотиваций в целенаправленном поведении (на примере пищедобывательного поведения). Понятие об архитектуре целостного поведенческого акта с позиции теории функциональных систем (П. К. Анохин).

63. Понятие о системе крови. Состав, количество, свойства, функции крови. Основные физиологические константы крови. Кислотно-основное состояние крови и механизмы его регуляции.

64. Роль воды в организме, ее содержание, распределение, баланс. Электролитный состав плазмы крови. Осмотическое давление крови и его регуляция (АДГ, РААС и др.). Рекомендуемая суточная потребность в воде (мл/кг) и поваренной соли в нормальных условиях. Их изменение при адаптации к изменяющимся условиям окружающей среды и трудовой деятельности.

65. Белки плазмы крови, их характеристики и значение. Вязкость крови и ее изменения при нарушении водного баланса организма, влияние на гемодинамику. СОЭ: определение, факторы, влияющие на нее.

66. Эритроциты: количество, особенности строения, функции. Виды гемоглобина и его соединения, их физиологическое значение. Влияние факторов внешней среды на образование различных соединений гемоглобина.

67. Лейкоциты, их виды, количество, функции. Лейкоцитарная формула, возрастные особенности. Лейкоцитоз и лейкопения.

68. Тромбоциты: особенности строения, количество, функции. Понятие о системе гемостаза и его звеньях. Первичный и вторичный гемостаз и основные методы их оценки в амбулаторных условиях.

69. Группы крови (системы: АВ0, Rh, HLA и др.). Определение группы крови в системе АВ0. Принципы переливания крови. Факторы риска при работе с кровью: для медицинского персонала, реципиентов, доноров.

70. Гемопоз. Нервные и гуморальные механизмы регуляции гемопоза. Роль витаминов (B_{12} , B_9 и др.) и микроэлементов (Fe^{2+} и др.).

71. Проводящая система сердца. Строение, физиологические свойства и функции. Современные представления о субстрате, природе и градиенте автоматии.

72. Сократительный миокард. Строение, физиологические свойства и функции. Законы сокращения сердца.

73. Потенциалы действия клеток пейсмекера и типичных кардиомиоцитов. Соотношение возбуждения, возбудимости и сокращения миокарда.

74. Сердечный цикл. Последовательность фаз и периодов сердечного цикла, их характеристика. Изменение соотношения фаз сердечного цикла при физической нагрузке.

75. Электрические проявления сердечной деятельности. ЭКГ. Общий план анализа и критерии нормы ЭКГ во II стандартном отведении. Понятие об экстрасистолах.

76. Тоны сердца, их происхождение. Поликардиография, соотношение элементов ЭКГ и ФКГ.

77. Саморегуляция деятельности сердца. Ударный и минутный объем крови, их зависимость от величины венозного возврата (закон Старлинга) и сосудистого сопротивления (феномен Анрепа).

78. Гуморальная регуляция деятельности сердца.

79. Рефлекторная регуляция деятельности сердца. Характеристика влияния парасимпатического и симпатического отделов нервной системы и их медиаторов на деятельность сердца. Рефлекторные изменения работы сердца.

80. Основные законы гемодинамики. Функциональная классификация сосудов. Факторы, обеспечивающие движение крови по сосудам.

81. Кровяное давление, его роль, факторы, определяющие его величину. Виды кровяного давления. Изменение АД при изменениях положения тела в пространстве.

82. Линейная и объемная скорости движения крови в различных отделах сосудистой системы, факторы, их обуславливающие. Давление крови в различных отделах сосудистой системы.

83. Артериальный пульс, его происхождение. Клинико-физиологические характеристики пульса. Анализ сфигмограммы.

84. Капиллярный кровоток и его особенности. Микроциркуляция и ее роль. Механизмы обмена жидкости и различных веществ между кровью и тканями. Образование лимфы, ее функции.

85. Тонус сосудов. Рефлекторная регуляция тонуса сосудов. Сосудодвигательный центр, его афферентные и эфферентные связи.

86. Гуморальная регуляция тонуса сосудов.

87. Понятие о нормальных величинах АД. Функциональная система, обеспечивающая регуляцию системного артериального давления.

88. Дыхание. Роль системы дыхания в организме. Основные этапы дыхания. Биомеханика вдоха и выдоха.

89. Давление в плевральной полости, его происхождение и роль в механизме вентиляции легких. Показатели вентиляции легких.

90. Газообмен в легких. Состав атмосферного, выдыхаемого и альвеолярного воздуха. Газообмен между альвеолами и кровью, кровью и тканями. Факторы, влияющие на диффузию газов через альвеолокапиллярную мембрану. Парциальное давление O_2 и CO_2 в альвеолярном воздухе и напряжение газов в артериальной и венозной крови, в тканях и в клетках.

91. Транспорт газов кровью. Транспортные формы O_2 и CO_2 . Факторы, влияющие на сродство гемоглобина к O_2 и CO_2 . Кривая диссоциации оксигемоглобина. Кислородная емкость крови и коэффициент утилизации O_2 .

92. Дыхание при физической нагрузке, чистым кислородом, при повышенном и пониженном атмосферном давлении. Вентиляционная акклиматизация. Растворимость газов в крови. Понятие о декомпрессионной (кессонной) болезни.

93. Дыхательный центр: представление о его структуре и локализации, его афферентные и эфферентные связи.

94. Рефлекторная регуляция и саморегуляция дыхания. Механизм смены дыхательных фаз. Регуляторное влияние на дыхательный центр со стороны высших отделов головного мозга. Защитные функции дыхательной системы.

95. Гуморальная регуляция дыхания. Периферические и центральные рецепторы. Роль углекислоты в регуляции дыхания. Механизм первого вдоха новорожденного ребенка.

96. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства газовых констант крови (pCO_2 , pO_2 , pH).

97. Резервы гемо-кардио-респираторной системы в осуществлении доставки кислорода и питательных веществ, удалении продуктов метаболизма и поддержании изотермии при выполнении различных видов трудовой деятельности.

98. Пищеварение и его значение. Функции желудочно-кишечного тракта. Общие закономерности строения и характерные особенности регуляции в различных отделах пищеварительной трубки. Суточные объемы секреции и всасывания жидкости в различных отделах ЖКТ. Типы пищеварения. Пищеварительный конвейер. Периодическая деятельность органов пищеварения.

99. Физиологические механизмы формирования чувства голода и насыщения. Пищевые мотивации. Нейро-гуморальные механизмы регуляции пищевого поведения. Условнорефлекторная регуляция пищевого поведения, пищевые привычки.

100. Пищеварение в полости рта. Глотание, его фазы. Рефлекторная регуляция глотания. Функциональная связь процессов дыхания, жевания, глотания и речи.

101. Пищеварение в желудке. Состав и свойства желудочного сока. Роль НСI. Фазы и механизмы регуляции желудочной секреции. Влияние пищевых режимов на желудочную секрецию.

102. Пищеварение в 12-перстной кишке. Внешнесекреторная деятельность поджелудочной железы. Состав и свойства сока поджелудочной железы. Регуляция панкреатической секреции. Влияние пищевых режимов на секрецию поджелудочной железы.

103. Функции печени, роль печени в пищеварении. Состав, свойства и функции желчи. Регуляция образования желчи, выделения ее в 12-перстную кишку.

104. Полостной и мембранный гидролиз пищевых веществ в тонком кишечнике. Моторная деятельность тонкой кишки и ее регуляция.

105. Всасывание веществ в различных отделах пищеварительного тракта. Виды и механизмы всасывания.

106. Пищеварение в толстом кишечнике. Значение микробиоты толстого кишечника для организма. Моторная деятельность толстого кишечника и ее регуляция. Формирование каловых масс. Дефекация и ее регуляция.

107. Пищеварительные функции и двигательная активность человека (влияние гипо- и гиперкинезии). Защитные функции системы пищеварения. Рвота.

108. Понятие об обмене веществ в организме. Характеристика процессов анаболизма и катаболизма, их взаимосвязь. Обмен веществ между организмом и внешней средой как основное условие жизни. Незаменимые для организма вещества.

109. Пластическая и энергетическая роль белков, жиров и углеводов. Понятие нормальной потребности в питательных веществах.

110. Основной обмен, величина и факторы, его определяющие. Методы определения энергозатрат организма (прямая и непрямая калориметрия, расчет по таблицам и формулам).

111. Энергетический баланс организма. Рабочий обмен. Специфическое динамическое действие пищи. Энергозатраты организма при различных видах трудовой деятельности. Методы расчета (определения) общего обмена.

112. Нормы питания в зависимости от возраста, вида труда и состояния организма. Принципы здорового питания. Принципы расчета суточной потребности в питательных веществах и их группах на основе величины общего обмена организма.

113. Масса тела как объективный показатель баланса прихода и расхода энергии. Понятие о норме массы тела и ее регуляции. Физиологические основы повышения двигательной активности для снижения избыточной массы тела.

114. Особенности системы терморегуляции у взрослых и у детей. Температура тела человека (аксиллярная и в других анатомических областях) и ее суточные колебания. Сравнительная характеристика современных методов термометрии.

115. Гомойотермия, пойкилотермия и гетеротермия. Ядро и оболочка тела человека. Терморцепция и температурная чувствительность, зависимость от факторов окружающей среды.

116. Теплопродукция. Обмен веществ как источник образования тепла. Роль отдельных органов в теплопродукции, регуляция этого процесса.

117. Теплоотдача, физические и физиологические механизмы транспорта и отдачи тепла и их регуляция.

118. Механизмы адаптации к изменяющейся температуре окружающей среды. Влияние на функции организма гипотермии и гипертермии. Понятие о лихорадке и ее отличии от гипертермии.

119. Функциональная система, обеспечивающая поддержание постоянства температуры внутренней среды организма.

120. Система выделения. Органы выделения, их функции. Почка. Структура и функции нефрона. Структура почечного фильтра. Механизм клубочковой фильтрации. Состав и количество первичной мочи.

121. Механизмы канальцевой реабсорбции и секреции в нефроне. Количество, состав и свойства конечной мочи. Физиологическая глюкозурия и протеинурия. Несахарный диабет.

122. Нервные и гуморальные механизмы регуляции деятельности почек и мочевого пузыря. Регуляция мочеиспускания. Гиподинамия, вынужденное положение пациента и уродинамика. Физиологические основы профилактики образования камней в системе мочевыделения.

Методы исследования физиологических функций

1. Мероприятия по профилактике инфицирования (вирусные гепатиты, ВИЧ и др.) при работе с кровью и другими биологическими жидкостями.

2. Принципы ручных и автоматизированных методов исследования состава крови.

3. Общий клинический анализ крови и физиологическая оценка его результатов.
4. Методы определения групповой принадлежности крови в системе АВ0.
5. Оценка показателей первичного и вторичного гемостаза. Определение длительности кровотечения по Дюке, проба жгута.
6. Оценка силы и работоспособности скелетных мышц. Динамометрия ручная и станковая. Эргометрия.
7. Общий план анализа электрокардиограммы (ЭКГ). Общий план анализа электрокардиограммы (ЭКГ), знание ее элементов. Оценка калибровочного сигнала. Определение частоты (рассчитать) и ритма сердечных сокращений. Определение амплитуды и продолжительности элементов ЭКГ при разной скорости протяжки ленты.
8. Определение частоты и ритмичности сердечных сокращений по пульсу. Показатели нормо-, тахи- и брадикардии.
9. Определение артериального давления крови (АД) автоматизированными и ручными методами в покое. Оценка результатов.
10. Оценка изменения АД при изменениях положения тела в пространстве. Клиностатическая и ортостатическая пробы.
11. Определение ЖЕЛ методом спирометрии, спирографии. Оценка полученного результата. Анализ спирограммы.
12. Расчет должных величин основного обмена по таблицам и формулам.
13. Расчет величины общего обмена.
14. Составление пищевого рациона на основе расчета величин общего обмена и с учетом принципов здорового питания.
15. Расчет индекса массы тела и величины должной массы тела. Понятие нормы массы тела, гипотрофии, избыточной массы тела, ожирения.
16. Определение температуры тела (показатели нормо-, гипо- и гипертермии) в различных анатомических областях с использованием разных типов термометров.
17. Физиологическая оценка результатов общего клинического анализа мочи.
18. Определение остроты зрения, границ полей зрения и цветовосприятия.
19. Определение бинаурального слуха и слуховой чувствительности (аудиометрия, пробы Вебера и Ринне).
20. Методы определения порогов вкусовой чувствительности и функциональной мобильности вкусовых рецепторов.

РАЗДЕЛ «ВВЕДЕНИЕ. ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ»

« <u> </u> »	_____	_____
число	месяц	год

ЗАНЯТИЕ 1. ПРЕДМЕТ НОРМАЛЬНОЙ ФИЗИОЛОГИИ. ОСНОВЫ МЕЖКЛЕТОЧНОЙ КОММУНИКАЦИИ И РЕГУЛЯЦИИ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ. ЭЛЕКТРИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ. МЕХАНИЗМЫ ГЕНЕРАЦИИ БИОПОТЕНЦИАЛОВ

Основные вопросы:

1. Знакомство с кафедрой нормальной физиологии, порядок проведения занятий, аттестации знаний, требования к студентам на кафедре. Правила техники безопасности при выполнении физиологических исследований.
2. Физиология как научная основа медицины, связь с другими дисциплинами медико-биологического профиля.
3. Этапы развития физиологии (краткая история). Вклад отечественных ученых в развитие физиологии.
4. Физиология как экспериментальная дисциплина. Основные методы физиологического исследования.
5. Понятия: физиологическая функция, регуляция, информация, сигнал.
6. Электрическая и химическая сигнализация, различия между ними. Понятие о клеточных рецепторах.
7. Биопотенциалы как носители информации. Мембранный потенциал покоя как основа всех остальных биопотенциалов. Понятие о деполяризации и гиперполяризации.
8. Строение клеточной мембраны, транспорт веществ через клеточную мембрану, его разновидности: простая диффузия, облегченная диффузия, активный транспорт, вторично-активный транспорт. Основные ионные каналы и насосы.
9. Основные трансмембранные градиенты концентрации ионов. Механизмы образования потенциала покоя.

Вопросы для самоподготовки:

1. Чем отличаются понятия «функция» и «регуляция функции»?
2. Каков вклад работы мембранных ионных насосов в генерации потенциала покоя?
3. В чем различия простой и облегченной диффузии?
4. Нарисуйте график зависимости объема диффузии от градиента концентрации диффундирующего вещества.

5. Как и почему изменится величина потенциала покоя при увеличении внеклеточной концентрации ионов калия?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы настоящего издания по занятию 1 (работы 1.1 и 1.2), а также материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 15–35, 46–48.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 8–70, 90–99.

2. *Кубарко, А. И.* Очерки истории кафедры нормальной физиологии Белорусского государственного медицинского университета / А. И. Кубарко, Л. И. Белорыбкина, А. А. Семенович ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : БГМУ, 2002. 108 с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 1.1. ИЗУЧЕНИЕ ПРАВИЛ ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ НА КАФЕДРЕ

Программа обучения на кафедре нормальной физиологии предусматривает выполнение студентами практических работ, овладение практическими навыками работы с некоторыми электроприборами, компьютерной техникой, исследовательским оборудованием, лабораторной посудой, химическими реактивами и биологическими жидкостями.

Кроме того, студентам может быть предоставлено право выполнять научную работу в лабораториях кафедры во внеучебное время.

Общие требования:

1. Студенты до входа в учебное помещение должны надевать халат.
2. Рабочее место следует содержать в чистоте, не загромождать его посторонними предметами.
3. Во время проведения лабораторных работ следует соблюдать тишину и порядок, строго руководствоваться описанием хода работ в практикуме, не допускать торопливости, беспорядочности и неряшливости.
4. Не допускается отвлечение студентов во время занятий посторонними лицами, делами или разговорами.
5. Во время перерывов следует проветривать учебное помещение. Открывать и/или закрывать окна можно только с разрешения преподавателя.
6. Запрещается садиться на подоконники и столы, раскачиваться на стульях, пользоваться сломанной мебелью. При наличии подобной на рабочем месте следует известить преподавателя и/или лаборантов кафедры.

7. Во время занятия строго запрещается самовольно ходить по помещению, разговаривать по телефону, а также заряжать мобильные устройства от электрической сети университета.

8. При наличии у студента признаков простудного заболевания студент к посещению занятий не допускается. Следует обратиться к врачу в тот же день. Использование защитной маски (повязки) такими лицами обязательно в любом случае. Кроме того, маски и иные средства индивидуальной защиты должны использоваться и здоровыми лицами в периоды обострения сезонной заболеваемости респираторными инфекциями и повышенной эпидемической опасности.

Обязанности дежурных

Для общего наблюдения за порядком, соблюдением правил и выполнением требований техники безопасности при работе в лабораториях и учебных помещениях старостой группы назначаются дежурные из числа студентов группы. Дежурный студент должен:

- открывать учебный кабинет и закрывать во время отсутствия студентов в нем (ключ находится в лаборантской — комната № 103. После открытия или закрытия двери ключ немедленно возвращается в лаборантскую);

- получать в лаборантской различные материалы, необходимые для выполнения лабораторных работ занятия;

- по окончании занятия (работы) очистить доску, проверить состояние учебного помещения — выключены ли вода и электричество, закрыты ли окна, — и сдать полученные материалы в лаборантскую. Не забудьте проверить, сдан ли ключ от учебной комнаты в лаборантскую!

Правила безопасности при работе с электрооборудованием

При работе с электрооборудованием возможны случаи поражения людей электрическим током и возникновения пожара.

В случае обнаружения неисправности электрооборудования или повреждений проводки/электрических розеток, необходимо по возможности сразу обесточить оборудование, и в любом случае немедленно сообщить о неисправности преподавателю.

При работе с электрооборудованием строго **запрещается**:

- проверять наличие напряжения пальцами и касаться токоведущих частей;

- работать на незаземленном электрооборудовании и приборах, если это не разрешено инструкцией к прибору;

- пользоваться неисправным электрооборудованием и/или электропроводкой;

- оставлять без присмотра работающие приборы.

- включать в сеть электрические приборы со снятой задней крышкой или в разной степени разобранном состоянии.

Действия в случае возникновения пожара

В случае возникновения возгорания нужно немедленно отключить напряжение, сообщить преподавателю или дежурному лаборанту, а также заведующему кафедрой, и с их ведома и разрешения приступить к тушению пожара (огнетушители имеются в комнатах 104, 135). Прежде, чем приступить к тушению, необходимо обесточить электросеть помещения. Затем, после ознакомления с инструкцией на корпусе огнетушителя, применить огнетушитель. Для тушения можно также использовать имеющиеся пожарные рукава: размотать рукав, открыть кран (пожарные краны с рукавами находятся за 136-й комнатой, в нише между комнатами 139 и 140, 133 и 132, а также напротив 104-й комнаты). Кроме того, можно использовать песок (ведро с песком имеется в лаборантской — каб. 103). Решение о вызове пожарной бригады (телефон 101) принимает руководство кафедры.

Общие правила оказания первой медицинской помощи

Первая медицинская помощь пострадавшим должна оказываться немедленно и правильно. От этого зависит жизнь и последствия травм, ожогов и отравлений. С подробными правилами её оказания Вы ознакомитесь на клинических кафедрах.

Если при поражении электрическим током или по другой причине получены серьезные травмы, ожоги, необходимо вызвать скорую медицинскую помощь; при лёгких поражениях после оказания первой помощи пострадавшие направляются в учреждение здравоохранения. Помните, что, оказывая помощь человеку, находящемуся под действием тока, нельзя прикасаться к нему голыми руками. Прежде всего, нужно отключить установку (прибор), которой касается пострадавший, а при невозможности этого — отделить пострадавшего от токоведущих частей, используя палки, доски и другие сухие предметы, не проводящие электрический ток, или перерубить провода топором с сухой рукояткой.

Правила при работе с кровью и иными биологическими жидкостями

При работе с кровью следует помнить о возможной инфицированности крови вирусами (ВИЧ, вирусных гепатитов и др.) и связанным с этим повышенным риском заражения, которому подвергаются врачи и лаборанты, проводящие серологические и клинические исследования.

При работе с кровью на занятиях кафедры используется кровь лабораторных животных. Тем не менее, учитывая значительную опасность биологических материалов для здоровья врача, следует всегда помнить, что **любая кровь при контакте с ней должна по умолчанию рассматриваться как инфицированная**. Правила профилактики инфицирования при работе с любым биологическим материалом необходимо знать в деталях и следовать им неукоснительно.

При лабораторных исследованиях крови и других биологических жидкостей используются средства индивидуальной защиты и санитарно-гигиеническая одежда (СГО): резиновые перчатки, очки, маска (или щиток), халат, шапочка, непромокаемый фартук и нарукавники. **Запрещается работа с кровью или другими биологическими жидкостями без использования средств индивидуальной защиты.**

Попадание крови или другой биологической жидкости на кожу и слизистые, особенно при их повреждении, должно квалифицироваться как аварийный контакт с инфицированным материалом.

В случае повреждения целостности кожных покровов при работе с биологическим материалом (укол, порез), пострадавший должен:

- немедленно снять перчатки рабочей поверхностью внутрь и погрузить их в ёмкость с дезинфицирующим раствором или поместить в непромокаемый пакет для последующего обеззараживания;

- вымыть руки с мылом под проточной водой и обильно промыть рану водой или физиологическим раствором;

- обработать рану 3 % перекисью водорода;

- при необходимости заклеить рану пластырем и надеть новые перчатки.

В случае загрязнения биологическим материалом кожных покровов без нарушения их целостности:

- обильно промыть загрязненный участок кожных покровов водой с мылом;

- обработать кожные покровы антисептиком.

В случае попадания биологического материала на слизистую оболочку:

- немедленно снять перчатки рабочей поверхностью внутрь и погрузить их в ёмкость с дезинфицирующим раствором или поместить в непромокаемый пакет для последующего обеззараживания;

- тщательно вымыть руки с мылом под проточной водой;

- обильно промыть (не тереть) слизистую оболочку водой или физиологическим раствором.

В случае загрязнения биологическим материалом санитарно-гигиенической одежды (СГО), личной одежды, обуви:

- обмыть поверхность перчаток, не снимая с рук, под проточной водой с мылом или раствором антисептика, дезинфицирующего средства;

- снять загрязненную СГО, личную одежду, обувь;

- СГО, личную одежду и обувь сложить в непромокаемые пакеты для последующего обеззараживания;

- снять защитные перчатки рабочей поверхностью внутрь и погрузить их в ёмкость с дезинфицирующим раствором или поместить в непромокаемый пакет для последующего обеззараживания;

– вымыть руки с мылом под проточной водой и обработать кожные покровы в области проекции загрязнения СГО, личной одежды, обуви в соответствии с пунктом 2 настоящего порядка.

В случае загрязнения биологическим материалом объектов внешней среды (столешница, пол и др.) биологические загрязнения на поверхности объектов внешней среды обеззараживаются раствором дезинфицирующего средства и удаляются с поверхности с последующей влажной уборкой.

Во всех случаях необходимо вызвать дежурного лаборанта, который находится в комнате 103/104, или преподавателя кафедры.

Указания к оформлению протокола:

После ознакомления с правилами распишитесь в протоколе, а также в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности».

*** С правилами по технике безопасности ознакомлен и проинструктирован**

_____ дата

_____ подпись

_____ Ф.И.О. студента полностью и разборчиво

ПАМЯТКА ПРЕПОДАВАТЕЛЮ

* Не забудьте проверить наличие росписи студента в «Журнале контрольных листов инструктажа студентов (учащихся) по технике безопасности».

Работа 1.2. ОСВОЕНИЕ МЕТОДИКИ ЗАНЯТИЙ В КОМПЬЮТЕРНОМ КЛАССЕ

Приступая к работе в компьютерном классе кафедры (кабинет № 104), необходимо помнить, что еженедельно в нём работает более тысячи студентов. Поэтому для комфортной работы в нём необходимо соблюдать тишину и порядок, не допускать повреждения оборудования и мебели, не вращать монитор, избегать перетаскивания или удаления ярлыков на рабочем столе. В случае возникновения сбоев в работе компьютера следует обратиться к дежурному лаборанту компьютерного класса или к преподавателю. Уходя из компьютерного класса, закрывайте используемые программы и восстанавливайте исходный вид рабочего стола, ставьте стулья в первоначальное положение.

Открытие/закрывание окон допускается только с разрешения преподавателя.

В периоды обострения сезонной заболеваемости респираторными инфекциями и повышенной эпидемической опасности обязательно ношение защитных масок всеми студентами, находящимися в компьютерном классе.

Группы посещают компьютерный класс в свое время согласно кафедральному расписанию, выполняют работы вовремя и не задерживаются после окончания установленного времени.

В компьютерном классе и других помещениях кафедры **КАТЕГОРИЧЕСКИ ЗАПРЕЩАЕТСЯ** использование мобильных телефонов, фото-, видео- или аудиозаписывающей аппаратуры без разрешения преподавателя!

Ход работы. Изучите материалы электронного атласа к текущему занятию. На рабочем столе кликните на ярлык «Дистанционное обучение» → Введите свой логин и пароль (используйте данные своего студенческого билета) → Студентам и курсантам → Выберите Вашу специальность → Нормальная физиология → Записаться на курс → Занятие 1. Введение... → Теоретический материал → Атлас.

Кроме того, следует разместить в ЭУМК свою фотографию из студенческого билета либо паспорта.

Или откройте ярлык «Кафедра нормальной физиологии» → «Материалы по темам» → «Электронный атлас» → «Занятие 1. Введение...». Данные из электронного атласа внесите в протокол работы 1.2.

Затем студент выполняет контрольный тест в системе дистанционного обучения etest.bsmu.by. Как правило, контрольный тест включает 20 тестовых заданий, на выполнение которых отводится 12 минут.

Имеющийся там же входной контроль знаний каждый делает самостоятельно до занятия, входя в систему дистанционно.

Указания к оформлению протокола:

Дайте определение понятиям и ответьте на вопросы, имеющиеся в протоколе.

ПРОТОКОЛ

Дайте определения понятиям:

- а) физиология — это _____

- б) функция — это _____

- в) регуляция — это _____

- г) гомеостаз — это _____

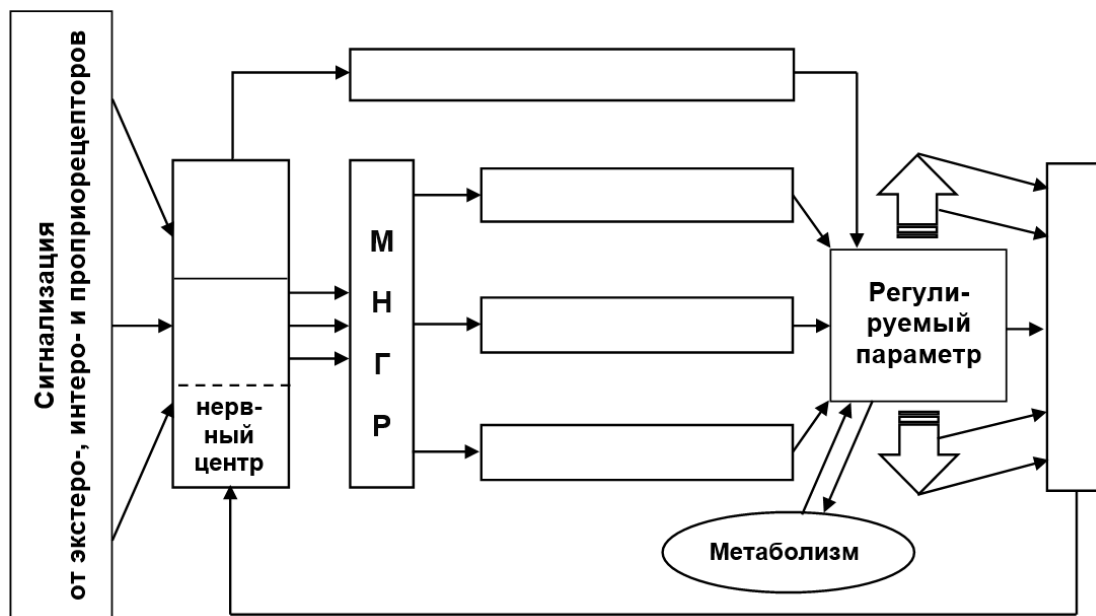
- д) информация — это _____

- е) сигнал — это _____

- ж) потенциал покоя — это _____

- з) деполяризация — это _____

Заполните общую схему функциональной системы регуляции функций «по отклонению»:



Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 2. ВОЗБУДИМОСТЬ. МЕХАНИЗМЫ ГЕНЕРАЦИИ ПОТЕНЦИАЛА ДЕЙСТВИЯ. СЕНСОРНЫЕ РЕЦЕПТОРЫ И РЕЦЕПТОРНЫЙ ПОТЕНЦИАЛ

Основные вопросы:

1. Клетка как структурно-функциональная основа живого организма, ее основные свойства и функции. Раздражимость как свойство живого.
2. Возбудимость как частный случай раздражимости. Возбудимые ткани, свойства возбудимых тканей. Возбуждение и формы его проявления.
3. Локальный потенциал и потенциал действия. Современные представления о механизмах и фазах развития потенциала действия.
4. Количественные параметры возбудимости. Изменения возбудимости в процессе возбуждения. Понятие о лабильности.
5. Законы реагирования возбудимых тканей на действие раздражителей. Хронаксиметрия, ее применение для изучения возбудимости мышц и нервов.
6. Сенсорные рецепторы: определение понятия, классификация, роль, основные свойства. Рецепторный и генераторный потенциалы.
7. Понятие о принципах кодирования информации в нервной системе (в сенсорных рецепторах и др.). Аналоговое и дискретное кодирование.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какой показатель позволяет сравнить возбудимость различных тканей и клеток? Сравните возбудимость нервной и поперечно-полосатой мышечной ткани.
2. Нормальные величины хронаксии: для двуглавой мышцы плеча — 0,0016 с, для трехглавой мышцы — 0,0032 с. У испытуемого данные показатели составили 0,0040 с и 0,0060 с соответственно. Дайте оценку этим результатам.
3. Какие структуры в составе мембраны клеток делают их возбудимыми?
4. В чем состоит адаптация сенсорных рецепторов?
5. Каков физиологический смысл закона полярного действия постоянного тока?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы электронного атласа и ЭУМК.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 43–54.

Дополнительная

1. Кубарко, А. И. Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 99–115.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 2.1. ДЕМОНСТРАЦИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ И ПРОГРАММ



1. Электрические потенциалы в живых тканях (17 мин).
2. Законы реагирования возбудимых тканей (15 мин).
3. Приготовление нервно-мышечного препарата лягушки (10 мин).

Работа 2.2. ВЛИЯНИЕ ИОНОВ Na^+ И K^+ НА МЕМБРАННЫЙ ПОТЕНЦИАЛ ПОКОЯ И ПОТЕНЦИАЛ ДЕЙСТВИЯ (ПРОГРАММА «NMJ»)

Работа выполняется в компьютерном классе самостоятельно. Студент запускает программу NMJ (на рабочем столе найдите одноименный ярлык). Программа NMJ виртуально моделирует работу изолированного **нервно-мышечного препарата**, помещенного в физиологический раствор (рис. 2.1) при его электростимуляции.

Выберите в верхней строке: **1) Stimulated → Nerve 2); Clipboard → Copy to clipboard.**

Вы получите изображение потенциала действия и его копию (рис. 2.3) в условиях нормального содержания ионов, K^+ (potassium) и Na^+ (sodium), в физиологическом растворе (концентрации ионов показаны стрелкой 1 на рис. 2.3) при электростимуляции нерва однократным воздействием электрического тока (рис. 2.1). Уровень потенциала покоя указан стрелкой 2 (рис. 2.3), а также примерно может быть определен по графику. По графику можно оценить и амплитуду ПД.

Программа позволяет моделировать изменение концентрации ионов калия и натрия в растворе и оценивать влияние на параметры ПП и ПД. Для этого используем последовательность команд: «Ions» => выбираем калий (Potassium), либо натрий Sodium (рис. 2.2) => «Concentration» (вводим требуемую согласно протокола концентрацию (см. таблицу)) => Stimulate => Nerve. Затем оцениваем изменения уровня ПП и ПД относительно исходного (см. на графике — копии ПД справа).

Указания к оформлению протокола:

1. Промоделируйте изменение мембранных потенциалов (ПП и ПД) при электростимуляции мышцы в условиях оптимального содержания ионов K^+ и Na^+ и при повышении и снижении их концентрации (согласно табл. 2.1 протокола) в омывающем нервно-мышечный препарат растворе.

2. Занесите полученные результаты величины потенциалов покоя и действия в табл. 2.1.

3. На рис. 2.5 цветными карандашами зарисуйте полученные графики ПП и ПД в условиях изменения концентраций ионов калия и натрия.

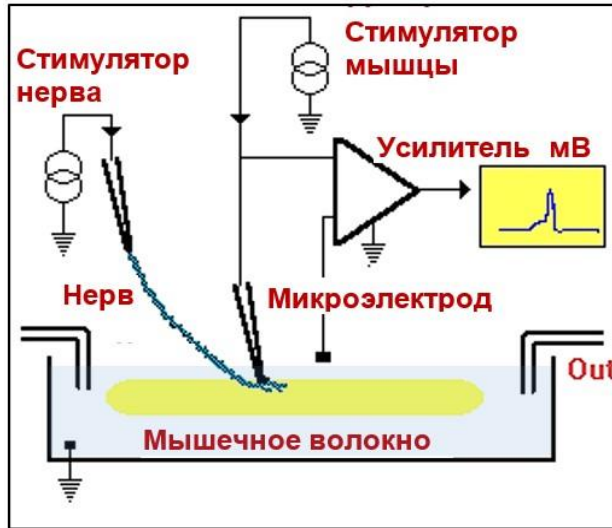


Рис. 2.1

Ions
Clipboard

Potassium Калий

Sodium Натрий

Calcium

Magnesium

Reset to Normal

Рис. 2.2

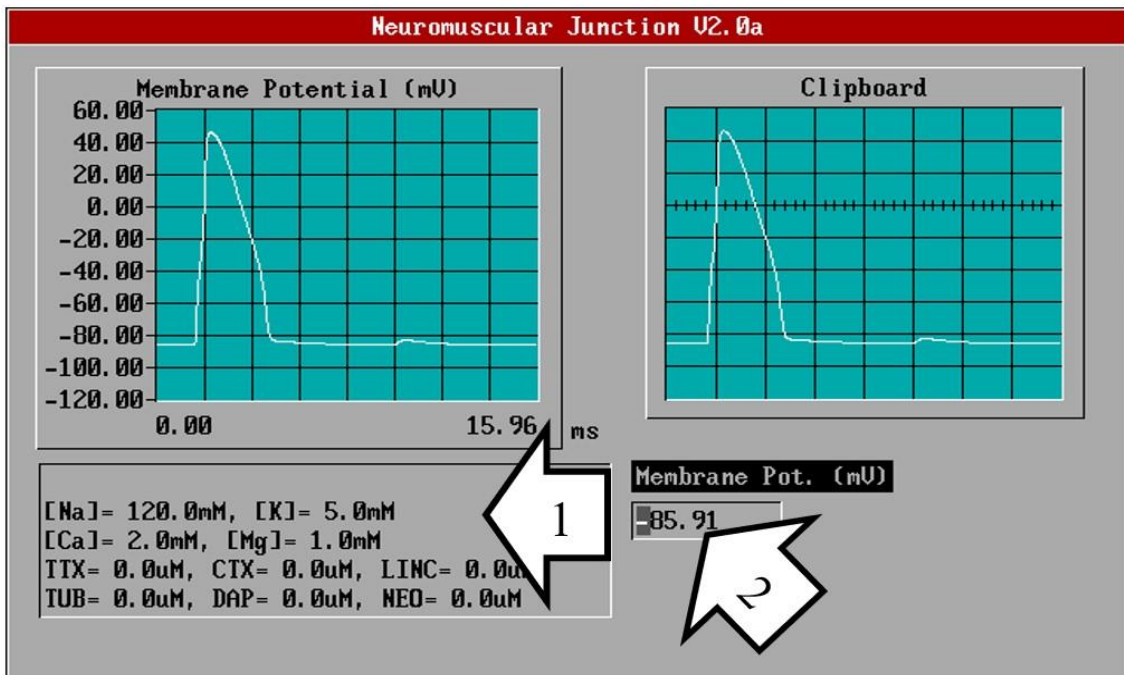


Рис. 2.3

4. В выводе сделайте заключение о влиянии концентрации ионов K^+ и Na^+ на параметры потенциалов покоя и действия.

ПРОТОКОЛ

Таблица 2.1

Содержание ионов		Величины потенциалов	
калия	натрия	покоя	действия
5 мМ	120 мМ	-85,9 mV	+45 mV
8 мМ	120 мМ		
2 мМ	120 мМ		
Clipboard clear, Ions=> Reset to normal			
5 мМ	160 мМ		
5 мМ	100 мМ		

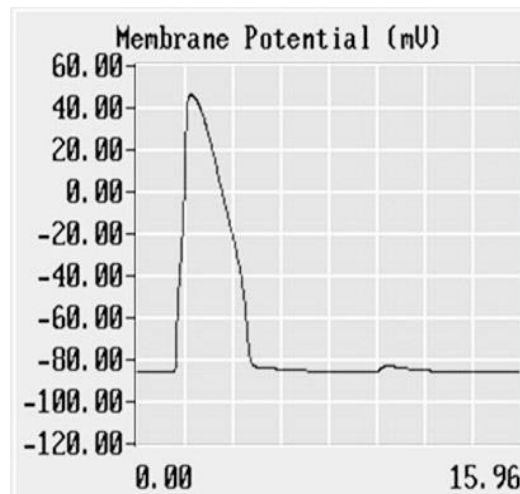


Рис. 2.5

Вывод: содержание ионов калия во внеклеточной жидкости определяет в большей степени величину потенциала _____, а содержание ионов натрия определяет в большей степени амплитуду потенциала _____.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

АНАЛОГОВОЕ И ДИСКРЕТНОЕ КОДИРОВАНИЕ

Под термином «кодирование» в физиологии понимают преобразование информации из одной формы в другую при сохранении содержания этой информации.

Целью кодирования информации является её перевод в пригодную для передачи, обработки или хранения форму. Процесс извлечения информации из какого-либо кода называется декодированием, а процесс преобразования кода из одной формы в другую называется перекодированием.

Преобразование информации начинается на мембране сенсорного рецептора, где под влиянием воздействия специфического для рецептора стимула возникает рецепторный потенциал. При этом характеристики стимула, такие как сила воздействия и его продолжительность, преобразуются в параметры рецепторного потенциала: продолжительность воздействия кодируется продолжительностью рецепторного потенциала, а сила воздействия — его амплитудой (т. к. чем сильнее воздействие, тем больше специфических ионных каналов открывается на мембране сенсорного рецептора).

Кроме того, большое значение имеет и то, как амплитуда сигнала меняется во времени, то есть «паттерн» раздражителя, который при кодировании на рецепторе преобразуется в соответствующую форму рецепторного потенциала.

Преобразование характеристик исходного стимула в характеристики локального рецепторного потенциала называется аналоговым кодированием. Такое название связано с тем, что с точки зрения теории информации рецепторный потенциал является аналоговым, то есть непрерывным и переменным по характеристикам (форма, амплитуда, длительность и т. п.), так что термин «аналоговое кодирование» означает кодирование в аналоговый сигнал или кодирование «по аналогии».

После образования рецепторного потенциала сигнал должен быть видоизменен еще раз (перекодирован) в потенциалы действия. Причина состоит в том, что рецепторный потенциал не способен распространяться без затухания (в отличие от потенциала действия), а значит, он не донесет информацию до головного мозга самостоятельно без ее потерь. Поэтому достаточно большой по амплитуде (надпороговый) рецепторный потенциал вызывает на ближайшей возбудимой (то есть содержащей потенциалзависимые ионные каналы) мембране генерацию серии потенциалов действия (ПД).

При этом **характеристики этой серии ПД отражают характеристики рецепторного потенциала: продолжительность серии потенциалов действия соответствует продолжительности рецепторного потенциала, а его амплитуда кодируется частотой потенциалов действия в серии.**

Преобразование характеристик локального (рецепторного либо постсинаптического) потенциала в характеристики серии потенциалов действия называется дискретным кодированием. Потенциал действия является дискретным («прерывистым») сигналом, так как он, подчиняясь закону «все или ничего», является стандартным по продолжительности и амплитуде (при прочих равных условиях), то есть единичный ПД не несет дополнительной информации в своей форме, амплитуде или продолжительности. Решающее значение имеет сам факт наличия ПД,

и, как уже было сказано, характеристики серии из нескольких потенциалов действия.

Что касается кодирования модальности стимула (свет, тепло, запах и пр.), то она реализуется за счет того, что различные раздражители активируют различные типы сенсорных рецепторов. Далее информация от них по-разному обрабатывается в различных сенсорных областях головного мозга — происходит ее декодирование, формируются ощущения, сенсорные образы и восприятие объектов реального мира.

Помимо сенсорных рецепторов, перекодирование информации имеет место и в процессе синаптической передачи в химических синапсах. При этом происходит преобразование дискретных потенциалов действия в аналоговую форму выделяющегося в синаптическую щель нейромедиатора (его количество пропорционально числу пришедших нервных импульсов). Далее на постсинаптической мембране химический сигнал еще раз перекодируется в аналоговый электрический сигнал ВПСП или ТПСР, а позже (на аксонном холмике либо ближайшем перехвате Ранвье) — вновь в дискретную форму потенциалов действия (с поправкой на наличие существенного преобразования информации в результате пространственной и временной суммации постсинаптических потенциалов).

Описанная характеристика аналогового и дискретного кодирования является заведомо упрощенной и не учитывает адаптации рецепторов (угасание рецепторного потенциала при длительной монотонной стимуляции), влияние латерального торможения, особенности некоторых рецепторов генерировать рецепторный потенциал в виде гиперполяризации и пр.

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 3. ПРОВЕДЕНИЕ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВНЫМ ВОЛОКНАМ. СИНАПТИЧЕСКАЯ ПЕРЕДАЧА

Основные вопросы:

1. Нервные волокна: строение, классификация, функции.
2. Механизм проведения возбуждения по нервному волокну.
3. Законы проведения возбуждения.
4. Транспорт веществ по нервным волокнам: виды, функции.
5. Синапсы: классификация, строение, свойства, физиологическая роль.
6. Современные представления о механизмах передачи возбуждения в синапсах. Возбуждающие нейромедиаторы. ВПСП.
7. Тормозные синапсы, их медиаторы. Ионные механизмы функционирования тормозного синапса, ТПСП.
8. Возможности направленного фармакологического влияния на проведение импульса по нервному волокну и синаптическую передачу.

Вопросы для самоподготовки:

1. Как можно нарушить физиологическую целостность нерва?
2. Могут ли в разных синаптических окончаниях одного нейрона секретироваться различные нейромедиаторы?
3. Объясните, почему нервный импульс, возникающий в нервном волокне, распространяется вдоль волокна, а не возвращается к месту его генерации.
4. Каковы причины снижения лабильности синапса при утомлении?
5. Почему при отравлении кураре — ядом, блокирующим передачу в нервно-мышечных синапсах — организм погибает от недостатка кислорода?
6. Как и почему изменится передача сигнала в нервно-мышечном синапсе под действием веществ, обладающих антихолинэстеразным действием?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии; материалы настоящего издания (разделы «Дополнительная информация»), материалы ЭУМК, электронного атласа.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 53–72.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 115–143.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 3.1. СХЕМА СТРОЕНИЯ ХИМИЧЕСКОГО СИНАПСА

На схеме химического синапса (рис. 3.1) и таблице к ней укажите пресинаптическую мембрану, постсинаптическую мембрану, синаптическую щель (и её ширину), нейромедиаторы (ацетилхолин и норадреналин) и клеточные рецепторы к ним на постсинаптической мембране, а также ферменты, расщепляющие эти нейромедиаторы.

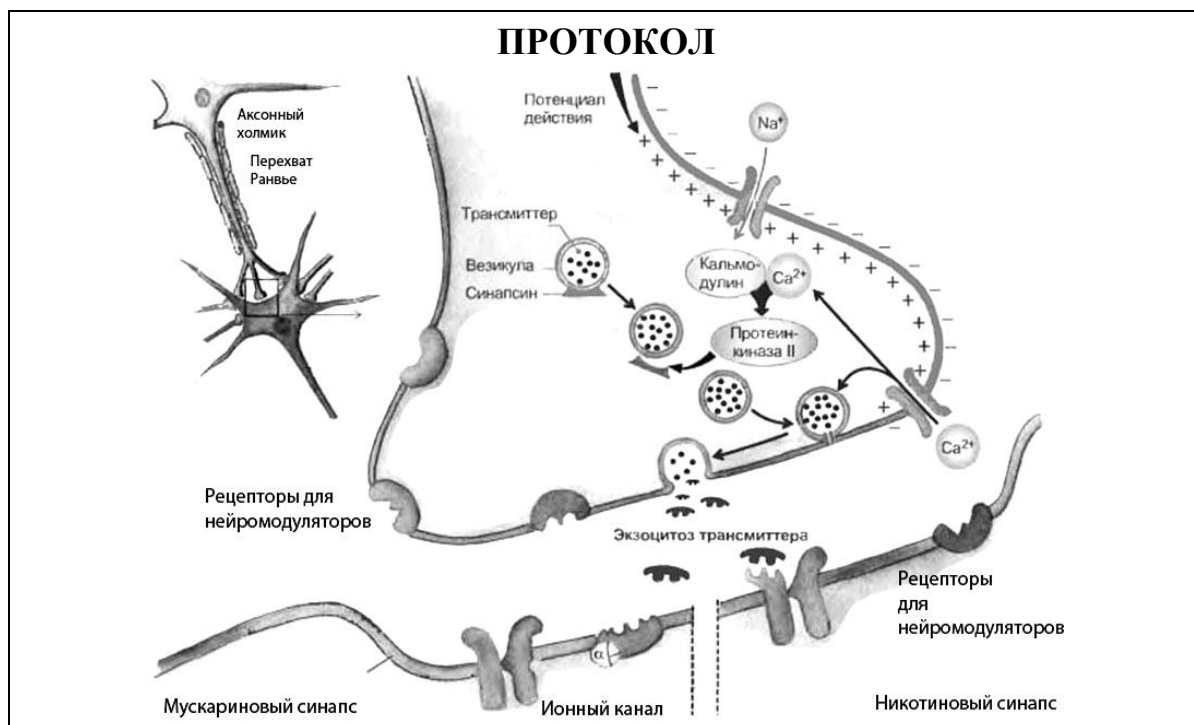


Рис. 3.1. Схема строения химического синапса

Нейромедиатор (НМ)	Рецептор к НМ	Фермент, разрушающий нейромедиатор
Ацетилхолин		
Норадреналин		

Работа 3.2. МЕХАНИЗМ ПРОВЕДЕНИЯ ВОЗБУЖДЕНИЯ ПО НЕРВНЫМ ВОЛОКНАМ

На схеме механизма проведения возбуждения по нервным волокнам (рис. 3.3) укажите нервное волокно, миелин, перехват Ранвье.

К рис. 3.3 (укажите цифры): ___ — потенциал покоя; ___ — деполяризация; ___ — реполяризация и гиперполяризация.

Перечислите законы проведения ПД:

- 1 — _____
- 2 — _____
- 3 — _____

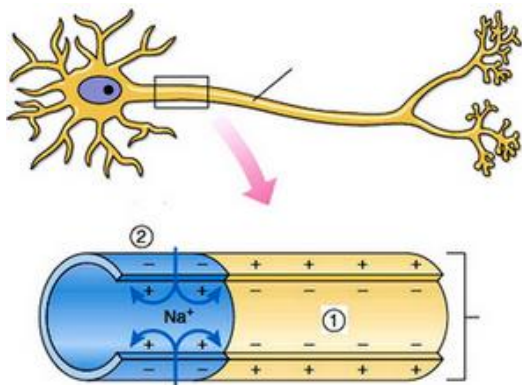


Рис. 3.2. Проведение возбуждения по безмиелиновым волокнам

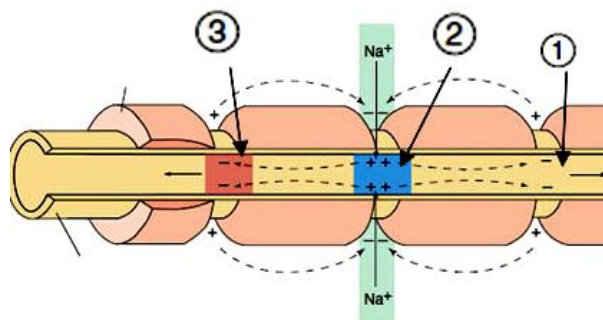


Рис. 3.3. Проведение возбуждения по миелиновым волокнам

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ПРОВОДНИКОВОЙ АНЕСТЕЗИИ

Обезболивание (анестезия) представляет собой комплекс воздействий, направленных на снижение или полное купирование болевых ощущений. Различают два вида обезболивания — местное и общее. Из местного наиболее часто используется инъекционная анестезия.

Местные анестетики (новокаин, лидокаин и др.) обратимо блокируют проведение импульса по мембранам нервных волокон, окончаний и другим возбудимым мембранам, использующим натриевые каналы как главный генератор потенциалов действия [2, 19].

Механизм действия местных анестетиков связывают с их влиянием на рецепторы, расположенные вблизи инактивационных ворот (h-ворота) натриевого канала, в результате чего происходит блокада натриевых каналов. Таким образом, местные анестетики препятствуют проникновению через мембрану ионов натрия и ее деполяризации.

В результате блокируется генерация потенциалов действия в нервных (болевых) окончаниях при инфильтрационной и/или поверхностной анестезии, а также их проведение по нервным волокнам при проводниковой анестезии. Восстановление натриевых каналов после блокады местными анестетиками идет в 10–1000 раз медленнее, чем от нормальной физиологической инактивации каналов.

Местные анестетики могут блокировать передачу сигнала по любым нервным волокнам (табл. 3.1), но чувствительность последних к анестезирующим воздействиям зависит от их миелинизации, размера, частоты импульсации по ним, положения волокон в пучке.

Таблица 3.1

Чувствительность к анестезии нервных волокон разного типа

Тип нервных волокон	Миелинизация	Диаметр (мкм)	Скорость проведения (м/с)	Чувствительность к анестезии	Вид чувствительности, функция
Тип А A _α	Полная	12–22	70–120	+	Проприоцепция, двигательная
A _β	Полная	8–12	40–70	++	Тактильная, давление
A _γ	Полная	4–8	15–40	++	Проприоцепция, контрактальная (мышечные веретена)
A _δ	Полная	1–4	5–15	++++	Болевая, температурная
Тип В	Слабая	1–3	3–18	++++	Преганглионарные вегетативные волокна
Тип С	Отсутствует	0,5–1,5	0,5–2	++++	Болевая, постганглионарные вегетативные волокна

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ВЛИЯНИЕ БИОЛОГИЧЕСКИ АКТИВНЫХ ВЕЩЕСТВ
НА ПЕРЕДАЧУ СИГНАЛОВ В НЕРВНО-МЫШЕЧНОМ СИНАПСЕ

Таблица 3.2

Типы влияния	Результат	Пример вещества
Блокада выделения медиатора (АХ)	Полная блокада синаптической передачи, паралич мышц	Токсин ботулизма (ботокс)
Блокада рецепторов постсинаптической мембраны	Блокада синаптической передачи, паралич мышц	Кураре и курареподобные вещества (миорелаксанты)
Блокада ацетилхолинэстеразы	Обратимого действия: Усиление и продление действия АХ, облегчение проведения импульсов через синапс	Антихолинэстеразные вещества (прозерин, неостигмин и др.)
	Необратимого действия: Блокада синаптической передачи, паралич мышц	Фосфорорганические соединения — инсектициды и боевые отравляющие вещества
Блокада обратного захвата холина пресинаптическим окончанием	Истощение запасов АХ в пресинаптическом окончании	Гемихолиний

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 4. ФИЗИОЛОГИЯ СКЕЛЕТНЫХ МЫШЦ

Основные вопросы:

1. Физиологические свойства мышц и их функции.
2. Строение скелетных мышц от органного до внутриклеточного уровней.
3. Двигательные единицы, классификации по размеру; по типу метаболизма мышечных волокон
4. Особенности передачи сигнала в нервно-мышечном синапсе.
5. Виды сокращения: одиночное сокращение и его фазы; тетаническое сокращение. Понятия об оптимуме и пессимуме сокращения.
6. Механизм сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна. Закон «все или ничего» применительно к мышечному сокращению.
7. Механизмы реализации закона силы при сокращении целой мышцы.

Вопросы для самоподготовки:

1. Длительность периода укорочения мышцы при одиночном сокращении равна 0,03 с, а период расслабления — 0,04 с. Определите вид сокращения этой мышцы при частоте сокращения 10 Гц, 20 Гц, 50 Гц.
2. Чем (возможно) отличается потенциал концевой пластинки от обычного возбуждающего постсинаптического потенциала на мембране нейрона?
3. В медицине используется 10 % раствор CaCl_2 , который вводят медленно внутривенно. Можно ли этот раствор ввести внутримышечно? К каким последствиям приведёт такое введение?
4. Назовите два основных механизма реализации закона силы в сокращении мышц.
5. Одним из основных критериев смерти мозга является отсутствие в нём электрической активности. Можно ли по аналогии говорить о смерти мышцы, если в покое с неё не удаётся зарегистрировать электромиограмму?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа и ЭУМК.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 122–131.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 135–141, 143–153.

2. *Физическая культура* : учеб. пособие / под ред. Е. С. Григоровича, В. А. Перерезева. 3-е изд. доп. и перераб. Минск : Выш. шк., 2011. 350 с. С. 83–87, 90–94, 134–136.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 4.1. ЭЛЕКТРОМИОГРАФИЯ

Электромиография (ЭМГ) — метод исследования функционирования скелетных мышц посредством регистрации их электрической активности.

Электромиограмма представляет собой суммарную запись множества потенциалов действия, асинхронно возникающих в различных двигательных единицах.

Учитывая, что работа мышцы зависит от ее иннервации и ее функциональной ее единицей, обеспечивающей сокращение, является нейромоторная единица, то ЭМГ применяют не только для исследования состояния скелетных мышц, но и для изучения состояния периферических нервов и центральной нервной системы, в том числе и для анализа взаимоотношений моторных центров мышц-антагонистов.

В состоянии покоя регистрируется низкоамплитудная ЭМГ (5–10 мкВ), связанная с наличием мышечного тонуса. При слабом сокращении и напряжении мышц (например, при поддержании позы тела) наблюдается повышение электрической активности, которая достигает максимума при произвольном усилии (амплитуда биотоков может возрасть до 3000 мкВ при частоте до 100 Гц).

Материалы и оборудование: поверхностные одноразовые электроды (5 шт.), 70 % раствор этанола либо спиртосодержащий антисептик, ватно-марлевые шарики, набор грузов от 0,5 до 3 кг, усилитель биопотенциалов, осциллоскоп (ИМ-789) или аналогичный.

Порядок работы. Предварительно кожу в местах наложения электродов обезжиривают спиртом. Находящемуся в положении стоя испытуемому фиксируют биполярно электроды на кожу в области двуглавой и трехглавой мышц плеча правой руки. Общий электрод накладывают на кожу плеча недалеко от точек регистрации ЭМГ. Производится регистрация и анализ ЭМГ при различных функциональных состояниях:

- а) покой: руки свободно опущены вниз, мышцы расслаблены;
- б) сгибание руки в локтевом суставе из положения «а»;
- в) разгибание руки из согнутого в локтевом суставе положения;
- г) рука отведена в горизонтальное положение, сжатие кисти в кулак с максимальной силой;
- д) удержание предплечья в горизонтальном положении, ладонью вверх, и возрастающая физическая нагрузка путем последовательного помещения на ладонь грузов 0,5; 1,5 и 3 кг

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте ЭМГ в разных условиях.

2. Проведите визуальный анализ биотоков в двуглавой мышце плеча. Оцените, как изменяются частота и амплитуда волн ЭМГ в различных условиях эксперимента. Сделайте заключение об изменении электрической активности двуглавой и трехглавой мышц плеча в условиях опыта.

ПРОТОКОЛ

1. Рисунки ЭМГ в условиях:

Запись ЭМГ от мышцы	Покой	Сгибание руки	Разгибание руки	Синергичные сокращения	Удержание груза		
					0,5 кг	1,5 кг	3 кг
Двуглавой							
Трехглавой							

2. **Вывод:** электрическая активность мышц плеча в покое _____; при сгибании (разгибании) руки в локтевом суставе _____; при дополнительном напряжении мышцы для удержания груза относительно состояния покоя _____ (возрастает или уменьшается); при синергичном напряжении мышц их электрическая активность _____, о чем свидетельствует _____ амплитуды и частоты волн ЭМГ.

Работа 4.2. ВИДЫ И РЕЖИМЫ МЫШЕЧНОГО СОКРАЩЕНИЯ (демонстрация)



Работа выполняется с помощью компьютерной программы «Muscular». Разделы «Сокращение моторных единиц» (Contraction of Motor Units) и «Сокращение целой мышцы» (Contraction of Whole Muscle).

Ход работы. Номера страниц указываются в выпадающем меню вверху экрана (например, Page 1 of 11). Переход на следующую страницу нажатием кнопки «Next» вверху слева или при помощи выпадающего меню. Выход из программы при помощи клавиш «Alt» + «F4».

Сокращение моторных единиц (Contraction of Motor Units)

Страница 1: Сокращение целой мышцы — это результат активности групп мышечных волокон, каждая из которых получает импульс от одного двигательного нейрона. Число и размеры таких моторных единиц, вовлеченных в сокращение, определяют его силу.

Страница 4: Вовлечение

Когда требуется сильное сокращение, нервная система стимулирует большее число моторных единиц. Стимуляция дополнительных моторных единиц для увеличения силы сокращения называется вовлечением.

Щелкните мышкой на интернейроне (там, где мигает желтая стрелка), и пронаблюдайте одновременное сокращение двух моторных единиц, отдельные сокращения которых можно было наблюдать в заставке к разделу. Сила полученного сокращения больше силы сокращения в случае отдельной стимуляции любой из двух моторных единиц.

Страница 6: Мелкие моторные единицы выполняют точные движения

Кроме количества участвующих моторных единиц, количество мышечных волокон в каждой моторной единице является важнейшим фактором, влияющим на силу и точность движений мышц.

Мелкие моторные единицы, включающие всего несколько мышечных клеток, обнаруживаются там, где требуется точность движений, например, в мышцах глаза.

Щелкните мышкой на двигательном нерве, чтобы увидеть точное движение мышц глазного яблока. Повторите. Степень сокращения мышцы возрастает.

Страница 7: Большие моторные единицы выполняют «большие» движения

Крупные мышцы, выполняющие движения с большой амплитудой и силой, такие как движения бедра, имеют большие моторные единицы, в которых каждый двигательный нейрон соединен с большим количеством мышечных клеток.

Подведите курсор к нерву и щелкните мышкой. Пронаблюдайте сокращение четырехглавой мышцы бедра. Повторите несколько раз.

Возврат в меню нажатием кнопки «Topic menu».

Сокращение целой мышцы (Contraction of Whole Muscle)

Страница 1. Сокращение целой мышцы может быть различным по развиваемой силе. Например, одна и та же мышца может поднимать малый груз (например, один чипс) и достаточно большой груз (например, упаковку из шести банок минеральной воды).

Страница 3: Факторы, влияющие на напряжение мышцы

Одиночные мышечные волокна подчиняются закону «все или ничего», но мышца в целом способна развивать различную силу сокращения, т. е. подчиняется закону силы.

Три фактора, влияющих на силу сокращения:

1. Частота получаемых импульсов.
2. Количество вовлеченных моторных единиц.
3. Степень растяжения мышцы.

Страница 4: Одиночное мышечное сокращение

Мышечное сокращение в ответ на единичный стимул называется одиночным мышечным сокращением.

Щелкните мышкой на кнопке Stimulator для просмотра одиночного мышечного сокращения.

Страница 5: Три фазы одиночного мышечного сокращения

1. Латентный период.
2. Период сокращения (укорочения).
3. Период расслабления.

Страница 6: Временная суммация двух стимулов

Если до завершения фазы расслабления подействует второй стимул (такой же величины, как и первый), то сокращения суммируются, и степень укорочения мышцы возрастает.

Щелкните мышкой на кнопке Stimulator для просмотра сокращения мышцы в ответ на двойную стимуляцию.

Страница 7: График временной суммации

Второй пик выше первого. Дополнительное поступление ионов кальция усиливает второе сокращение, которое «накладывается» на первое.

Страница 10: Суммация действия множественных стимулов

Представим следующую ситуацию: импульсы (одинаковые) поступают к мышце с нарастающей частотой, и интервал между импульсами становится все короче.

Щелкните мышкой на кнопке Stimulator для просмотра ответа мышцы на стимуляцию с возрастающей частотой.

Страница 11: График сокращений мышцы в ответ на множественную стимуляцию

По горизонтали изменяется частота стимуляции, по вертикали — амплитуда сокращения мышцы.

Щелкните мышкой последовательно на каждой выделенной части графика для получения дополнительной информации. После каждой части графика «нажимайте» кнопку Stimulator для повтора ответа мышцы.

Эффект лестницы. Сила сокращения увеличивается, но каждый раз достигается полное расслабление мышцы, т. е. временная суммация отсутствует. Возрастание амплитуды сокращения может быть вызвано повышением температуры мышцы и повышением активности ферментов.

Временная суммация. Сокращения суммируются, и их амплитуда с каждым разом становится все больше. Это возрастание происходит из-за увеличения внутриклеточной концентрации ионов кальция.

Неполный (зубчатый) тетанус. Циклы «сокращение – расслабление» становятся все короче, но некоторая степень расслабления после каждого сокращения ещё заметна.

Полный (гладкий) тетанус. При дальнейшем увеличении частоты стимуляции сокращения сливаются в одно сплошное гладкое длительное сокращение без признаков расслабления и какой-либо цикличности. Значительное повышение внутриклеточной концентрации кальция создает условия для образования поперечных мостиков между актином и миозином.

Утомление. При продолжающейся частой стимуляции мышца более не способна поддерживать высокий уровень напряжения и постепенно расслабляется. Утомление происходит вследствие накопления кислых продуктов, нарушающих функционирование белков, снижения запасов АТФ и нарушения ионного баланса, возникающего из-за высокой активности мембранных каналов. При условии отдыха и необходимого уровня кровотока состояние утомления проходит, и мышца снова способна отвечать на стимуляцию.

Страница 13: Суммация сокращений моторных единиц

Сила сокращения мышцы определяется не только частотой стимуляции, но также количеством и размерами участвующих в сокращении моторных единиц.

В организме (*in vivo*) количество вовлеченных в сокращение моторных единиц определяется количеством двигательных нейронов, которые стимулируются центральной нервной системой. Путем изменения количества и размеров моторных единиц, участвующих в сокращении, нервная система управляет силой и степенью сокращения каждой конкретной мышцы.

Щелкните мышкой на кнопке «Start demo» в правом нижнем углу. Выберите вес поднимаемого груза (показано стрелкой). Затем выберите количество участвующих в сокращении моторных единиц: малое число (Few), среднее или большое (Many). Щелкните мышкой на мышце бедра и наблюдайте сокращение мышцы в соответствии с выбранными параметрами. Повторите сокращение с различными параметрами для установления зависимости силы сокращения от количества участвующих моторных единиц.

Страница 16: Зависимость развиваемого напряжения от длины мышцы

Внизу в правой части экрана находятся три кнопки, соответствующие трем вариантам состояния мышцы: А — нерастянутая (*unstretched*), В — умеренно растянутая (*moderately stretched*) и С — сильно растянутая (*overstretched*).

Щелкните мышкой по кнопке А. Обратите внимание на перекрытие тонких нитей в нерастянутой мышце. Затем стимулируйте мышцу (*Stimulator*) и наблюдайте сокращение. Оно оказывается слабым вследствие перекрытия тонких нитей и уменьшения возможностей для образования поперечных мостиков. Затем выберите кнопку В. В умеренно растянутой

мышце тонкие нити занимают положение возле той части молекулы миозина, где находятся головки с участками связывания с актином; это создаст оптимальное перекрытие тонких и толстых нитей, благодаря чему образуется максимальное количество поперечных мостиков. Стимуляция мышцы (Stimulator) дает максимальную амплитуду сокращения и степень развиваемого напряжения, что хорошо видно на графике. Наконец, выберите кнопку С. В перерастянутой мышце тонкие нити почти не перекрываются толстыми. При стимуляции (Stimulator) сокращение оказывается совсем слабым, так как развить напряжение при таком взаимном положении нитей трудно¹.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

МЫШЕЧНАЯ СИЛА РУК У СТУДЕНТОВ: СОСТОЯНИЕ ПРОБЛЕМЫ, МЕТОДЫ РАЗВИТИЯ СИЛЫ МЫШЦ РУК

Постоянный мониторинг показателей здоровья студентов на базе кафедр нормальной физиологии и физической культуры и спорта БГМУ в последние годы показал понижение показателей как абсолютной, так и относительной силы рук у студентов, по сравнению с таковыми у студентов в 1996–1997 гг. Для развития силы мышечных групп плечевого пояса и рук сотрудниками кафедры физической культуры и спорта рекомендуются физические упражнения (пример комплекса упражнений представлен на рис. 4.1.)

Перед выполнением силовых упражнений необходимо выполнить разминку, воздействуя на отдельные части тела. Она может включать легкую пробежку или ходьбу и 8–10 общеразвивающих упражнений. Вначале прорабатываются мышцы и суставы плечевого пояса: выполнением круговых движений руками, движением рук вперед-назад в вертикальной и горизонтальной плоскости. Затем выполняются наклоны шеи и головы влево-вправо, вперед-назад.

При выполнении упражнений (рис. 4.1) с гантелями, набивными мячами или преодолении собственного веса при сгибании рук повторять движения от 8 до 12 раз. При подтягивании на перекладине (хватом сверху, снизу) количество раз может повторяться от 4–5 до 8–12 раз. Выполняя упражнения можно повторить не одну серию, а 3–4. Это будет зависеть от этапа тренировки и состояния организма. Между сериями следует выполнять упражнения на расслабление мышц.

¹ В организме такое перерастяжение для скелетных мышц достигается редко, так как прикрепление мышц к кости препятствует излишнему растяжению. Но этот эффект имеет большое значение для сердечной мышцы — в развитии сердечной недостаточности.

КОМПЛЕКС УПРАЖНЕНИЙ ДЛЯ РАЗВИТИЯ СИЛЫ МЫШЦ РУК И ПЛЕЧЕВОГО ПОЯСА

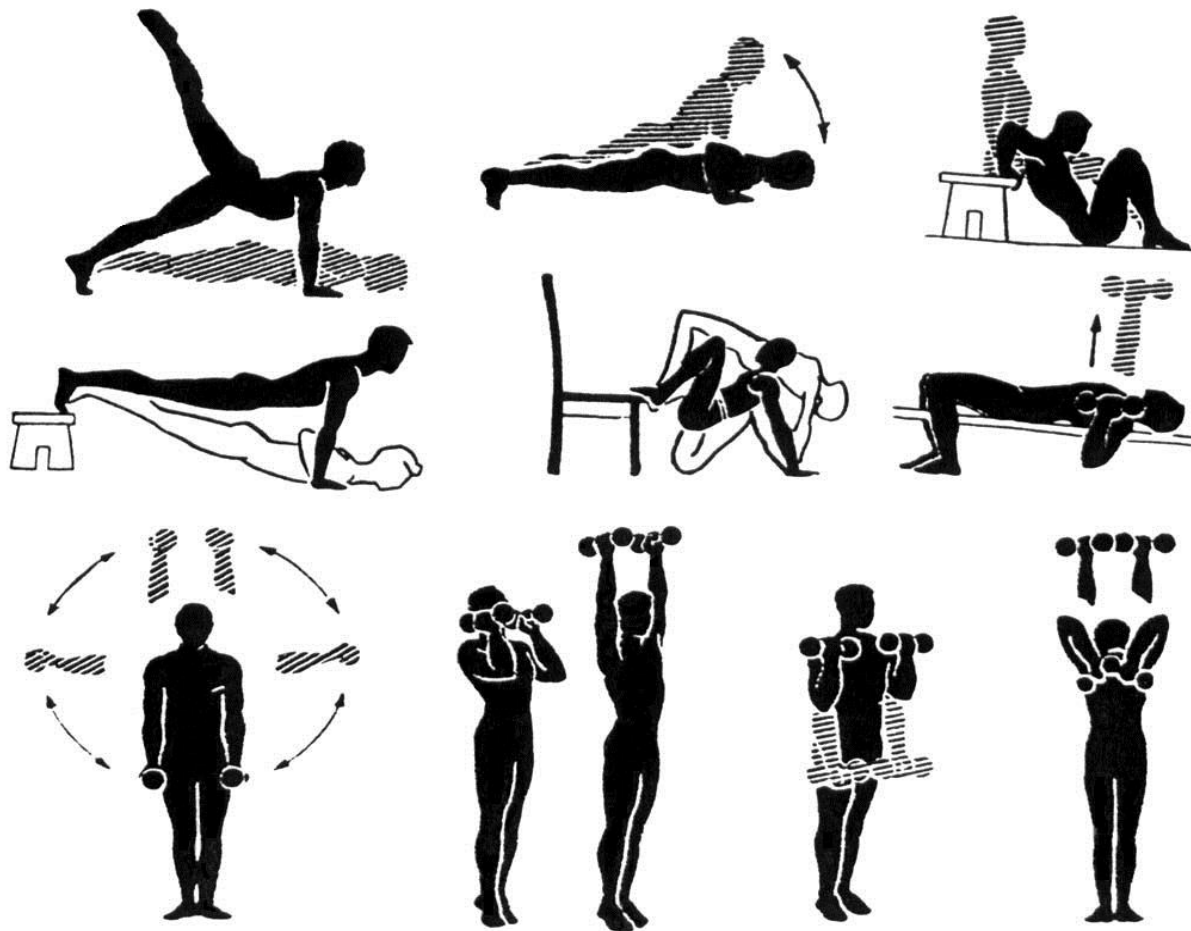


Рис. 4.1. Упражнения с гантелями и отягощением собственного веса

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 5. СИЛА И РАБОТА МЫШЦ. РЕЖИМЫ СОКРАЩЕНИЯ. ФИЗИОЛОГИЯ ГЛАДКИХ МЫШЦ

Основные вопросы:

1. Режимы сокращения мышц в зависимости от изменения их длины и напряжения.
2. Сила и работа мышц. Закон средних нагрузок. Динамическая и статическая мышечная работа.
3. Соотношение между нагрузкой и скоростью укорочения мышцы.
4. Скелетно-мышечное взаимодействие. Рычаги.
5. Энергетика мышечного сокращения. Теплообразование при мышечном сокращении.
6. Утомление, источники и виды утомления при физической нагрузке. Понятие об активном отдыхе.
7. Принципы методов оценки функционального состояния мышц у человека. Динамометрия ручная и становая. Оценка работоспособности мышц. Эргометрия.
8. Физиологические свойства и особенности гладких мышц в сравнении со скелетными. Тонус гладких мышц.
9. Отличия нейроэффektorных соединений гладких мышц от нейромышечных синапсов скелетных мышц.
10. Понятие о миоэпителиальных клетках и их функциях.

Вопросы для самоконтроля:

1. Какие разновидности мышечных волокон (двигательных единиц) более предрасположены к статическим нагрузкам? Почему?
2. Какой вид утомления наступает раньше всего?
3. Чем отличаются абсолютная и удельная сила мышцы?
4. Какие выводы следуют из закона средних нагрузок применительно к трудовой деятельности?
5. Чем отличается характер сокращения гладких мышц от такового скелетных?
6. Относится ли железистый эпителий к возбудимым тканям? Ответ обоснуйте

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего издания по занятию 5 (раздел «Дополнительная информация»), материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 129–138.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 154–156, 169–177.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 5.1. ДИНАМОМЕТРИЯ РУЧНАЯ И СТАНОВАЯ

Динамометрия — метод измерения силы сокращения мышц. Сила мышцы зависит от ее физиологического сечения (перпендикулярно ходу мышечных волокон), исходной длины, скорости сокращения и других факторов. Сила сокращения мышц измеряется динамометрами и выражается в абсолютных единицах (кг или Н, а также в $\text{кг}/\text{см}^2$ поперечного сечения мышцы (составляя от 2 до $10 \text{ кг}/\text{см}^2$)) или в относительных единицах (по отношению к массе тела, выраженному в %). Динамометрия (особенно ручная) широко применяется в медицине и в физиологии трудовой и спортивной деятельности.

Материалы и оборудование: динамометр ручной, динамометр становой, рычажные весы.

Ход работы. Силу кисти рук определяют с помощью ручного динамометра (ДК-150 или др.). Динамометр держат в вытянутой горизонтально (допускается незначительное сгибание в локтевом суставе) руке. Переключатель динамометра переводят в положение режима с фиксацией показателей. Производят максимальное сжатие динамометра кистью руки. Измерение проводят три раза каждой рукой. Из трех измерений (для каждой руки) выбирают наибольшие.

Измеряют массу испытуемого (без обуви) на рычажных весах и вычитают из нее 1 кг (условно берется вес одежды), получая показатель массы тела. Затем рассчитывают показатель относительной силы (ОС) мышц правой и левой рук по формуле: **ОС = сила рук (кг) : масса тела (кг) × 100 (%)**. Оценка показателя относительной силы мышц рук приведена в табл. 4.1.

Сила мышц рук у студентов за последние годы существенно снизилась. В связи с этим в табл. 4.1 даны нормативы силы рук с учётом тенденции её изменения у студентов БГМУ (юношей и девушек) в последнее время.

Силу мышц разгибателей задней поверхности тела измеряют станковым динамометром. Испытуемый становится на подставку (упор для ног) динамометра и прикрепляет соединительную планку к подставке и к динамометру, устанавливая высоту рукояти таким образом, чтобы наклон

туловища вперед составлял около 30° относительно вертикали. Заслонку (зеркало) циферблата поворачивают, открывая циферблат; переключатель динамометра переводится в положение фиксации результатов «Ф». Далее испытуемый тянет рукоять изо всех сил вверх на протяжении нескольких секунд. После фиксации результата возвращают исходное положение стрелки при помощи переключателя динамометра.

Измерение становой силы производится трижды, и выбирают наибольшее значение показателя. Показатели относительной (становой) силы рассчитывают путем деления наибольшего значения показателя становой силы (в кг) на массу тела испытуемого (кг). **Удовлетворительным показателем относительной становой силы считается 2 для мужчин и 1,5 для женщин.**

ВНИМАНИЕ! При проведении становой динамометрии важно соблюдение техники безопасности, иначе есть риск повреждения позвоночника в поясничном отделе. Главная ошибка при проведении становой динамометрии — округление (сутулость) спины во время тяги.

Если у Вас ранее были проблемы с позвоночником, лучше воздержитесь от проведения данного измерения. Противопоказаниями для становой динамометрии являются межпозвоночные грыжи либо перелом позвоночника в анамнезе, высокая степень артериальной гипертензии или миопии, период менструации или беременность у женщин, грыжи передней брюшной стенки и т. д.

Таблица 5.1

Показатели относительной силы рук у мужчин и женщин

Пол	Уровень показателя относительной силы рук (%)				
	низкий	ниже среднего	средний	выше среднего	высокий
Мужчины	Менее 41	41–50	51–60	61–70	Более 70
Женщины	Менее 21	21–25	26–30	31–40	Более 40

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите пол, массу тела и наибольшие показатели силы мышц рук и разгибателей спины.

2. Рассчитайте показатели относительной силы мышц.

3. Сделайте вывод, оценив относительную силу мышц испытуемого.

4. В случае низких и ниже средних показателей относительной силы рук и/или неудовлетворительного показателя относительной становой силы, познакомьтесь с методами развития силы мышц, которые изложены в учебном пособии для студентов высших учебных заведений Республики Беларусь «Физическая культура» (Минск, 2011 г.).

ПРОТОКОЛ

1. Масса тела испытуемого: _____ (кг), пол: _____ (м. или ж.)

2. Заполните таблицу:

	Сила, в кг	Относительная сила
Кисть правой руки		
Кисть левой руки		
Разгибатели задней поверхности тела		

3. **Вывод.** Уровень показателей относительной силы правой руки _____ (низкий, ниже среднего, средний, выше среднего, высокий), левой руки _____. Показатель относительной становой силы _____ (удовлетворительный, неудовлетворительный).

Работа 5.2. ЭРГОМЕТРИЯ МЫШЦ ПРЕДПЛЕЧЬЯ

Эргометрия — измерение показателей работоспособности мышц человека. Обычно измеряют такие показатели, как показатель уровня работоспособности P , показатель снижения работоспособности S , силовая выносливость V .

Материалы и оборудование: кистевой динамометр.

Ход работы. Вначале проводится обычная кистевая динамометрия (работа 5.1). Измеренная максимальная сила мышц предплечья F_{max} записывается в табл. 5.2.

Затем испытуемый выполняет 10 сжатий динамометра с частотой 1 раз в 5 секунд. Результаты измерений для каждой кисти — F_1, F_2, \dots, F_{10} — запишите в табл. 5.2. Шкала динамометра градуирована в даН, 1 даН = 10 Н = 1 кгс. Начертите график зависимости показателей кистевого динамометра F от порядкового номера сжатия $F(n)$ для кисти каждой руки соответственно.

Вычислите показатели работоспособности мышц предплечий правой и левой рук, используя данные измерений из табл. 5.2.

Уровень работоспособности мышц правого и левого предплечий P :

$$P = (F_1 + F_2 + \dots + F_{10}), \text{ даН}$$

Показатель снижения работоспособности мышц правого и левого предплечий S :

$$S = (F_1 - F_{min})/F_{max}, \text{ отн. ед.}$$

Значение F_{min} выберите из табл. 5.2 как наименьшее из десяти значений F_1, F_2, \dots, F_{10} для каждой кисти. Результаты проведенных выше вычислений запишите в табл. 5.2.

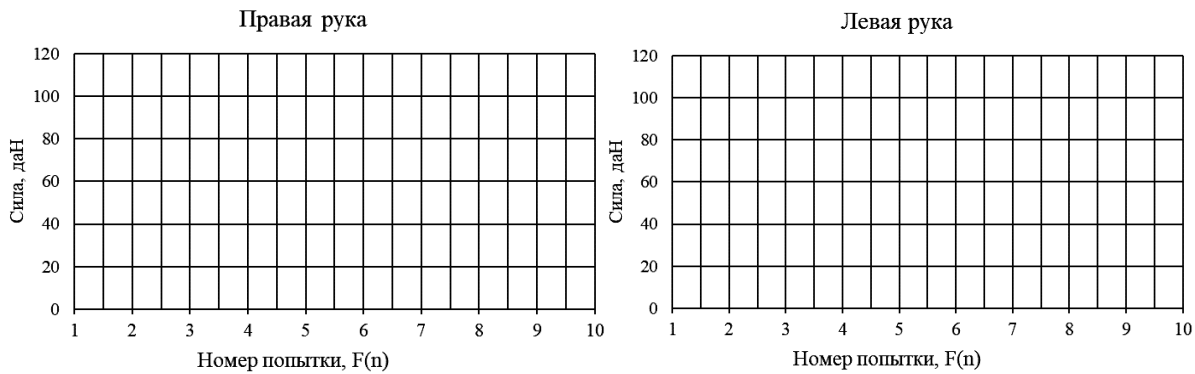
Определите **силовую выносливость V** с мышц предплечий. Для этого испытуемый поочередно каждой рукой сжимает кистевой динамометр максимально продолжительное время с силой, составляющей примерно 50 % от максимального значения из табл. 5.2 — F_{max} . По секундомеру определите время V , с. Результаты измерений запишите в протокол.

ПРОТОКОЛ

Заполните таблицу:

Таблица 5.2

Правая рука	Fmax	F1п	F2п	F3п	F4п	F5п	F6п	F7п	F8п	F9п	F10п	Fmin
Левая рука	Fmax	F1л	F2л	F3л	F4л	F5л	F6л	F7л	F8л	F9л	F10л	Fmin



Уровень работоспособности мышц предплечий P:

правого $P_{п}$ = _____; левого $P_{л}$ = _____

Показатель снижения работоспособности мышц предплечий S:

правого $S_{п}$ = _____; левого $S_{л}$ = _____

Силовая выносливость мышц предплечий V:

правого $V_{п}$ = _____; левого $V_{л}$ = _____

Работа 5.3. СХЕМА СТРОЕНИЯ НЕЙРО-ЭФФЕКТОРНОГО СОЕДИНЕНИЯ (НА ГЛАДКИХ МИОЦИТАХ, ЖЕЛЕЗИСТЫХ КЛЕТКАХ, МИОЭПИТЕЛИАЛЬНЫХ КЛЕТКАХ)

На схеме нейро-эффекторного соединения (рис. 5.1) укажите аксон постганглионарного нейрона вегетативной нервной системы, наличие варикозных расширений на аксоне, название медиаторов и рецепторов к ним.

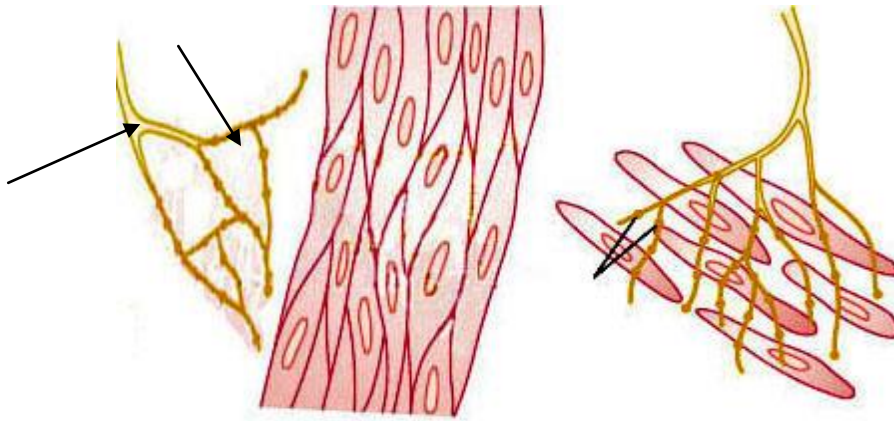


Рис. 5.1. Схема строения нейро-эффекторного соединения для унитарных (слева) и мультиунитарных (справа; примеры — радужка, цилиарная мышца) гладких миоцитов

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

СИЛА, РАБОТА И МОЩНОСТЬ МЫШЦЫ. ЗАКОН СРЕДНИХ НАГРУЗОК. ВИДЫ МЫШЕЧНОЙ РАБОТЫ

Сила мышцы определяется по максимальному грузу, который она в состоянии поднять, либо по максимальному напряжению, которое она может развить в условиях изометрического сокращения. Например, одиночное скелетное мышечное волокно способно развить напряжение 100–200 мг.

Для того чтобы узнать **удельную силу** мышц, массу максимального груза, который в состоянии поднять мышца, делят на площадь ее физиологического поперечного сечения. Таким образом вычисляют мышечную силу в пересчете на см^2 . (При этом понятие относительной силы мышцы подразумевает показатели максимальной силы данной мышцы в перерасчете на 1 килограмм массы тела данного человека.)

Работа мышцы измеряется произведением поднятого груза на величину укорочения мышцы.

Мощность сокращения мышцы — это величина работы в единицу времени. Соответственно, более мощное сокращение, по сравнению с менее мощным, за то же самое время позволяет поднять либо больший груз на ту же высоту, либо прежний груз на большую высоту, укорачиваясь сильнее. Поскольку пройденное расстояние за какое-то время — это скорость, получается, что во втором случае мышца сокращается быстрее. При более мощном сокращении мышца, сокращаясь с тем же или большим грузом, совершает большую работу.

Из описания мощности также следует обратная зависимость между весом груза и скоростью укорочения мышцы (для одной и той же мощно-

сти). При увеличении нагрузки скорость сокращения, как правило, уменьшается, так как при большом количестве одновременно связанных с актином головок миозина быстрое движение нитей актина относительно миозина затруднено, и наоборот.

Заметим, что работа мышцы, как и ее мощность, характеризует данное конкретное сокращение, а не мышцу как таковую. Мы можем сокращать мышцы сильнее и слабее, быстрее и медленнее, регулируя частоту посылаемых к ним нервных импульсов (т. е. через тетанус) и/или действуя в сокращении различное количество моторных единиц). Характеристикой самой мышцы мощность становится только при поднятии максимального груза. При этом работа и мощность мышцы ничего не говорят о скорости развития в ней утомления, ее способности к длительной работе, статическим нагрузкам и пр.

Работа мышцы равна нулю, если мышца сокращается без нагрузки. По мере увеличения груза работа сначала увеличивается, пока величина укорочения остается прежней (исходя из формулы/определения работы). При дальнейшем увеличении груза, начиная с определенного уровня, мышца начинает укорачиваться меньше, и в какой-то момент работа мышцы начинает уменьшаться (степень укорочения мышцы меньше степени увеличения груза), и при очень большом грузе, который мышца неспособна поднять, работа наконец становится равной нулю (рис. 5.2). Описанная динамика сокращения мышцы не связана с развитием в ней утомления, так как в эксперименте между увеличивающимися нагрузками дается время на отдых и восстановление сократимости мышцы.

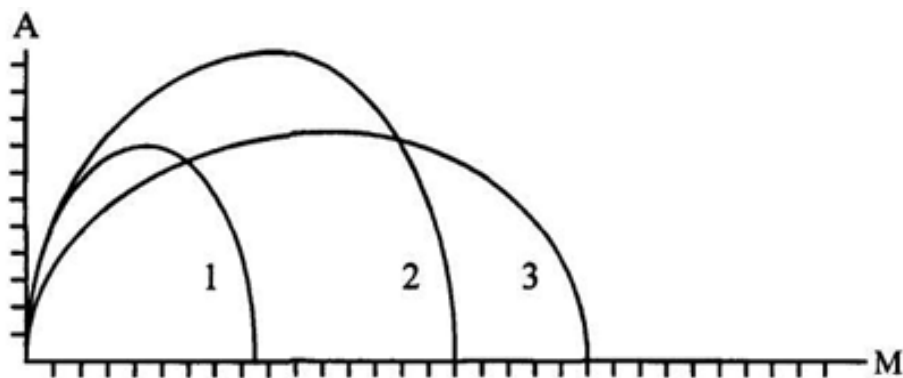


Рис. 5.2. Закон средних нагрузок:
А — работа; М — вес груза; 1, 2, 3 — графики для разных мышц

Эта закономерность описывается графиком, согласно которому следует, что **максимальную работу мышца совершает при средних нагрузках (закон средних нагрузок)** (рис. 5.2).

Мощность мышцы также пропорционально работе достигает максимальной величины при средних нагрузках. В какой-то степени эта закономерность связана с влиянием степени растяжения мышцы на сократи-

мость (например, при перерастяжении мышцы сила сокращения снижается из-за уменьшения перекрытия актина и миозина), в какой-то зависит от возможности увеличения ее стимуляции потенциалами действия, но так или иначе максимальная способность мышцы к поднятию груза (сократимость) лимитируется суммарным количеством в ней миофибрилл. В отличие от количества мышечных волокон (клеток), количество миофибрилл увеличивается в результате регулярной тренировки (рабочая гипертрофия мышцы), особенно с использованием нагрузок, требующих большого напряжения (в изометрическом режиме или близком к нему).

Описанная выше трактовка мышечной работы как произведения веса поднятого груза на величину укорочения мышцы взята из физики. Между тем понятие работы мышцы в физиологии намного шире. Работа мышц делится на **динамическую** и **статическую**.

При динамической работе происходит изменение длины мышцы при перемещении груза. При этом динамическая работа, в свою очередь, подразделяется на преодолевающую и уступающую.

Преодолевающая работа подразумевает укорочение мышцы при поднятии груза (**концентрический режим** сокращения). В этом случае физиологическое понятие термина «работа» действительно совпадает с физическим его смыслом.

Уступающая работа подразумевает, наоборот, удлинение мышцы при перемещении груза, к примеру, при опускании груза, когда мы придерживаем его, чтобы не бросать на землю. Такой режим сокращения называется **эксцентрическим**, и с точки зрения физики (по крайней мере, механики) работа при нем выглядит отрицательной величиной.

Статическая работа наблюдается при удержании груза (в том числе частей тела) в одном положении сколько-нибудь длительное время. Например, при длительном нахождении в положении стоя ряд мышц (главным образом мышцы нижних конечностей и спины) находится в постоянном напряжении. С точки зрения физики, при этом работы вроде бы не происходит. Но с точки зрения физиологии и самого организма энергия АТФ тратится на сопротивление весу груза или, к примеру, попытки переместить непосильный груз (при изометрическом режиме сокращения происходит максимальная нагрузка на работающую мышцу. В этом случае фактически большая часть энергии тратится на силы трения и внутреннее растяжение соединительнотканых элементов самой мышцы).

Статическая работа более утомительна, чем динамическая. Связано это не только с тем, что при удержании груза имеется постоянное напряжение одной и той же мышечной группы, с соответствующими нервными центрами, но и потому, что в статически напряженной мышце затруднен полноценный кровоток. В результате быстрее истощаются запасы нейро-

медиаторов в синапсах, а в мышце развивается недостаток кислорода и питательных веществ, накапливаются продукты обмена и прочее. Считается, что статическая работа в целом менее эффективна, чем динамическая, и требует больше времени на восстановление энергии.

Поэтому при организации труда на рабочем месте необходимо стремиться к уменьшению не только необходимой динамической работы человека, но и статических усилий, в частности, предусматривать возможность периодического изменения позы, регулярно чередуя работу с перерывами на отдых. По возможности, следует стремиться полностью исключить этот вид работы.

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 6. ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Основные вопросы:

1. Нервная система и ее роль в обеспечении жизнедеятельности целостного организма. Представление о методах исследования функций центральной нервной системы.

2. Нейрон: структура, функции, свойства, взаимосвязь с глиальными клетками. Роль нейроглии. Ликвор: состав, свойства, функции.

3. Возбуждающие и тормозные медиаторы, рецепторные механизмы их действия.

4. Нервные центры: физиологическое понятие, функции, свойства.

5. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Виды рефлексов. Структура рефлекторной дуги (соматического, вегетативного рефлексов). Обратная связь и ее значение.

6. Основные принципы распространения возбуждения в ЦНС. Возбуждающие синапсы и их медиаторные механизмы, ВПСП.

7. Торможение в нервной системе, его типы (первичное и вторичное) и роль. Современные представления о механизмах центрального торможения.

8. Основные принципы координационной деятельности ЦНС: реципрокного торможения, общего конечного пути, доминанты, обратной афферентации.

Вопросы для самоконтроля:

1. Почему при перерезке задних корешков спинного мозга тонус мышц резко снижается?

2. Почему именно в мозге при высокой активности нейронов концентрация внеклеточного калия может существенно возрастать? К каким последствиям это может приводить и какой механизм предотвращает эти последствия в физиологических условиях?

3. В чем заключается физиологический смысл реципрокного торможения?

4. Почему время сухожильного рефлекса является самым коротким по сравнению со временем других рефлексов?

5. Ребенку, страдающему врожденной глухотой, в раннем детском возрасте произвели операцию по восстановлению слуха путем вживления имплантата в улитку. Будут ли нейроны слуховой коры этого ребёнка реагировать на звук? Как будут реагировать указанные нейроны, если операцию провести взрослому человеку?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 70–80.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 70–72, 177–208.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 6.1. СХЕМЫ ДВУХНЕЙРОННОЙ И ТРЕХНЕЙРОННОЙ РЕФЛЕКТОРНЫХ ДУГ

Ход работы. Работа выполняется студентом самостоятельно при подготовке к занятию и проверяется во время занятия.

Указания к оформлению протокола:

1. Сделайте рисунки двухнейронной и трехнейронной дуги соматических, спинномозговых рефлексов.

2. Укажите на рисунках цифрами звенья рефлекторных дуг согласно данным таблицы, имеющейся в протоколе.

ПРОТОКОЛ

Схема двухнейронной дуги
спинномозгового рефлекса

Схема трехнейронной дуги
спинномозгового рефлекса

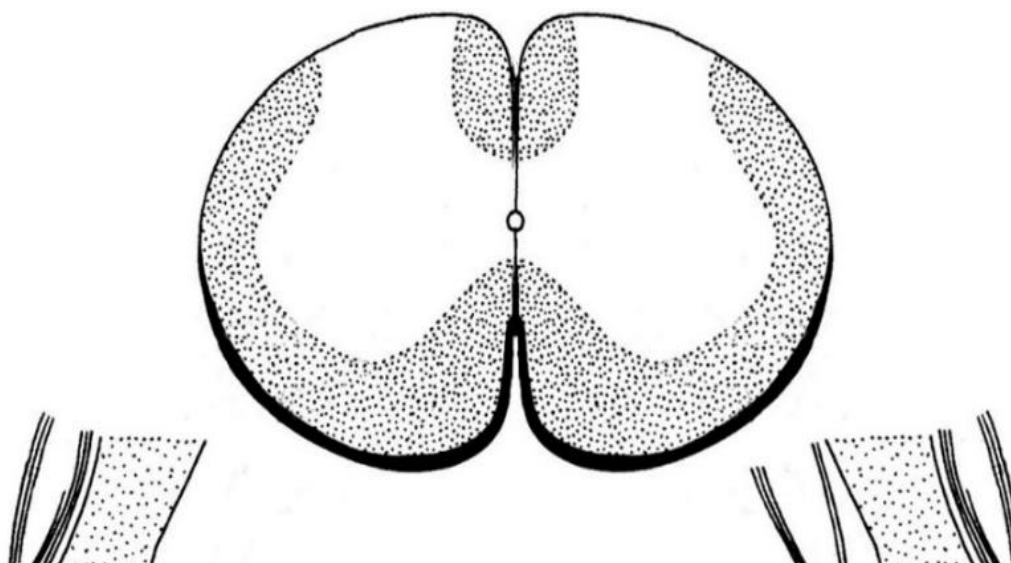


Таблица 6.1

Звенья рефлекторной дуги спинномозгового соматического рефлекса	
Двухнейронная дуга	Трехнейронная дуга
1. Рецепторное звено (рецептор растяжения в скелетной мышце)	1. Рецепторное звено (рецептор кожи)
2. Аfferентное звено (псевдоуниполярный нейрон спинномозгового ганглия)	2. Аfferентное звено (псевдоуниполярный нейрон спинномозгового ганглия)
3. Вставочное (центральное) звено (нет)	3. Вставочное (центральное) звено (нейрон задних рогов спинного мозга)
4. Эfferентное звено (α - или γ -мотонейрон передних рогов спинного мозга)	4. Эfferентное звено (α - или γ -мотонейрон передних рогов спинного мозга)
5. Исполнительное звено (рабочий орган — скелетная мышца, мышечные волокна)	5. Исполнительное звено (рабочий орган — скелетная мышца, мышечные волокна)

Работа 6.2. ИССЛЕДОВАНИЕ КОЛЕННОГО РЕФЛЕКСА

Миотатические рефлексы являются наиболее элементарными безусловными рефлексами спинного (например, поясничного отдела L_2-L_4 для коленного рефлекса) или головного (ядра некоторых черепных нервов) мозга. Исследование сухожильных рефлексов применяется в клинической практике (преимущественно в неврологии) для топической диагностики поражений нервной системы при ряде заболеваний и/или травм.

Материалы и оборудование: неврологический молоточек.

Ход работы.

Обследуемый должен сесть на стул и положить ногу на ногу. Нанесите удар молоточком по сухожилию четырехглавой мышцы бедра ниже надколенника. Пронаблюдайте характер разгибания ноги в коленном суставе. Сравните рефлекторную реакцию на обеих конечностях.

Указания к оформлению протокола:

1. Оцените степень выраженности рефлекса, его симметричность.
2. Сделайте заключение о состоянии рефлекторной реакции.

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого коленный рефлекс _____ (выражен, отсутствует), _____ (симметричен, асимметричен).
2. Уровни замыкания в спинном мозге рефлекторной дуги коленного рефлекса: _____.
3. **Вывод:** состояние рефлекторной реакции _____ (в норме, рефлексы асимметричны, не вызываются).

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 7. ИТОГОВОЕ (СЕМИНАРСКОЕ) ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ»

Основные вопросы:

1. Физиология как научная основа медицины.
2. Общие свойства возбудимых тканей. Возбуждение и формы его проявления. Показатели (параметры) возбудимости. Современные представления о строении и функциях мембран. Транспорт веществ через клеточную мембрану.
3. Понятие о клеточных рецепторах и их функциях.
4. Понятие информации. Сигналы и их виды. Рецепторные механизмы восприятия сигналов.
5. Биопотенциалы, их виды. Мембранный потенциал покоя, его происхождение.
6. Современные представления о механизмах и фазах развития потенциала действия. Изменения возбудимости в процессе возбуждения.
7. Законы реагирования возбудимых тканей на действие раздражителей. Хронаксиметрия, ее применение для изучения возбудимости мышц и нервов.
8. Нейрон: структура, функции, свойства, взаимосвязь с глиальными клетками. Роль нейроглии.
9. Сенсорные рецепторы: определение понятия, классификация, роль, основные свойства. Рецепторный и генераторный потенциалы. Понятие о принципах кодирования информации.
10. Нервные волокна: строение, классификация, функция. Механизм и законы проведения возбуждения по нервному волокну. Физиологические основы проводниковой анестезии.
11. Синапсы: строение, классификация, общие свойства, физиологическая роль. Современные представления о механизмах передачи возбуждения в синапсах. Возможности фармакологического влияния на синаптическую передачу.
12. Физиологические свойства скелетных мышц и их функции. Строение скелетных мышц. Миофибриллы.
13. Двигательные (нейромоторные) единицы и их особенности в разных мышцах. Типы мышечных волокон (двигательных единиц).
14. Сила мышц, факторы, влияющие на силу мышц.
15. Работа и мощность мышц. Закон средних нагрузок. Соотношение между силой и скоростью укорочения мышцы. Понятие о динамической (преодолевающей и уступающей) и статической работе.

16. Одиночное сокращение мышцы и его фазы. Виды и режимы сокращения. Тетаническое сокращение и его виды. Оптимум и пессимум сокращения. Механизмы реализации закона силы в мышечном сокращении.

17. Энергетика мышечного сокращения. КПД мышечного сокращения, теплообразование в мышце.

18. Механизм сокращения и расслабления одиночного мышечного волокна и мышцы в целом.

19. Методы оценки и основные показатели функционального состояния мышц человека. Динамометрия ручная и станковая. Оценка работоспособности мышц: эргометрия.

20. Физиологические свойства и особенности гладких мышц в сравнении со скелетными. Тонус гладких мышц. Понятие о миоэпителиальных клетках.

21. Механизм сокращения гладких мышц.

22. Нервная система и ее роль в обеспечении жизнедеятельности целостного организма. Нервные центры: физиологическое понятие, функции, свойства.

23. Рефлекторный принцип функционирования нервной системы. Виды рефлексов. Структура рефлекторной дуги (соматического, вегетативного рефлексов). Обратная связь и ее значение.

24. Основные принципы распространения возбуждения в ЦНС. Возбуждающие синапсы и их медиаторные механизмы, ВПСП.

25. Торможение в нервной системе, его типы (первичное и вторичное) и роль. Современные представления о механизмах центрального торможения. Тормозные синапсы, ТПСП.

26. Суммация возбуждения: пространственная и временная. Понятие об интегративной деятельности нейрона.

27. Основные принципы координационной деятельности ЦНС: реципрокного торможения, общего конечного пути, доминанты, обратной афферентации. Возбуждающие и тормозные медиаторы, рецепторные механизмы их действия.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы настоящего издания по занятиям 1–6, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 16–80.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 8–208.

Примечания:	Тема раздела зачтена:

(оценка и подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ «НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ»

«		»	_____	_____	_____
число			месяц		год

ЗАНЯТИЕ 8. РОЛЬ И ФУНКЦИИ СПИННОГО МОЗГА, СТВОЛА МОЗГА, МОЗЖЕЧКА

Основные вопросы:

1. Нервный и гуморальный механизмы регуляции функций, их сравнительная характеристика.
2. Строение и функции спинного мозга. Спинальные рефлексы.
3. Понятие о спинальном уровне регуляции мышечного тонуса позы и движения. Изменение тонуса мышц при повреждении различных звеньев рефлекторной дуги.
4. Функции продолговатого мозга, моста и среднего мозга. Жизненно важные центры ствола мозга и их функции, роль в регуляции мышечного тонуса.
5. Функции мозжечка. Последствия повреждения мозжечка.
6. Ретикулярная формация ствола мозга, её нисходящие влияния на рефлекторную деятельность спинного мозга и восходящие активирующие влияния на кору больших полушарий.

Вопросы для самоподготовки:

1. Каковы последствия полного разрыва спинного мозга на уровнях:
а) между шейным отделом и продолговатым мозгом; б) между шейным и грудным отделами; в) между грудным и поясничным отделами?
2. Почему при перерезке задних корешков спинного мозга тонус мышц резко снижается?
3. Каковы симптомы спинального шока?
4. У человека выявлено нарушение зрачковых рефлексов. Какие структуры зрительной системы могут быть повреждены?
5. Почему при аккомодации и конвергенции глаз происходит сужение зрачков?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, а также материалы настоящего издания (работы 8.3–8.5, дополнительная информация), материалы электронного атласа и ЭУМК.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 81–83, 141–173.

Дополнительная

1. Кубарко, А. И. Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 328–394.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 8.1. ИССЛЕДОВАНИЕ НЕКОТОРЫХ МИОТАТИЧЕСКИХ РЕФЛЕКСОВ СПИННОГО МОЗГА

Миотатические (сухожильные) рефлексy — рефлексy на растяжение мышцы (рис. 8.1). Быстрое растяжение мышцы всего на несколько миллиметров механическим ударом по ее сухожилию приводит к сокращению всей мышцы и двигательной реакции. Реализация этих рефлексy была бы невозможна, если бы одновременно с сокращением самой мышцы не расслаблялись мышцы-антагонисты.

Рефлекс на растяжение свойственен всем мышцам, но у мышц-разгибателей они хорошо выражены и легко вызываются. Исследование миотатических (сухожильных) рефлексy широко применяется для оценки функционального состояния ЦНС и топической диагностики поражения при травмах или заболеваниях ЦНС.

Материалы и оборудование: неврологический молоточек.

Ход работы. У испытуемого ударом молоточка по сухожилиям мышцы (согласно рис. 8.1) вызовите следующие рефлексy: ахиллов, сгибательный рефлекс предплечья, разгибательный рефлекс предплечья. При вызывании миотатических рефлексy с верхних конечностей мышцы обследуемой руки должны быть максимально расслаблены и удерживаться экспериментатором, как показано на рис. 8.1.

Сравните рефлекторные реакции на обеих ногах, а затем на обеих руках.

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите наличие или отсутствие изученных трех рефлексy у испытуемого и их выраженность с обеих сторон (на ногах и руках).

2. Укажите, на уровне каких сегментов спинного мозга замыкаются изученные вами рефлексy.

3. Сделайте вывод о состоянии (сохранены или отсутствуют) рефлекторных реакций и рефлекторной функции спинного мозга.

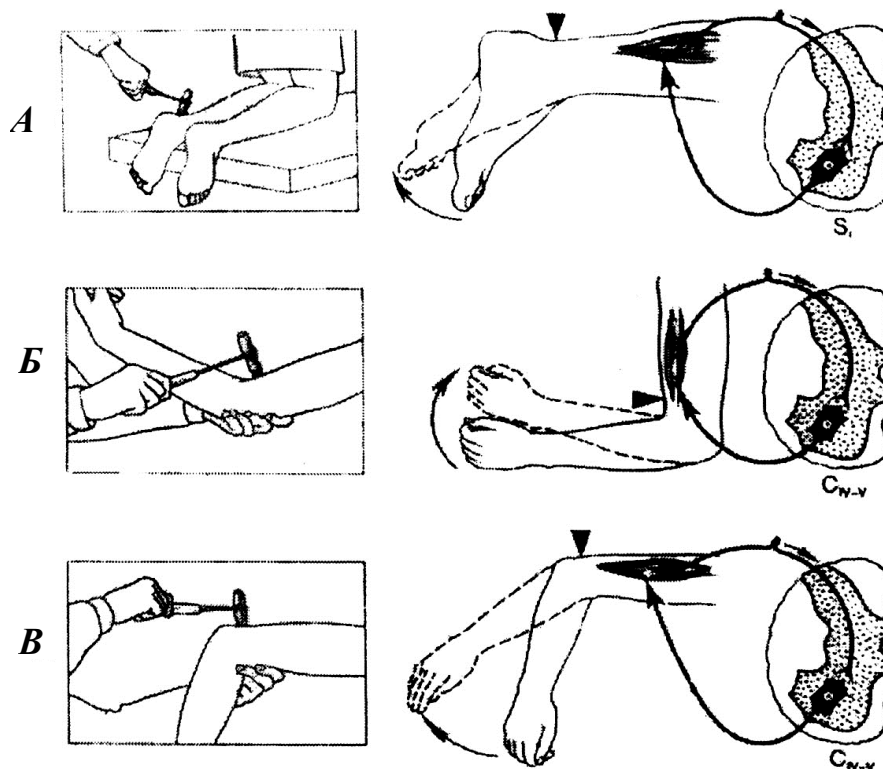


Рис. 8.1. Миотатические рефлексы спинного мозга:
 А — ахиллов рефлекс; Б — сгибательный рефлекс предплечья; В — разгибательный рефлекс предплечья

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого рефлексорные реакции _____ (выражены или отсутствуют) на _____ (одной или обеих) ногах и руках.
2. Изученные миотатические рефлексы замыкаются на уровне следующих сегментов спинного мозга:
 ахиллов рефлекс _____;
 сгибательный рефлекс предплечья _____;
 разгибательный рефлекс предплечья _____.
3. **Вывод.** У испытуемого рефлексорные реакции и рефлексорные функции спинного мозга _____ (сохранены, отсутствуют). Укажите причины, по которым у здорового человека бывает трудно выявить миотатические рефлексы: _____

Работа 8.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ДВИГАТЕЛЬНЫХ ФУНКЦИЙ НЕКОТОРЫХ ЧЕРЕПНЫХ НЕРВОВ

Двигательные функции выполняют девять пар ЧН (пять пар (IV, V, VI, XI и XII) — двигательные и четыре пары — III, VII, IX и X — сме-

шанные). Двигательные ядра тройничных нервов (V пара ЧН) расположены в покрышке ствола мозга на уровне моста и иннервируют жевательную мускулатуру. Нейроны двигательных ядер лицевых нервов (VII пара ЧН), расположенных в мосту, иннервируют мимическую мускулатуру лица. Двигательное ядро языкоглоточного (IX пара ЧН) и блуждающего (X пара ЧН) нервов является общим и лежит в продолговатом мозге, а аксоны нейронов этого ядра иннервируют мышцы глотки, мягкого неба, гортани и надгортанника, а также голосовые связки. Наконец, мышцы языка иннервируются нейронами ядер подъязычного нерва (XII пара ЧН).

Материалы и оборудование: спички, стакан с чистой водой.

Ход работы. Испытуемому предлагают проделать движения и упражнения, указанные в табл. 8.1.

Таблица 8.1

Исследование двигательных функций V, VII, IX, X и XII пар ЧН

Исследуемые пары ЧН	Методика
V пара (тройничный)	Испытуемому просят открыть и закрыть рот, затем проделать несколько жевательных движений. Руки исследователя находятся на жевательных мышцах испытуемого, определяя степень их напряжения. В норме не отмечается смещение нижней челюсти в стороны, мышцы напрягаются с обеих сторон одинаково
VII пара (лицевой)	Испытуемому предлагают: а) поднять брови вверх (при этом складки на лбу должны быть выражены с обеих сторон одинаково); б) плотно закрыть, а затем зажмурить глаза (в норме они закрываются одинаково); в) улыбнуться и надуть щеки (движения должны быть одинаковыми с обеих сторон); г) задуть огонь спички (при этом губы вытянуты вперед)
IX и X пара (языкоглоточный и блуждающий)	Испытуемому предлагают: а) стать у окна, открыть рот и сказать «а» (при этом язычок мягкого неба расположен на средней линии); б) произнести вслух несколько фраз на выбор (при этом не должно быть носового оттенка голоса); в) выпить несколько глотков воды (глотание должно быть свободным)
XII пара (подъязычный)	Испытуемому предлагают высунуть язык (в норме язык должен быть расположен по средней линии)

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите, смог ли испытуемый выполнить все задания (при исследовании двигательных функций V, VII, IX, X и XII пар ЧН) и соответствовали ли полученные результаты норме.

2. Сделайте заключение о двигательных функциях изученных ЧН.

ПРОТОКОЛ

1. Испытуемый _____ (выполнил, не выполнил) все задания, полученные результаты _____ (соответствовали или нет) норме.
2. **Вывод.** Двигательные функции изученных (V, VII, IX, X и XII пар) ЧН _____ (нарушены, не нарушены). В случае нарушения указать пару ЧН, функция которых была нарушена. Обнаружено нарушение двигательной функции в _____ паре ЧН.

Работа 8.3. ИССЛЕДОВАНИЕ ТАКТИЛЬНОЙ ЧУВСТВИТЕЛЬНОСТИ У ЧЕЛОВЕКА

Испытуемый лежит с закрытыми глазами. Прикасайтесь ваткой или кисточкой к симметричным участкам головы, туловища и конечностей испытуемого. В норме он ощущает каждое прикосновение и подтверждает свое ощущение словами.

Указания к оформлению протокола:

1. Опишите ощущения испытуемого.
2. Сделайте заключение о состоянии тактильной чувствительности у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

1. Испытуемый _____ (ощутил или не ощутил) прикосновение ваткой и _____ (правильно или с ошибкой) его локализовал.
2. **Вывод:** состояние тактильной чувствительности у испытуемого _____

Работа 8.4. ИССЛЕДОВАНИЕ МЫШЕЧНО-СУСТАВНОГО ЧУВСТВА

Ход работы. Испытуемый лежит с закрытыми глазами. Произведите нерезкие сгибательные и разгибательные движения пальцев кисти испытуемого, начиная с концевых фаланг. В норме испытуемый должен правильно распознавать все производимые действия, правильно отвечая, какой палец выполняет пассивное движение в данный момент, выполняется сгибание или разгибание.

Указания к оформлению протокола:

1. Опишите, правильно ли испытуемый распознает производимые действия.
2. Сделайте заключение о состоянии мышечно-суставного чувства у испытуемого.

ПРОТОКОЛ

1. Испытуемый _____ (правильно, не правильно) распознает пассивные движения в суставах.
2. **Вывод:** _____

Работа 8.5. ЗРАЧКОВЫЕ РЕФЛЕКСЫ

Мышцы радужной оболочки, сокращаясь, способны изменять величину зрачка и таким образом регулировать поток света к сетчатке глаза. В норме диаметр зрачка составляет 2–8 мм, зрачки равновелики, правильной округлой формы. При освещении зрачок суживается (*миоз*), а при затемнении — расширяется (*мидриаз*). Нарушение регуляции размеров зрачка приводит к анизокории (неравенству зрачков), их деформации, нарушению зрачковых реакций на свет. Исследование реакции зрачков на свет используется в диагностике заболеваний нервной системы.

Ход работы: Прямая реакция зрачка на свет

Обследуемый должен сесть лицом к источнику света, закрыть один глаз рукой. Попеременно закрывайте второй глаз испытуемого экраном и открывайте его. Пронаблюдайте за изменением величины зрачка.

Содружественная реакция зрачка на свет

А) При сумеречном освещении (завешенных шторах) один глаз обследуемого дополнительно осветите и пронаблюдайте за диаметром зрачка другого (неосвещенного) глаза;

Б) Закройте один глаз обследуемого и пронаблюдайте за зрачком открытого глаза.

Реакция зрачков при аккомодации и конвергенции

Попросите обследуемого наблюдать за кончиком ручки, которая плавно приближается к переносице и удаляется от неё. Пронаблюдайте реакцию зрачков.

Указания к оформлению протокола:

1. Оцените состояние зрачков и степень выраженности зрачковых рефлексов.

2. Сделайте заключение о состоянии рефлекторных зрачковых реакций.

Нарисуйте рефлекторный дуги прямого и содружественного зрачковых рефлексов (на рис. 8.2).

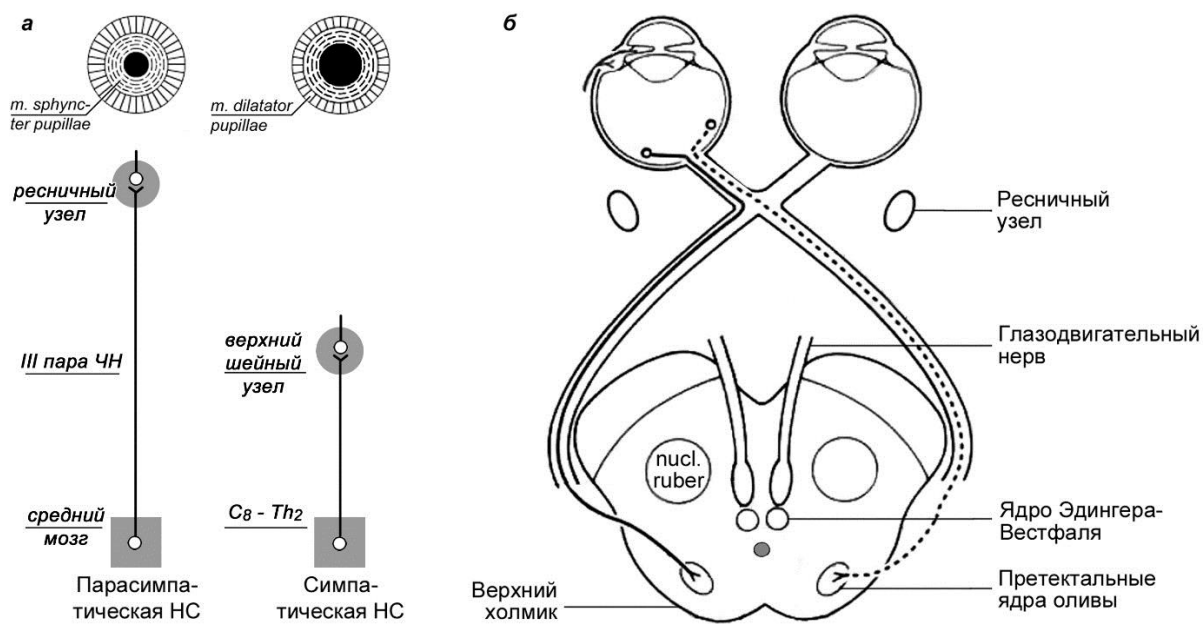


Рис. 8.2

ПРОТОКОЛ

1. Диаметр зрачков изменялся от ____ до ____ мм. Их форма _____ (округлая, неправильная), величина _____ (одинаковая, анизокория).
2. При конвергенции глаз зрачки _____, а при дивергенции _____. Вывод. Зрачковые рефлексы _____ (выражены, нарушены).

Работа 8.6. ИССЛЕДОВАНИЕ МОЗЖЕЧКОВОГО КОНТРОЛЯ ДВИГАТЕЛЬНОЙ АКТИВНОСТИ

Эфферентные сигналы из мозжечка регулируют активность нейронов вестибулярных (Дейтерса) и красных ядер, ядер таламуса, а через них активность периферических (α - и γ -мотонейронов спинного мозга и ядер ЧН) и центральных (корковых) двигательных нейронов. Через указанные пути эфферентные сигналы из мозжечка регулируют силу мышечных сокращений, обеспечивают способность к длительному тоническому сокращению мышц, способность сохранять оптимальный тонус мышц в покое или при движениях, соразмерять произвольные движения с целью этого движения, быстро переходить от сгибания к разгибанию и наоборот. Мозжечок обеспечивает синергию сокращений разных мышц при сложных движениях. Если мозжечок не выполняет своей регуляторной функции, у человека наблюдаются расстройства двигательных функций, что проявляется: снижением силы сокращения мышц (**астения**); утратой способности к длительному сокращению мышц, что затрудняет стояние, си-

дение (**астазия**); произвольным изменением тонуса мышц (**дистония**); дрожанием пальцев рук в покое (**тремор**); расстройством равномерности движений в виде излишнего либо недостаточного движения (**дисметрия**); нарушением координации движения (**атаксия**), которая проявляется также **адиадохокинезом** (нарушение способности к совершению идентичных с обеих сторон, сменяющих друг друга противоположных движений), «пьяной» (шаткой) походкой и т. д.; расстройством организации речевой моторики (**дизартрия**); крупно-размашистым ритмическим подергиванием глазных яблок (**нистагм**) и др.

Материалы и оборудование: стакан (либо другой небольшой предмет).

Ход работы. Предложите испытуемому проделать движения и упражнения, указанные в табл. 8.2.

Таблица 8.2

Исследование мозжечкового контроля двигательной активности скелетных мышц

Вид исследования	Методика
Поза Ромберга (оценка координации движений или проба на статическую атаксию)	Предложите испытуемому постоять со сдвинутыми ногами и вытянутыми вперед руками сначала с открытыми, а затем с закрытыми глазами. В норме человек сохраняет равновесие в позе Ромберга (т. е. проба на атаксию отрицательная)
Проба на динамическую атаксию (исследование походки)	Предложите испытуемому пройти по комнате вперед и назад с открытыми и закрытыми глазами. В норме у здорового человека походка обычная, без шатаний в стороны и без широкого расставления ног (т. е. проба на атаксию отрицательная)
Проба на дисметрию	Предложите испытуемому взять со стола и затем поставить назад (в то же место) какой-либо предмет (книгу, стакан). В норме человек ставит предмет на то же место с ошибкой не более ± 2 см (т. е. проба на дисметрию отрицательная)
Речь (проба на дизартрию)	Предложите испытуемому повторить несколько трудных для произношения слов (землетрясение, самолетостроение, администрирование или др.). Отмечайте, нет ли замедления, растянутости или толчкообразия в речи
Пальценосовая проба (на дисметрию и тремор)	Предложите испытуемому дотронуться указательным пальцем (сначала левой, а затем правой рукой) до кончика носа с открытыми и закрытыми глазами. В норме человек дотрагивается до кончика носа (с точностью ± 1 см) без дрожи пальцев рук (т. е. проба на дисметрию и тремор отрицательная). При поражении мозжечка наблюдается промахивание и дрожание пальца при поднесении его к носу (интенционный тремор) т. е. проба на дисметрию и тремор становится положительной
Проба на адиадохокинез	Испытуемому предлагается вытянуть руки вперед и производить симметрично обеими руками пронацию и супинацию, постепенно увеличивая скорость движений. При положительной пробе рука на стороне пораженного полушария мозжечка отстает, ее движения замедленные, неловкие, с избыточной амплитудой

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите, смог ли испытуемый правильно (без нарушений) выполнить предлагаемые виды исследования.
2. Сделайте вывод о качестве мозжечкового контроля двигательной активности.

ПРОТОКОЛ

1. У испытуемого пробы на атаксию были _____ (отрицательными или положительными), так как в позе Ромберга он _____ (сохранял или нет) равновесие, а походка была _____ (обычная или «пьяная»); пробы на дисметрию и тремор были _____ (отрицательными или положительными); дизартрии _____ (не выявлено или выявлена).
2. **Вывод.** Мозжечковый контроль двигательной активности у испытуемого _____ (в норме или нарушен).

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 9. РОЛЬ И ФУНКЦИИ ПРОМЕЖУТОЧНОГО И ПЕРЕДНЕГО МОЗГА. СИСТЕМНЫЕ МЕХАНИЗМЫ РЕГУЛЯЦИИ ТОНУСА МЫШЦ И ДВИЖЕНИЙ

Основные вопросы:

1. Электрофизиологические методы исследования ЦНС. ЭЭГ. Понятие о современных средствах визуализации физиологических функций (функциональная магнитно-резонансная томография (фМРТ), позитронно-эмиссионная томография (ПЭТ), компьютерная ЭЭГ, метод вызванных потенциалов и др.).

2. Таламус. Функциональная характеристика ядер таламуса. Сенсорные и моторные функции. Участие таламуса в формировании болевых ощущений и в осуществлении высших интегративных функций мозга.

3. Гипоталамус. Центры и функции гипоталамуса. Интеграция соматических, вегетативных и эндокринных функций. Участие гипоталамуса в механизмах формирования высших психических функций.

4. Функции эпиталамуса. Роль промежуточного мозга в регуляции циркадианных ритмов.

5. Базальные ядра. Морфофункциональная организация, связи с другими отделами головного мозга. Интегрирующая функция базальных ядер в осуществлении сложных движений. Последствия повреждений базальных ганглиев.

6. Лимбическая система: структурно-функциональная организация; роль в формировании мотиваций и эмоций, организации памяти.

7. Современное представление о локализации функций в коре больших полушарий головного мозга. Функциональная асимметрия коры.

8. Системные механизмы регуляции тонуса мышц и движений.

Вопросы для самоподготовки:

1. Как изменится пищевое поведение животного при повреждении вентро-медиальных ядер гипоталамуса? Латеральных ядер?

2. В чем отличие афферентных проекций специфических и неспецифических ядер таламуса?

3. Перечислите основные симптомы нарушения функций базальных ганглиев.

4. Образование какого медиатора ЦНС нарушено при паркинсонизме?

5. Что такое реакция десинхронизации на ЭЭГ?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, а также материалы настоящего издания (работы 8.3–8.5, дополнительная информация), материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 173–192.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 394–453.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 9.1. ПРОСМОТР УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ



Работа выполняется путём просмотра учебных фильмов в ЭУМК либо в компьютерном классе кафедры.

1. «Проведение стереотаксической операции на крысах *in vivo*» (06:27).
2. «Электрофизиология ЦНС» (13:46).

Работа 9.2. ЭЛЕКТРОЭНЦЕФАЛОГРАФИЯ



Электроэнцефалография — метод регистрации суммарной биоэлектрической активности головного мозга.

Ход работы. Для регистрации ЭЭГ обследуемого усаживают в кресло в экранированной, заземленной камере со световой и звуковой изоляцией. В точках наложения электродов кожу головы протирают смесью спирта с эфиром для обезжиривания. Четыре пары электродов укрепляют на затылочных, теменных, височных и лобных областях симметрично с обеих сторон, на одном ухе крепят нейтральный электрод.

Исследование начинают с записи калибровочного сигнала, после чего регистрируют фоновую электрическую активность различных участков коры больших полушарий.

Обследуемого просят расслабить мышцы и закрыть глаза. Через несколько минут, когда на записи появится отчетливо выраженный альфа-ритм (как правило, с затылочных отведений), испытуемого просят открыть глаза и наблюдают изменения ЭЭГ. Альфа-ритм сменяется бетаритмом при открывании глаз, при внезапном действии звуковых и других раздражителей, а также при счете в уме, при обдумывании ответов на вопросы и т. д.

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните таблицу.
2. На рисунках подсчитайте частоту колебаний волн ЭЭГ в 1 с и их амплитуду, обозначьте ритмы ЭЭГ. Стрелкой отметьте реакцию синхронизации.

ПРОТОКОЛ

1. Фрагменты ЭЭГ.

Частота = ____ Гц } =>
 Амплитуда = ____ мкВ } ____ ритм

Частота = ____ Гц } =>
 Амплитуда = ____ мкВ } ____ ритм

Частота = ____ Гц } =>
 Амплитуда = ____ мкВ } ____ ритм

Частота = ____ Гц } =>
 Амплитуда = ____ мкВ } ____ ритм

2. Характеристика ритмов ЭЭГ

Ритм	Диапазон нормы	
	Частота, Гц	Амплитуда, мкВ
Альфа (α)		
Бета (β)		
Тета (θ)		
Дельта (δ)		

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 10. ФИЗИОЛОГИЯ АВТОНОМНОЙ (ВЕГЕТАТИВНОЙ) НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Основные вопросы:

1. Роль и функции автономной (вегетативной) нервной системы (АНС).
2. Сравнительная характеристика соматической и автономной нервной системы (сенсорные рецепторы, афферентные, вставочные и эфферентные отделы, эффекторные органы). Рефлекторная дуга автономной нервной системы.
3. Сравнительная характеристика строения и нейрохимических механизмов функционирования симпатического и парасимпатического отделов АНС, а также их влияние на эффекторные органы. Синергизм и относительный антагонизм симпатического и парасимпатического отделов. Центры АНС, их тонус. Автономные рефлексы.
4. Понятие о метасимпатическом отделе АНС.
5. Объективные и субъективные показатели функционального состояния различных отделов АНС.
6. Понятие о принципах коррекции вегетативных функций посредством воздействия на медиаторно-рецепторные механизмы.

Вопросы для самоподготовки:

1. От чего зависит характер реакции различных эффекторных клеток на действие одного и того же нейромедиатора?
2. Опишите особенности иннервации мозгового вещества надпочечников.
3. Опишите особенности иннервации нейронами АНС потовых желез.
4. Каким образом симпатический отдел АНС регулирует тонус сосудов?
5. Какое действие оказывает симпатические нервы на: диаметр зрачка; работу сердца; тонус бронхов; секрецию желудочного сока; тонус сфинктеров и моторику ЖКТ; сосуды кожи; сосуды скелетных мышц; жировую ткань; потовые железы; активность ЦНС?
6. Какие изменения функций организма вызывает антагонист мускариновых рецепторов атропин?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего издания, материалы электронного атласа и ЭУМК.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 192–202.

Дополнительная

1. Кубарко, А. И. Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 209–245

2. Физиология человека / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. Москва : Медицина, 2003. 655 с. С. 171–198.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 10.1. СХЕМА ВЕГЕТАТИВНОГО (СИМПАТИЧЕСКОГО) И СОМАТИЧЕСКОГО (МИОТАТИЧЕСКОГО ИЛИ КОЖНОГО) РЕФЛЕКСОВ, ЗАМЫКАЮЩИХСЯ НА УРОВНЕ СПИННОГО МОЗГА

Ход работы. Работа выполняется студентом самостоятельно при подготовке к занятию и проверяется во время занятия.

Указания к оформлению протокола:

1. Сделайте соответствующие рисунки и укажите на них цифрами звенья рефлекторных дуг.
2. В текст после рисунка внесите необходимые дополнения.

ПРОТОКОЛ	
Схема соматического рефлекса	Схема автономного рефлекса (симпатического)
	
<i>Рис. 10.1</i>	
Звенья рефлекторной дуги соматического рефлекса:	Звенья рефлекторной дуги вегетативного (симпатического) рефлекса:
1. Рецепторное звено представлено следующими рецепторами: _____	1. Рецепторное звено представлено, главным образом, _____ рецепторами.
2. Аfferентное звено представлено _____, которые находятся в _____	2. Аfferентное звено представлено _____, которые находятся в _____
3. Вставочное звено (может отсутствовать)	3. Вставочное звено. _____
4. Эfferентное звено представлено _____ или _____ мотонейронами, которые находятся _____	4. Эfferентное звено представлено нейронами, которые находятся в _____ спинного мозга и в _____ за пределами ЦНС

5. Исполнительное звено (рабочие органы). Ими являются _____ и _____ мышечные волокна скелетных мышц	5. Исполнительное звено (рабочие органы). Ими являются _____ мышечные клетки; кардиомиоциты; железистые клетки и др.
6. Скорость передачи сигнала (потенциала действия (ПД)) составляет от ___ м/с до ___ м/с в эфферентных волокнах, так как они имеют _____ оболочку и относятся к типу _____	6. Скорость передачи сигнала (ПД) составляет от ___ м/с до ___ м/с в эфферентных постганглионарных волокнах, ибо они не имеют _____ оболочки и относятся к типу _____
7. Нейромедиатором в нервно-мышечном синапсе является _____, который действует на _____ тип _____ рецепторов.	7. Главным нейромедиатором в нейроэффекторном образовании является _____, который действует на _____ и _____ типы _____ рецепторов

Работа 10.2. СРАВНИТЕЛЬНАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА ЭФФЕРЕНТНОЙ ЧАСТИ СОМАТИЧЕСКИХ И АВТОНОМНЫХ РЕФЛЕКСОВ (САМОСТОЯТЕЛЬНО)

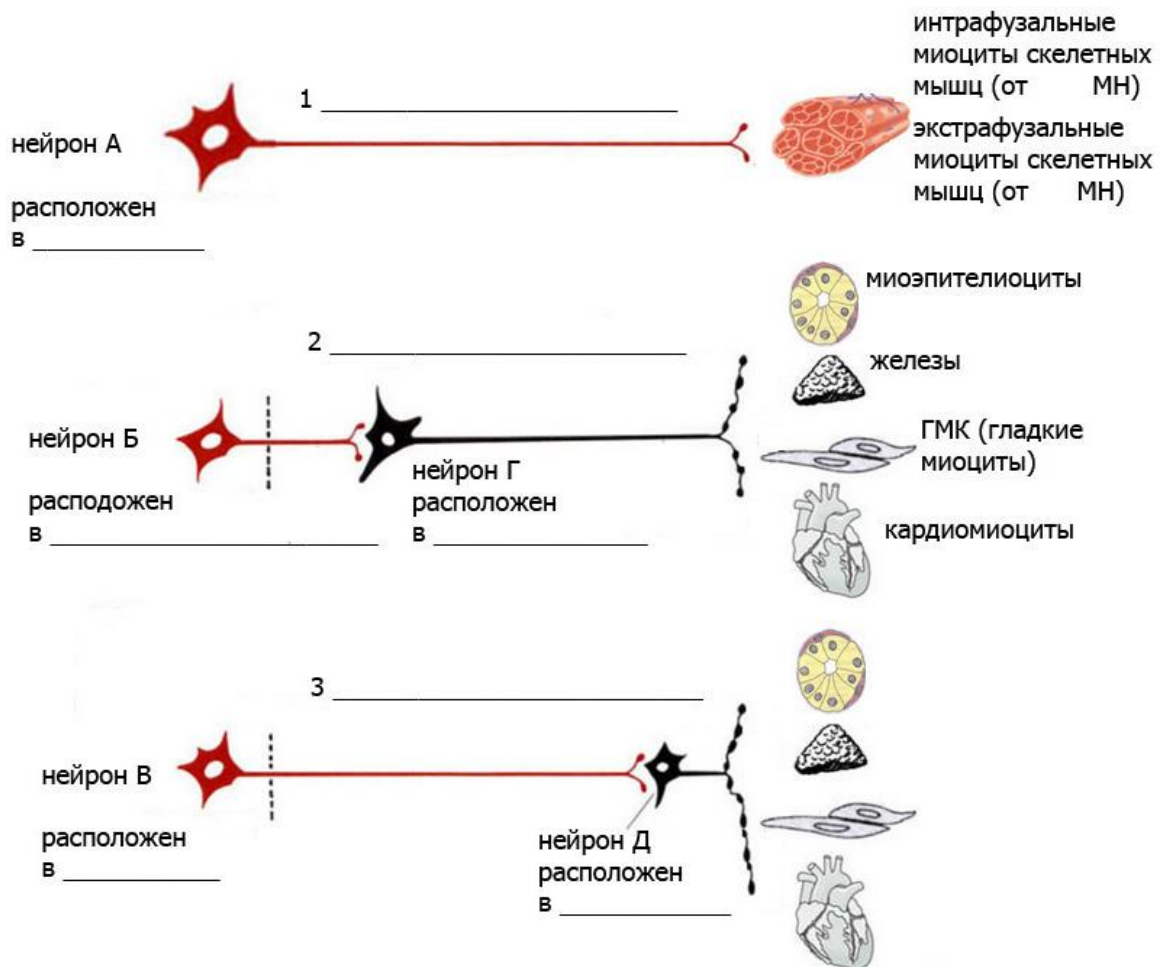


Рис. 10.2

Указания к оформлению протокола:

1. Укажите название рефлексов (под цифрами 1, 2, 3), к которым относится эфферентная часть, показанная на рис. 10.2.
2. Укажите место расположения нейронов А, Б, В, и нейронов Г, Д.

ПРОТОКОЛ		
Сравнение эфферентных частей соматического и вегетативного рефлексов и их органов-мишеней		
Показатель	Соматический рефлекс	Автономный рефлекс
Эфферентный нейрон находится		
Орган-мишень (мышцы)		
Число нейронов в эфферентном пути		
Нейромедиатор в нейроэффекторном синапсе (соединении)		
Рецепторы к данному нейромедиатору в клетке-мишени		
Ответ клетки-мишени (ПКП, возбуждение, ТПСР, ВПСР, торможение)		

Работа 10.3. КЛИНОСТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

Позволяет определить функциональное состояние парасимпатических и симпатических центров, регулирующих работу сердца. При переходе человека из положения стоя в положение лежа частота сердечных сокращений уменьшается, что проявляется в норме замедлением пульса на 4–6 уд/мин. Замедление пульса более чем на 6 уд/мин указывает на повышение тонуса парасимпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца. Отсутствие реакции или парадоксальный ее характер — ускорение пульса — указывает на преобладание тонуса симпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца.

Материалы и оборудование: кушетка, секундомер.

Ход работы. У испытуемого в положении стоя несколько раз определяют пульс. После стабилизации пульса ему предлагают лечь. Через 10–25 с еще раз подсчитывают пульс.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите частоту пульса (ЧП) в положении стоя и в положении лежа. Подсчитайте разность пульса.
2. Сделайте заключение о тонусе симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца у испытуемого.

ПРОТОКОЛ		
Частота пульса, уд/мин		
в положении стоя	в положении лёжа	разность пульса [ЧП лёжа–ЧП стоя]
Вывод: _____		

Работа 10.4. ОРТОСТАТИЧЕСКИЙ РЕФЛЕКС

Позволяет определить функциональное состояние симпатических и парасимпатических центров, регулирующих работу сердца. При переходе человека из положения лежа в положение стоя частота сердечных сокращений увеличивается, что проявляется в норме учащением пульса на 6–24 уд/мин. Учащение пульса более чем на 24 уд/мин свидетельствует о преобладании тонуса симпатического отдела АНС, менее чем на 6 уд/мин — парасимпатического отдела АНС.

Материалы и оборудование: кушетка, секундомер.

Ход работы. У испытуемого в положении лежа определяют пульс (до начала подсчета пульса человек спокойно лежит 4–6 мин). Затем его просят встать и через 15–25 с считают пульс повторно.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите частоту пульса (ЧП) в положении лежа и в положении стоя. Подсчитайте разность пульса.
2. Сделайте заключение о тонусе симпатического и парасимпатического отделов АНС, регулирующих работу сердца у испытуемого.

ПРОТОКОЛ		
Частота пульса, уд/мин		
в положении лёжа	в положении стоя	разность пульса [ЧП стоя–ЧП лёжа]
Вывод: _____		

Работа 10.5. ДЫХАТЕЛЬНО-СЕРДЕЧНЫЙ РЕФЛЕКС ГЕРИНГА

Позволяет определить функциональное состояние (тонус) парасимпатического центра, регулирующего работу сердца. При задержке дыхания после глубокого вдоха повышается тонус ядер вагуса и частота сердечных сокращений уменьшается, что проявляется в норме замедлением пульса на 4–6 уд/мин. Замедление пульса на 8–10 уд/мин и более указывает на повышение тонуса парасимпатического отдела АНС, менее 4 уд/мин — на понижение тонуса парасимпатического отдела АНС.

Материалы и оборудование: секундомер.

Ход работы. У испытуемого, находящегося в положении сидя, определяют пульс, затем просят его сделать глубокий вдох и задержать дыхание. В это время еще раз подсчитывают пульс.

Указания к оформлению протокола:

1. Запишите частоту пульса (ЧП) до начала задержки дыхания и во время задержки дыхания на вдохе. Подсчитайте разность пульса.

2. Сделайте заключение о тоне парасимпатического отдела АНС, регулирующего работу сердца, у испытуемого.

ПРОТОКОЛ		
Частота пульса, уд/мин		
до задержки дыхания (ЗД)	после задержки дыхания (ЗД)	разность пульса [ЧП после ЗД–ЧП до ЗД]

Вывод: _____

Работа 10.6. АНАЛИЗ НЕЙРОМЕДИАТОРНЫХ МЕХАНИЗМОВ ВЛИЯНИЯ СИМПАТИЧЕСКОГО И ПАРАСИМПАТИЧЕСКОГО ОТДЕЛОВ АНС НА РАБОТУ СЕРДЦА (демонстрационная компьютерная работа)

Ход работы. Запустите программу «**Physiol2**». В разделе **Help** → **Preparation** показана схема проведения эксперимента на виртуальной крысе. Через команду **Drugs** выбирают вещества, которые вводятся виртуальной крысе (правая клавиша мыши → выбирают требуемую дозировку → **Inject Drug**). Для стимуляции симпатических/парасимпатических нервов нажимают **Stimulate**, далее из открывшегося меню выбирают требуемые нервы. Виртуальный эксперимент проводится согласно таблице в протоколе работы. Фиксацию результатов экспериментального воздействия (веществ/стимуляции нервов) следует производить при достижении его максимального эффекта — на пике изменений АД и ЧСС (по графикам) ставят программу на паузу (нажимают клавишу **Pause break** на клавиатуре) и делают записи в протокол; для возобновления виртуального эксперимента достаточно нажать пробел либо Enter. Между независимыми воздействиями (то есть между строками таблицы в протоколе) каждый раз следует брать новую крысу (жмем **New rat** в основном меню программы), для возвращения всех показателей к исходным.

Указания к оформлению протокола:

1. Изучите состояние показателей работы сердца в исходном состоянии, при стимуляции симпатических и парасимпатических нервов, иннервирующих сердце, в том числе на фоне применения разных видов адрено-

и холиноблокаторов, а также при введении норадреналина и ацетилхолина, указав во всех случаях частоту сердечных сокращений (ЧСС, в программе обозначена как HR) за 1 мин и артериальное давление (АД, в программе обозначено как ВР) крови: систолическое АД_с (ВР_{sys}), диастолическое АД_д (ВР_{dia}) и среднее гемодинамическое АД_{срд} (ВР_{mea}) — в мм рт. ст.

2. Сделайте заключение о характере влияния на силу и частоту сокращения сердца со стороны симпатического и парасимпатического отделов АНС, а также о нейромедиаторных механизмах реализации этих влияний.

ПРОТОКОЛ				
Воздействия на сердце	АД_с	АД_{срд}	АД_д	ЧСС
Исходные показатели				
Стимуляция Symp. Nerves to heart T ₁				
Введение noradrenaline, 5 µg/kg				
Phentolamine ^(α-адреноблокатор) , 100 mg/kg				
Phentolamine ^(α-адреноблокатор) , 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T ₁				
Propranolol ^(β-адреноблокатор) , 100 mg/kg				
Propranolol ^(β-адреноблокатор) , 100 mg/kg + стимуляция Symp. Nerves to heart T ₁				
Стимуляция Vagus Nerve to heart				
Введение acetylcholine, 5 µg/kg				
Atropine ^(M-холиноблокатор) , 10.0 mg/kg				
Atropine ^(M-холиноблокатор) , 10.0 mg/kg + стимуляция Vagus Nerve to heart				

Вывод. Стимуляция симпатического нервов сердца и введение норадреналина _____ (увеличивает или уменьшает) частоту и силу сердечных сокращений. Нейромедиатором симпатических нервов в сердце является _____. Его действие реализуется в сердце через активацию ____ типа _____ рецепторов.

Стимуляция парасимпатических нервов (волокон вагуса) сердца и/или введение ацетилхолина _____ (увеличивает или уменьшает) частоту и силу сокращения. Нейромедиатор вагуса в сердце: _____. Его действие на сердце реализуется через активацию _____ типа _____ рецепторов.

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ «ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ»

«		»	_____	_____	_____
число			месяц		год

ЗАНЯТИЕ 11. ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ. ХИМИЧЕСКАЯ СИГНАЛИЗАЦИЯ

Основные вопросы:

1. Понятие об эндокринной системе. Роль эндокринной системы в регуляции физиологических функций.
2. Химическая сигнализация. Понятие об аутокринии, паракринии, эндокринии и нейроэндокринии.
3. Гормоны, их химическая и функциональная классификации, механизмы действия. Вторичные посредники.
4. Методы оценки состояния функций эндокринной системы у человека.
5. Гипофиз, его связи с гипоталамусом. Гормоны гипофиза и гипоталамуса, их роль в регуляции деятельности эндокринных и неэндокринных органов.
6. Понятие об эндокринной функции эпифиза (мелатонин).
7. Половые железы. Мужские и женские половые гормоны и их физиологическая роль.

Вопросы для самоподготовки:

1. С какими рецепторами связываются липофильные лиганды, и с какими — гидрофильные лиганды?
2. Какие вещества являются классическими вторичными посредниками? Какие вещества выполняют роль первичных посредников?
3. Какую функцию выполняет вторичный посредник инозитолтрифосфат (ИФ₃)?
4. В чем заключается метаболический эффект гормонов? Назовите основные анаболические гормоны.
5. В чем заключается перmissивный эффект гормонов?
6. Какими способами можно оценить состояние функций эндокринной железы?
7. Каковы механизмы обратной связи для регуляции секреции гормонов гипофиза и гипоталамуса?
8. Как проявляется избыток в организме ТТГ?
9. Что является стимулами для секреции вазопрессина (АДГ)?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа и ЭУМК.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 84–92; С. 102–105.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 246–285.
2. *Молекулярная эндокринология. Фундаментальные исследования и их отражение в клинике* : пер. с англ. / под ред. Б. Д. Вайнтрауба, Ю. А. Панкова. Москва : Медицина, 2003. 494 с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 11.1. ОЦЕНКА РОСТА ЧЕЛОВЕКА

Рост человека — одна из основных характеристик его физического развития. Линейный рост — процесс неравномерный. Максимальная скорость роста отмечается у новорожденных и детей 1-го года жизни, составляя в среднем 16–19 см в год. Затем скорость роста значительно понижается до 5–6 см/год у детей дошкольного и начального школьного возраста. С 9 до 14 лет у девочек и с 11 до 16 лет у мальчиков отмечается некоторое увеличение скорости роста до 7–8 см/год и 7–10 см/год соответственно. Затем скорость роста человека существенно понижается. К 16 годам у девушек и к 18 годам у юношей рост тела в длину практически завершается и не превышает в норме 1 см/год. Полное окостенение наступает к 20–23 годам в женском организме и к 21–25 годам в мужском. Рост взрослого человека в пределах 130–200 см у мужчин и 120–190 см у женщин рассматривается как нормальный. Мужчины ростом менее 130 см и женщины менее 120 см называются карликами. Люди-гиганты имеют рост более 190 см женщины и более 200 см мужчины.

Соматотропин (СТГ — соматотропный гормон, ГР — гормон роста) — основной гормон, стимулирующий линейный рост тела. СТГ способствует росту костей в длину, росту и дифференцированию внутренних органов, развитию мышечной ткани. Основные эффекты СТГ на уровне костной ткани состоят в стимуляции роста хряща, синтеза белка, индуцировании митоза клеток. Ростостимулирующие эффекты СТГ опосредуются инсулиноподобными факторами роста (ИФР-I, ИФР-II), иначе называемыми соматомединами, которые под влиянием ГР синтезируются, главным образом, в печени и почках. Линейный рост человека завершается с закрытием зон роста костей под влиянием половых гормонов.

Наиболее простой и доступный метод исследования соматотропной функции — антропометрический, а именно, оценка роста человека по сравнению с его прогнозируемым ростом, рассчитанным на основании среднего роста его родителей. Для определения границ конечного роста используется следующая формула:

$\begin{aligned} & \text{Прогнозируемый конечный рост } \text{♂} = \\ & = (\text{рост отца} + \text{рост матери} + 13 \text{ см}) : 2 + 4,5 \text{ см} \\ & \text{Прогнозируемый конечный рост } \text{♀} = \\ & = (\text{рост отца} + \text{рост матери} - 13 \text{ см}) : 2 + 4,5 \text{ см} \end{aligned}$
--

Измеренный рост взрослого человека должен совпадать с прогнозируемым ростом или отклоняться от расчетной величины роста не более чем на 2 СО (стандартных отклонения), а именно, $\pm 2,6$ см к расчетной величине роста. Отклонения измеренного роста более чем на 2 СО от расчетной величины роста указывает на патологически низкий или высокий рост человека. В данном случае для выяснения причины нарушения роста необходимо проводить все вышеперечисленные исследования соматотропной функции гипофиза, а также изучение состояния других желез (прежде всего, половых и щитовидной).

Материалы и оборудование: деревянный ростомер или металлический стадиометр. Для проведения работы необходимо знание роста родителей.

Ход работы. Испытуемый должен стоять без обуви (в тонких носках) в правильной позиции: руки по швам; пятки вместе; пятки, ягодицы и лопатки прижаты к доске ростомера. Голова располагается в позиции «плоскости Франкфурта», т. е. нижний край глаза и наружный слуховой проход должны находиться на одной горизонтальной линии. Измерения проводят на выдохе. Планку ростомера опускают на голову измеряемого, не очень надавливая, но в то же время учитывая развитие волосяного покрова. Измерения проводят с точностью до 0,5 см.

Расчет прогнозируемого роста измеряемого человека проводят по вышеуказанной формуле в зависимости от его пола с учетом роста родителей испытуемого. Оценку полученного результата проводят путем сопоставления измеренного роста человека с его рассчитанным прогнозируемым ростом. Отклонение измеренной величины роста рассматривается как нормальное, если оно находится в пределах 2 СО от расчетной величины роста.

Указания к оформлению протокола:

1. Проведите измерение роста у испытуемого с помощью ростомера.
2. Проведите расчет прогнозируемого роста испытуемого.
3. Оцените результат измерения, сравнив его с прогнозируемым ростом человека.

ПРОТОКОЛ

1. Рост испытуемого равен _____ см. Пол испытуемого _____.
2. Рост родителей испытуемого: матери _____ см; отца _____ см.
Расчет прогнозируемого роста испытуемого (ПРИ):
$$\text{ПРИ} = (\text{рост отца} + \text{рост матери} \pm 13 \text{ см}) : 2 + 4,5 \text{ см} = \text{_____} \pm 2,6 \text{ см} =$$

от _____ до _____ см.
3. **Вывод.** Рост испытуемого _____ (в норме, выше или ниже нормы; патологически высокий или патологически низкий).

Работа 11.2. ВЛИЯНИЕ ЖЕНСКИХ ПОЛОВЫХ ГОРМОНОВ НА МИНЕРАЛИЗАЦИЮ КОСТНОЙ ТКАНИ



Костная ткань формируется и резорбируется постоянно. В норме процессы формирования кости и ее резорбции уравниваются друг друга. Активность остеобластов и остеокластов регулируется паратиреоидным гормоном, кальцитонином, эстрогенами, витамином Д, цитокинами, другими местными факторами (например, простагландинами).

Костная масса у мужчин и женщин достигает пикового показателя примерно к 30 годам (у мужчин она больше, чем у женщин; у представителей негроидной расы — больше, чем у представителей европеоидной и монголоидной рас). После достижения пика на протяжении приблизительно 10 лет костная масса остается постоянной, в это время процессы резорбции костной ткани приблизительно равны её образованию. Затем она начинает уменьшаться со скоростью приблизительно 0,3–0,5% в год. С началом менопаузы у женщин потеря костной ткани ускоряется и достигает примерно 3–5% в год в течение приблизительно 5–7 лет, затем скорость потери массы костной ткани постепенно снижается.

С началом менопаузы яичники прекращают выработку гормонов, включая эстрогены, что является одной из важных причин снижения плотности костной ткани и остеопороза у женщин. В тяжёлых случаях это может приводить даже к переломам в быту. Описаны случаи переломов шейки бедра у пожилых женщин при повороте с одного бока на другой на кровати или переломов лучевой кости при попытке поднять сковороду. Для предотвращения таких последствий в терапии климактерического синдрома применяют заместительную гормональную терапию. Одним из гормонов, способных повысить плотность костной ткани у женщин, является **эстроген**. Эстроген подавляет активность остеокластов, позволяя сохранить структуру костного матрикса. Схожим влиянием на кость обладает **кальцитонин**, стимулирующий минерализацию костной ткани.

Влияние эстрогена на организм женщины многообразно, однако в этой работе мы рассмотрим его эффективность в сохранении массы костной ткани и защите от **остеопороза**.

Для оценки плотности костной ткани используют двухэнергетическую рентгеновскую абсорбциометрию (ДЭРА, или костная денситометрия) (рис. 11.1).

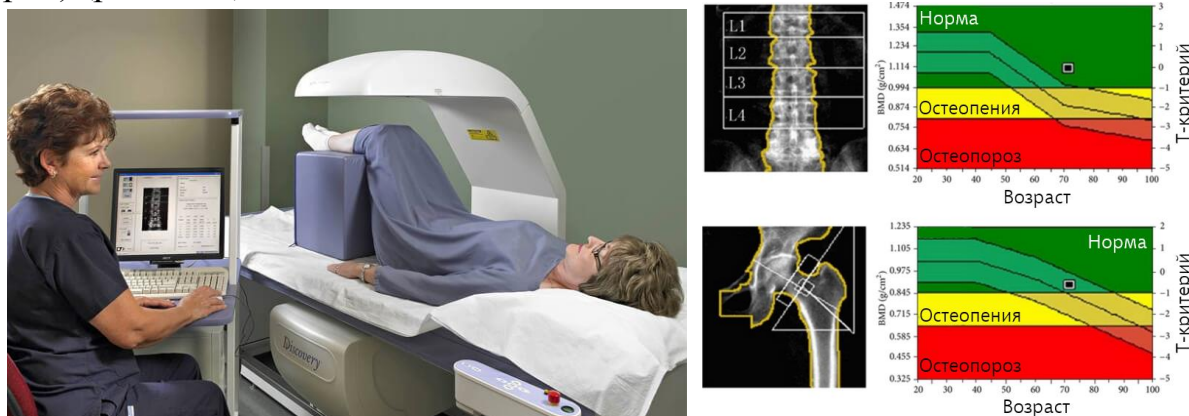


Рис. 11.1. Костная денситометрия (слева — методика проведения, справа — оценка)

Для оценки состояния костной ткани будет использован количественный показатель минерализации кости — **Т-критерий**. Этот критерий соответствует числу стандартных отклонений, на которые плотность кости отличается от её пикового значения у молодых здоровых людей того же пола и этнической принадлежности. ВОЗ установлены предельные значения Т-критерия, которые определяют остеопению и остеопороз (табл. 11.1).

Таблица 11.1

ОЦЕНКА Т-КРИТЕРИЯ	
НОРМА	от +1 до -0,9
ОСТЕОПЕНИЯ	от -1 до -2,49
ОСТЕОПОРОЗ	-2,5 и ниже

В данной работе используются компьютерные модели трёх крыс с удаленными яичниками. Исходный **Т-критерий** каждой крысы составляет $-2,61$, что свидетельствует об остеопорозе.

В ходе работы исследуется влияние растворов эстрогена, кальцитонина и для сравнения — физраствора, на плотность костной ткани под денситометрическим контролем.

Ход работы:

1. Откройте программу «**PhysioEx**» на рабочем столе.
2. Нажмите на гиперссылку «**Access PhysioEx 9.0**».

3. Нажмите на «**Exercise 4: Endocrine System Physiology**». В открывшемся списке выберите «**Activity 3: Hormone Replacement Therapy**». В открывшемся списке выберите вкладку «**Experiment**».

4. Перед вами симулятор лаборатории. Зажмите шприц левой кнопкой мыши (ЛКМ) и перетащите его на флакон с физраствором (**Saline**). После того как в шприц наберется раствор, зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на крысу № 1 (подписанную «**Control**»). Физраствор будет введён интрабрюшинно. Под крысой отобразится количество инъекций — «1». Очистите шприц, нажав кнопку «**Clean**».

5. Зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на флакон с раствором эстрогена («**Estrogen**»). После того, как в шприц наберётся раствор, зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на крысу, подписанную «**Estrogen treated**». Очистите шприц, нажав кнопку «**Clean**».

6. Зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на флакон с раствором кальцитонина («**Calcitonin**»). После того, как в шприц наберется раствор, зажмите шприц ЛКМ и перетащите его на крысу, подписанную «**Calcitonin treated**». Очистите шприц, нажав кнопку «**Clean**».

7. Нажмите на часы в верхней части экрана. Часы прокрутят один день. Новая доза раствора будет вводиться автоматически. Нажимайте на часы до тех пор, пока количество истекших дней эксперимента («**Elapsed days**») не будет равно 7. Многократное нажатие на часы никак не ускоряет работу программы, проявите терпение!

По истечении 7 дней эксперимента вам будет предложено пройти тест, в котором вы должны сделать предположение о том, какие изменения произойдут с костной тканью крыс в ответ на введение растворов. В таблице представлен перевод этого теста. Сделайте предположение, отметив правильные, на ваш взгляд, варианты ответа галочкой.

Вопрос 1	Вопрос 2	Вопрос 3
После введения физраствора плотность костной ткани:	После введения раствора эстрогена плотность костной ткани:	После введения раствора кальцитонина плотность костной ткани:
<input type="checkbox"/> а) увеличится;	<input type="checkbox"/> а) увеличится;	<input type="checkbox"/> а) увеличится;
<input type="checkbox"/> б) уменьшится;	<input type="checkbox"/> б) уменьшится;	<input type="checkbox"/> б) уменьшится;
<input type="checkbox"/> с) не изменится.	<input type="checkbox"/> с) не изменится.	<input type="checkbox"/> с) не изменится.

На компьютере отметьте тот же вариант ответа (по букве), что и в практикуме, и нажмите кнопку «**Submit**».

1. По завершении теста проведите измерение Т-критерия для тестируемых крыс. Для этого нажмите «**Anesthesia**» в левом верхнем углу картинки с крысой «**Control**». Зажав ЛКМ картинку с крысой, перетащите её на стол рентгеновского денситометра («**Exam-table**»). Нажмите клавишу «**Scan**» (внизу слева), затем нажмите клавишу «**Record Data**» справа. По-

вторите операцию для крыс, получавших заместительную гормональную терапию эстрогеном и кальцитонином.

2. В таблице в нижней части экрана вы можете найти T-критерий («T-score») для тестируемых крыс.

Указания к оформлению протокола. Используя полученные данные, заполните таблицу и: 1) сделайте вывод о влиянии исследуемых гормонов на плотность костной ткани, 2) сравните их эффективность у крыс с удалёнными яичниками.

ПРОТОКОЛ	
Раствор	T-критерий
Исходно	-2,61
0,9% NaCl (контроль)	
Эстроген	
Кальцитонин	

Выводы: 1) _____

 2) _____

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 12. ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ. ЗАНЯТИЕ № 2

Основные вопросы:

1. Тиреоидные гормоны, их образование, биологические эффекты, а также симптомы гипо-и гиперпродукции.
2. Механизмы регуляции уровня кальция в крови кальцитонином, кальцитриолом и паратгормоном.
3. Эндокринная функция поджелудочной железы и роль ее гормонов в регуляции углеводного, жирового и белкового обмена.
4. Строение надпочечников. Минералокортикоиды, регуляция их выделения и основные эффекты.
5. Понятие об эндокринной функции сердца (атриопептиды), почек (кальцитриол, эритропоэтин и др.), тимуса, печени (соматомедин С, тромбопоэтин и 1,25(ОН)-витамин D₃).
6. Понятие о физиологических подходах к использованию гормонов для коррекции функций организма.

Вопросы для самоподготовки:

1. Какова функция глюкагона, и в каких ситуациях он вырабатывается?
2. Какие причины вызывают зоб?
3. В чем главные отличия эффектов альдостерона и вазопрессина?
4. Назовите два главных биологических эффекта тиреоидных гормонов.
5. Что общего у несахарного и сахарного диабетов? Объясните причины.
6. Какие ткани являются инсулиннезависимыми? Почему?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы электронного атласа и ЭУМК.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 15–35, 92–121.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 285–327.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

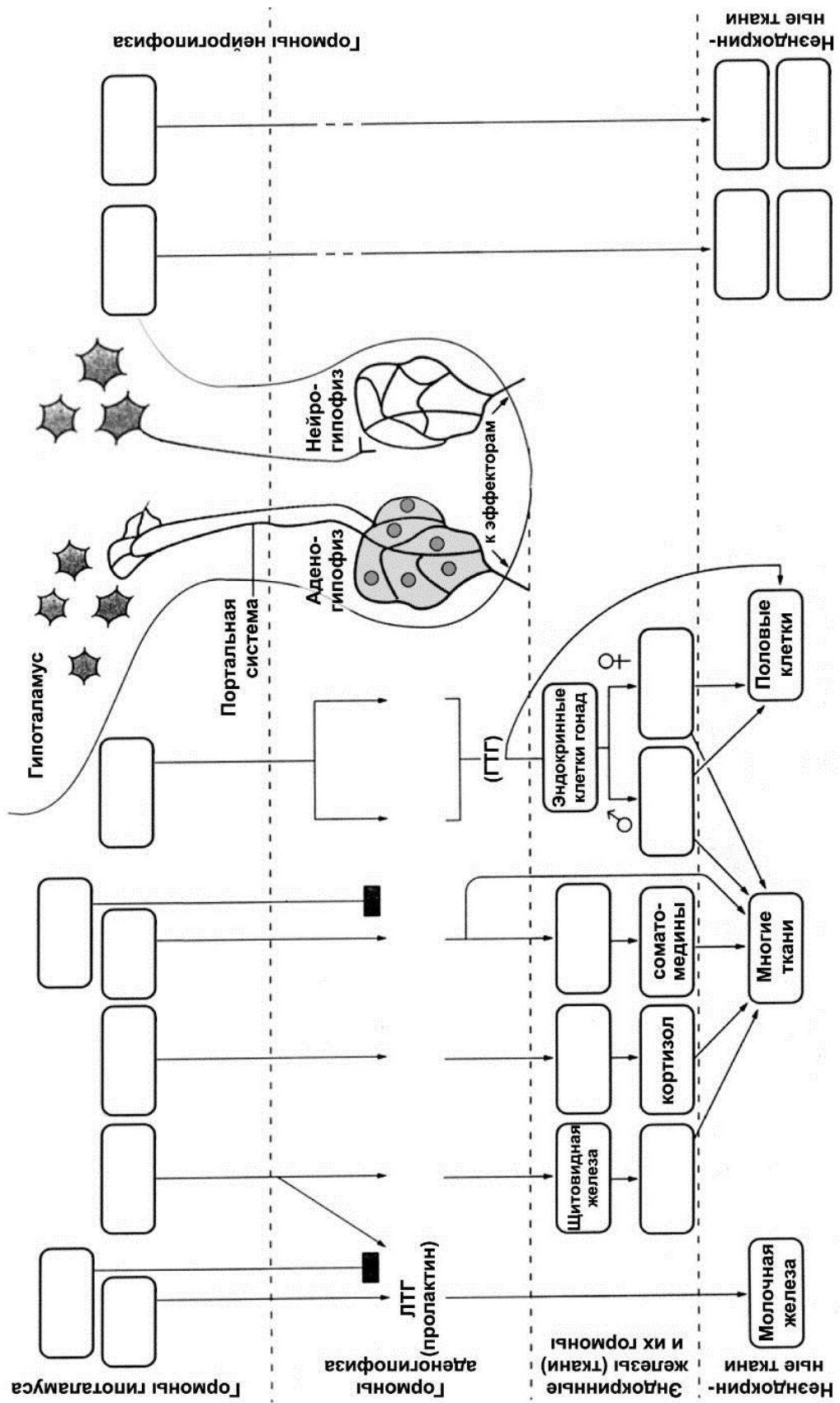


Рис. 12.1

Работа 12.1. ИЗУЧЕНИЕ ОБЩЕГО ПЛАНА СТРОЕНИЯ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ ВЗРОСЛОГО ЧЕЛОВЕКА (выполняется дома самостоятельно)

Используя материалы лекций, учебника, ЭУМК, заполните пропуски в схеме взаимодействия «гипоталамус – гипофиз – периферическая железа или эффекторный орган» (рис. 12.1).

Работа 12.2. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ГЛИКЕМИИ И СОСТОЯНИЯ ЭНДОКРИННОЙ ФУНКЦИИ ПОДЖЕЛУДОЧНОЙ ЖЕЛЕЗЫ (демонстрация)

Работа выполняется как демонстрационная путем анализа представленных данных.

Уровень гликемии является одновременно очень важным и достаточно лабильным показателем быстрого энергетического резерва организма, его здоровья или болезни — прежде всего, сахарного диабета (СД). Это обусловлено ведущей ролью углеводов (глюкозы) в энергетическом обеспечении жизнедеятельности организма. Её вклад колеблется от 50 до 60 % и особенно значим для питания эритроцитов (единственный источник энергии), а также клеток нервной ткани и мозгового вещества почек. Источниками глюкозы крови являются углеводы, всасывающиеся в кишечнике, реабсорбирующаяся или вновь синтезируемая глюкоза в почках, а также печень, в которой идут процессы как гликогенолиза, так и глюконеогенеза. Таким образом, относительно постоянная концентрация глюкозы в плазме крови обеспечивается тонким балансом механизмов доставки и утилизации глюкозы, концентрация которой в плазме крови выступает одновременно как регулируемым параметром со стороны эндокринной и нервной систем, так и регулирующим фактором функциональной и секреторной активности этих же систем.

Современные критерии нормогликемии натощак, принятые в эндокринологии, составляют для цельной венозной и капиллярной крови **3,3–5,5 ммоль/л** (60–100 мг/дл); гипогликемии — менее 3,3 ммоль/л; а гипергликемии — 5,6 ммоль/л и более.

В то же время имеются данные, что уровень гликемии натощак уже выше 4,45 ммоль/л вызывает усиленную секрецию инсулина, а более 5,1 ммоль/л может рассматриваться как предиктор СД.

Концентрация глюкозы крови в пределах 3,3–3,9 ммоль/л предполагает возможность стимуляции синтеза целого ряда контринсулярных гормонов (глюкагона, адреналина, кортизола, гормона роста) и даже появления признаков гипогликемии (табл. 12.1).

Содержание глюкозы (ммоль/л) в цельной капиллярной крови натощак

Гипогликемия	Уровни нормогликемии (3,3–5,5):				Гипергликемия
	низкий	оптимальный	повышенный	высокий	
< 3,3	3,31–3,84	3,85–4,44	4,45–5,10	5,11–5,59	> 5,6

При *низком* уровне нормогликемии в покое натощак происходит активация секреции не только глюкагона, но и гормонов стресса — адреналина и кортизола. При данном уровне глюкозы в крови существенно повышается число ошибочных действий и снижается эффективность умственной деятельности.

Оптимальный уровень характеризуется минимальным выделением (на базальном уровне) основных гормонов, регулирующих обмен глюкозы, и адекватным энергообеспечением клеток. Риск развития СД или гипогликемии минимален.

При *повышенном* уровне нормогликемии отмечается усиление панкреатической секреции инсулина. Физиологические и клинические показатели остаются оптимальными.

Высокий уровень нормогликемии (более 5,1 ммоль/л) формируется в результате избыточного поступления (образования) глюкозы и/или недостаточной её утилизации тканями, и характеризуется повышением риска развития СД у лиц старше 30 лет.

К гипергликемическим нарушениям углеводного обмена относят:

1. Сахарный диабет (СД).
2. Нарушение толерантности к глюкозе (НТГ).
3. Нарушенная гликемия натощак (НГН).

Для их диагностики (и, соответственно, оценки функции инсулина) определяют содержание глюкозы в цельной капиллярной или венозной крови (или в плазме крови) натощак и через 30, 60, 90 и 120 мин после приёма внутрь 75 г глюкозы — **пероральный тест на толерантность к глюкозе (ПТТГ)** (табл. 12.2).

В рутинной практике, как правило, ограничиваются измерением уровня гликемии натощак и через 120 мин после приёма глюкозы. Однако выполнение **полного анализа сахарной кривой** с расчётом гликемических коэффициентов позволяет выполнять более раннюю и полную диагностику нарушения толерантности к глюкозе (НТГ).

Диагностические критерии гипергликемических нарушений углеводного обмена у взрослых по результатам выполнения перорального теста на толерантность к глюкозе

Состояние	Концентрация глюкозы в цельной капиллярной крови, ммоль/л (мг/дл)		
	натощак	через 30, 60, 90 мин после приема 75 г глюкозы	через 120 мин после приема 75 г глюкозы
Норма	< 5,6 (<100)	< 11,1 во всех пробах (< 200)	< 7,8 (< 140)
НГН	$\geq 5,6 - < 6,1$ ($\geq 100 - < 110$)	< 11,1 во всех пробах (< 200)	< 7,8 (< 140)
НТГ	< 6,1 (< 110)	$\geq 11,1$ хотя бы в одной из проб (≥ 200)	$\geq 7,8 - < 11,1$ ($\geq 140 - < 200$)
СД	$\geq 6,1$ (≥ 110)	$\geq 11,1$ хотя бы в одной из проб (≥ 200)	$\geq 11,1$ (≥ 200)

Материалы и оборудование.

Одноразовые медицинские перчатки, СГО, антисептик, раствор перекиси водорода 3 %; стерильные скарификаторы (ланцеты) одноразовые 5 шт., ватные шарики (спиртсодержащие салфетки) 5 шт., пинцет; система контроля уровня глюкозы (глюкометр) с тест-полосками (5 шт.) и ланцетным устройством, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором; 200–300 мл водного раствора 75 г глюкозы (добавление к раствору сока лимона для улучшения переносимости не влияет на репрезентативность результатов теста).

Ход работы. Для правильного выполнения ПТТГ инструктируют обследуемого: накануне теста ведётся обычный образ жизни, следует отказаться от повышенных физических нагрузок, исключить употребление алкоголя и курение, а также приём препаратов, способствующих повышению концентрации глюкозы в крови (кофеин, адреналин, глюкокортикоиды и пр.). В течение 20–30 мин перед началом исследования обследуемый должен находиться в состоянии психоэмоционального покоя при постоянной температуре окружающей среды. Период голода — 8–14 часов.

Глюкометр включают и подготавливают к работе в соответствии с инструкцией производителя. Крышку флакона с тест-полосками закрывают немедленно после извлечения полоски.

Подготавливают ланцетное устройство: снимают его наконечник, внутрь помещают ланцет (скарификатор) таким образом, чтобы защитный колпачок ланцета остался снаружи. С ланцета скручивают и снимают, не выбрасывая, защитный колпачок. Аккуратно (не прикасаясь к копыю ланцета) закрывают ланцетное устройство и, вращая верхушку колпачка,

выставляют не нём глубину прокола (устанавливается индивидуально в зависимости от толщины и состояния кожи пальца пациента). Удерживая устройство одной рукой, другой до щелчка оттягивают и отпускают поршень на конце ланцетного устройства, взводя механизм. Для прокола, ланцет прижимают к коже пальца и нажимают на боковую кнопку для спуска.

На тест-полоску глюкометра непосредственно из пальца помещают каплю крови так, чтобы тест-окошко полностью заполнилось кровью. Через несколько секунд глюкометр отобразит концентрацию глюкозы в цельной капиллярной крови натошак. После этого обследуемый в течение 5–7 мин выпивает 200–300 мл водного раствора 75 г глюкозы. Отмечается время начала теста. Повторные измерения концентрации глюкозы в капиллярной крови проводят через 30, 60, 90 и 120 мин. Результаты записывают в протокол.

После завершения работы использованные тест-полоски поместите в ёмкость с дезраствором, прибор и ланцетное устройство протрите спиртовой салфеткой (дезраствором). Устройство для определения глубины прокола возвратите в исходное положение.

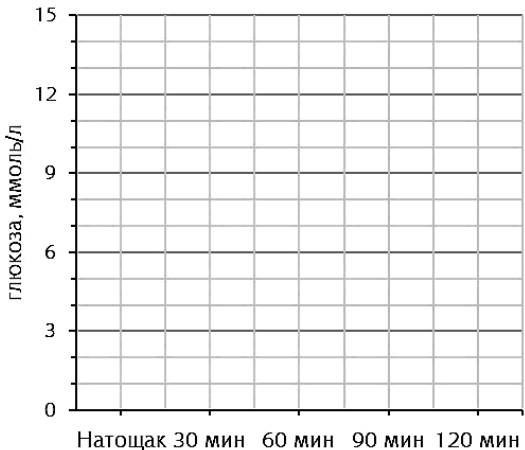
Таблица 12.3

Содержание глюкозы (ммоль/л) в цельной капиллярной крови испытуемых при выполнении ПТТГ

Испытуемый №	Натошак	30 мин	60 мин	90 мин	120 мин
1	4,4	7,1	6,2	4,9	4,3
2	5,7	8,9	9,3	9,1	8,5
3	6,3	10,2	10,9	13,5	12,7
4	3,4	5,5	4,1	3,0	3,5

Указания к оформлению протокола:

1. По табл. 12.3 анализируются данные испытуемого № ____ (указывает преподаватель).
2. Нарисуйте кривую изменения концентрации глюкозы в течении ПТТГ по данным выбранного испытуемого.
3. Оцените уровень гликемии натошак (см. табл. 12.2).
4. Определите наличие или отсутствие нарушений углеводного обмена (НГН, НТГ, СД) по табл. 12.2.
5. Оцените состояние эндокринной функции β -клеток поджелудочной железы.

 <p style="text-align: center;"><i>Кривая ПТТГ испытуемого (нарисовать)</i></p>	<p style="text-align: center;">ПРОТОКОЛ</p> <p>1. Содержание глюкозы натошак в цельной капиллярной крови: _____, что соответствует состоянию: _____.</p> <p>2. В случае нормогликемии её уровень: нормальный _____ (по табл. 12.1).</p> <p>3. Результаты анализа данных ПТТГ испытуемого свидетельствуют о _____ (наличии или отсутствии) гипергликемических нарушений обмена углеводов в виде _____.</p> <p>На это указывают (наличие или отсутствие) гипергликемии натошак и _____ (должное либо чрезмерное) повышение концентрации глюкозы в крови через 30, 60, 90 и 120 (_____) мин после её приёма.</p>
<p>4. Вывод: Состояние эндокринной функции β-клеток поджелудочной железы: _____. Об этом свидетельствуют (гипо-, нормо- либо гипер-) _____ гликемия натошак и _____ (пониженное, должное, избыточное) содержание глюкозы в крови через 30, 60, 90 или 120 (_____) мин после её приёма.</p>	

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

Занятие 13. ФИЗИОЛОГИЯ СТРЕССА И АДАПТАЦИИ

Основные вопросы:

1. Адаптация, факторы вызывающие реакцию адаптации, влияние их выраженности и длительности. Понятие об оптимуме действия фактора.
2. Генотипическая и индивидуальная, активная и пассивная адаптация. Специфические и неспецифические механизмы адаптации. Срочная и долговременная адаптация. Понятие о норме адаптивной реакции.
3. Стресс как общий адаптационный синдром. Энергетическая плата за приспособление.
4. Нервные и гуморальные механизмы реализации стрессовой реакции. Роль глюкокортикоидов и гормонов мозгового вещества надпочечников в регуляции функций организма, их участие в адаптации
5. Адаптационные эффекты тиреоидных гормонов, гормона роста, вазопрессина, меланоцитстимулирующего гормона и др.
6. Стадии стресс-реакции. Физиологические проявления («синдром ответа на повреждение») и последствия длительного стресса. Понятие о цене адаптации.
7. Эустресс и дистресс. Условия тренирующего эффекта стрессора (степень воздействия, прерывистый характер). Понятие о перекрестных адаптациях. Стресс-лимитирующие системы и механизмы их реализации.

Вопросы для самоподготовки:

1. Чем отличаются для организма факторы, вызывающие стресс-реакцию, от нейтральных?
2. Центры какого отдела мозга ключевые в развитии стрессовой реакции?
3. В чем состоит приспособительное значение физиологических проявлений эмоционального стресса?
4. Стрессовая реакция снижает способности организма к адаптации, либо увеличивает их?
5. Какие стрессоры вызывают эустресс?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего издания (раздел «Дополнительная информация»), материалы электронного атласа и ЭУМК.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 99–100, 108–111.

Дополнительная

1. Кубарко, А. И. Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 306–317.
2. Брин, В. Б. Основы физиологии человека : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / В. Б. Брин, И. А. Вартамян, С. Б. Данияров ; под ред. Б. И. Ткаченко. Международный фонд истории науки, 1994. 414 с. С. 239–252.
3. Физиология человека / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. Москва : Медицина, 2003, 655 с. С. 31–34.
4. Селье, Г. Стресс без дистресса / Г. Селье. Москва : Прогресс, 1979. 124 с.
5. Селье, Г. Очерки об адаптационном синдроме / Г. Селье. Москва : Медгиз, 1960. 254 с.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 13.1. ХОЛОДОВАЯ ПРОБА

В ходе пробы изучается реакция организма со стороны сердечно-сосудистой системы (регуляторных механизмов) на непродолжительное погружение руки испытуемого в холодную воду. Холодовая проба позволяет оценить адаптационную реактивность организма и тонус симпатического отдела нервной системы.

Материалы и оборудование: широкая емкость на 2–2,5 л, лед из формочек или колотый, вода, спиртовой (водонепроницаемый) термометр.

Ход работы. У испытуемого во время 5-минутного отдыха в положении лежа подсчитайте частоту пульса. Добавьте лед в воду, через 2–4 мин измерьте температуру воды термометром, при температуре больше +12 °С добавьте больше льда. Температура воды должна быть от +4 до +12 °С.

Затем попросите испытуемого на 30 с погрузить руку в холодную воду. Прекратите охлаждение руки и немедленно вновь подсчитайте частоту пульса. Принципы оценки результатов исследования совпадают с таковыми для ортостатической пробы: в норме пульс изменяется на 6–24 уд/мин. Учащение пульса более чем на 24 уд/мин свидетельствует о преобладании тонуса симпатического отдела АНС, менее чем на 6 уд/мин — парасимпатического отдела АНС

Результаты. Изменения частоты пульса (ЧП) у испытуемого при холодной пробе:

	ЧП исходная (ЧП _{исх})	ЧП после прекращения воздействия (ЧП _{пнв})	Разность (ЧП _{пнв} –ЧП _{исх}) (норма от +6 до +24)
ЧП за мин			

Заключение. Объясните причины изменения ЧСС при погружении руки в холодную воду _____

Работа 13.2. ИССЛЕДОВАНИЕ ФУНКЦИЙ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ОЦЕНКИ КОНЦЕНТРАЦИИ КОРТИЗОЛА И АДРЕНОКОРТИКОТРОПНОГО ГОРМОНА В ПЛАЗМЕ КРОВИ



Кортизол, гормон коркового вещества надпочечников, — один из важных гормонов стресс-реализующей системы. Секреция кортизола контролируется **адренокортикотропным гормоном (АКТГ)** гипофиза. В свою очередь, секреция АКТГ находится под контролем **кортикотропин-рилизинг гормона (КРГ)** гипоталамуса. Усиление секреции кортизола корой надпочечников приводит к угнетению секреции как АКТГ, так и КРГ.

Повышение концентрации кортизола в плазме крови (*гиперкортизолизм*) в результате опухоли коры надпочечника или приема экзогенных глюкокортикоидов (например, для лечения ревматоидного артрита, системной красной волчанки, рассеянного склероза и др.) называется **синдромом Кушинга**. Его также иногда называют «стероидным сахарным диабетом», поскольку гиперкортизолизм приводит к гипергликемии. При этом содержание АКТГ обычно снижено.

Напротив, гиперкортизолизм, вызванный опухолью аденогипофиза, называют **болезнью Кушинга**. В этом случае в плазме крови наблюдается повышение концентрации АКТГ и кортизола.

Снижение концентрации кортизола в крови (*гипокортизолизм*) может наблюдаться при недостаточности функции коры надпочечников. В случае первичной надпочечниковой недостаточности, известной как **болезнь Аддисона**, в результате постепенного повреждения клеток коры надпочечников наблюдается снижение концентрации кортизола и компенсаторное усиление секреции АКТГ.

Вторичная надпочечниковая недостаточность также характеризуется снижением секреции кортизола, однако причиной этого снижения является недостаточное образование АКТГ, как правило, в результате повреждения аденогипофиза. Дефицит глюкокортикоидов может приводить к снижению резервов адаптации организма к действию стрессоров.

Как видно, различные эндокринные расстройства могут приводить к формированию как высоких, так и низких уровней кортизола и АКТГ в плазме крови (табл. 13.1).

Материалы и оборудование: в компьютерной работе используются образцы плазмы от пяти пациентов; колонка для высокоэффективной жидкостной хроматографии (англ. HPLC, high performance liquid chromatography) с приёмником (HPLC injector) и детектором (HPLC detector) применяются для количественного определения содержания кортизола и АКТГ в плазме крови; многоразовый шприц.

Таблица 13.1

Эндокринное расстройство	Уровень кортизола	Уровень АКТГ
Синдром Кушинга (первичный гиперкортизолизм)	↑	↓
Ятрогенный синдром Кушинга	↑	↓
Болезнь Кушинга (вторичный гиперкортизолизм)	↑	↑
Болезнь Аддисона (первичная надпочечниковая недостаточность)	↓	↑
Вторичная надпочечниковая недостаточность (гипопитуитаризм)	↓	↓

Ход работы. Работа выполняется с использованием компьютерной программы «PhysioEx». Для начала работы выберите «Access PhysioEx 9.0» → «Exercise 4: Endocrine System Physiology» → «Activity 4: Measuring Cortisol and Adrenocorticotrophic Hormone» → «Experiment (вкладка в верхнем меню)²».

1. На детекторе (HPLC detector) щёлкните по кнопке «Cortisol», чтобы подготовить колонку хроматографа к выделению и измерению содержания кортизола.

2. Зажмите левую кнопку мыши (ЛКМ) и поместите шприц в 1-ю пробирку с образцом плазмы. Дождитесь заполнения шприца.

3. Зажмите ЛКМ и поместите иглу шприца в приёмник хроматографа (HPLC injector). Образец плазмы поступит в систему и потечёт через колонку хроматографа. Концентрация кортизола в плазме крови первого пациента отобразится на экране детектора (HPLC detector).

4. Нажмите «Record Data» для сохранения результата и *внесите полученные данные в протокол*. Нажмите на кнопку «Clean» под шприцем для его очистки.

5. Нажмите на кнопку «Clean Column» на детекторе (HPLC detector) для очистки хроматографической колонки от остатков кортизола.

6. Поместите шприц в пробирку с образцом плазмы 2-го пациента. Дождитесь заполнения шприца.

7. Поместите иглу шприца в приёмник хроматографа (HPLC injector). Образец плазмы поступит в систему и начнёт течь через колонку хроматографа. Концентрация кортизола в плазме крови второго пациента отобразится на экране детектора (HPLC detector).

8. Кликните «Record Data» для сохранения результата и *внесите полученные данные в протокол*.

9. Ответьте на вопрос программы, появившийся слева («Stop & Think Question»): «В норме высокий уровень кортизола должен угнетать секрецию: a) АКТГ; b) КРГ; c) как АКТГ, так и КРГ; d) ни АКТГ, ни КРГ».

² Отменить последнее действие можно при помощи расположенной внизу кнопки «Undo», начать эксперимент заново — кнопкой «Reset».

10. Нажмите «**Submit**».

11. Нажмите на кнопку «**Clean**» под шприцем для его очистки.

12. Нажмите на кнопку «**Clean Column**» на детекторе (HPLC detector) для очистки хроматографической колонки.

13. Далее процедура анализа образцов плазмы будет завершаться автоматически. Последовательно помещайте шприц в образцы плазмы оставшихся пациентов и выполняйте описанную выше последовательность действий.

14. После завершения анализа концентрации кортизола в плазме 5-го пациента, на детекторе (HPLC detector) нажмите кнопку «**АСТН**», чтобы подготовить колонку хроматографа к выделению и измерению содержания АКТГ.

15. Повторите действия, описанные в пп. 2–12 настоящей работы.

Указания к оформлению протокола:

1. *Внесите результаты* в протокол (серые столбики). *Оцените концентрацию* кортизола и АКТГ в исследуемых образцах, используя данные из табл. 13.2.

Таблица 13.2

Отклонение от нормальных величин в утренние часы	Уровень кортизола, мкг/дл	Уровень АКТГ, пг/мл
Повышен (↑)	≥ 23	≥ 80
Понижен (↓)	< 5	< 20

2. Сделайте заключения о наличии или отсутствии эндокринных расстройств у обследованных пациентов и их причинах.

ПРОТОКОЛ						
Пациент	Кортизол мкг/дл	Уровень кортизола (↑/↓)	АКТГ, пг/дл	Уровень АКТГ (↑/↓)	Вид эндокринного расстройства	Вероятная причина расстройства
1						
2						
3						
4						
5						

Пациент № 2 страдает ревматоидным артритом и получает терапию синтетическим глюкокортикоидом (производным кортизола) преднизолоном в таблетках. Как эта информация может изменить Ваше заключение?

СТРЕСС И АДАПТАЦИЯ

Любой живой организм существует в среде с определенными параметрами, к примеру уровень освещенности, температура, влажность, продолжительность дня и прочее. Каждый из параметров имеет некоторый нормальный для организма диапазон значений, в пределах которого организм оптимально приспособлен к окружающей среде (**генотипическая, или врожденная адаптация**).

Факторы среды, выходящие за пределы оптимальных для организма благодаря своей силе или длительности, начинают проявлять свое (ранее потенциальное) повреждающее действие или нарушают гомеостаз, что может привести к болезни или даже смерти организма. Чтобы избежать этого, он вынужден адаптироваться.

Цель адаптации, таким образом, состоит в том, чтобы расширить область приемлемых значений действующего фактора. При этом задействуются уже имеющиеся в организме механизмы — через изменения системного и локального кровотока, мышечного тонуса, параметров системы дыхания и прочее, сообразно ситуации. Степень, в которой для организма это возможно, называется **нормой адаптивной реакции**.

Существует два основных способа адаптации. Организм может либо попытаться **пассивно** приспособиться к изменениям окружающей среды (т. е. снижая собственную реактивность), либо **активно** противостоять ей. Например, при зимней спячке у животных снижается скорость метаболических процессов и температура тела, насколько возможно приближаясь к температуре окружающей среды. В то же время у зимующих без спячки организмов скорость метаболических процессов и продукция тепла напротив, возрастает с целью терморегуляции. У человека в целом преобладают активные механизмы адаптации. В то же время сходные с пассивной адаптацией способы воздействия широко применяются в медицине, к примеру, общий наркоз можно рассматривать как искусственно созданную пассивную адаптацию, помогающую пережить неизбежную при оперативном вмешательстве травму; гипотермия (охлаждение) используется при трансплантации органов с целью их защиты от гипоксии; применение противовоспалительных препаратов, цитостатиков и пр. также имеют целью снижение повышенной реактивности механизмов человеческого тела.

Будучи в целом более совершенными, механизмы активной адаптации имеют особенность: они все энергозависимы. Процесс адаптации, как правило, требует повышенного количества питательных веществ в крови независимо от приема пищи, а также (очень часто) — увеличения доставки кислорода в ткани (т. е. активации дыхательной, сердечно-сосудистой

систем). Поэтому адаптация обычно включает два компонента: 1) **специфический**, то есть задействование специальных механизмов согласно ситуации, 2) **неспецифический**, одинаковый при совершенно различных ситуациях и имеющий целью мобилизацию энергетических ресурсов организма для обеспечения процессов адаптации. Неспецифический компонент (**неспецифический адаптационный синдром**) широко известен под названием **стресс**.

Вполне логично, что гормоны стресса как правило повышают количество питательных веществ в крови, стимулируют сердечно-сосудистую систему и повышают возбудимость нервной системы. У этого есть, однако, и обратная сторона: для получения энергетических субстратов приходится разрушать собственные белки, жиры и углеводы организма — гормоны стресса в большинстве являются катаболическими, а задействование энергетических ресурсов организма в долговременной перспективе приводит к их истощению. Поэтому механизмы стресса, помогая адаптироваться, потенциально могут сами стать причиной болезненного состояния.

Так, одними из известных проявлений стрессовой реакции **является стрессовая триада изменений (триада Селье)** — гипертрофия коры надпочечников, инволюция (атрофия) тимуса, а также кровоизлияния и язвенные поражения желудка и 12-перстной кишки. Гипертрофия коры надпочечников происходит, по-видимому, под влиянием увеличившейся секреции АКТГ, язвенные поражения из-за ингибирования кортизолом фермента фосфолипазы А2 и, соответственно, снижения синтеза простогландинов, необходимых для образования слизи и бикарбонатов; а инволюция тимуса является одним из проявления сложного, неоднозначного влияния глюкокортикоидов на иммунную систему, диапазоном от активации и перераспределения лимфоцитов в организме до ингибирования дифференцировки и прямого иммуносупрессивного действия при длительном стрессе. Соответственно, механизмы приспособления не являются совершенными и потенциально содержат в себе возможные причины т. н. «**болезней адаптации**».

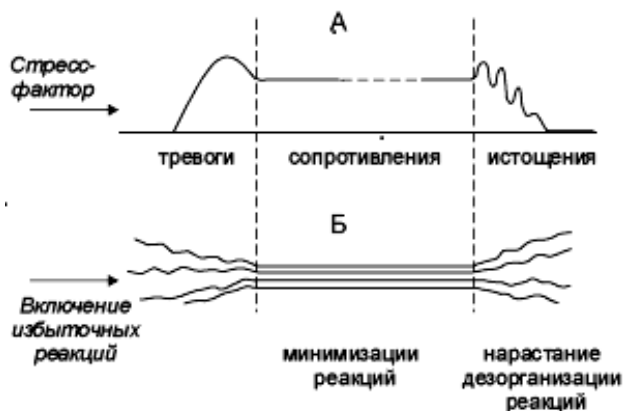


Рис. 13.1. Стадии стресс-реакции

Выделяют **срочную** и **долговременную адаптацию**. Срочная начинается со **стадии тревоги** (рис. 13.1), в процессе которой происходит задействование имеющихся механизмов и ресурсов, в результате чего достигается временное устойчивое и, как правило, не вполне совершенное состояние адаптации к текущему воздействию (**стадия напряже-**

ния). Дальнейшее развитие событий зависит от интенсивности и длительности воздействия, а также исходных возможностей организма.

Если воздействие превышает способность организма к долговременному противостоянию, наступает **стадия истощения**, то есть снижения приспособительных возможностей организма, выносливости и работоспособности, вплоть до развития заболевания и даже смерти организма. Данное состояние неудачной адаптации часто называют **дистрессом**, т. е. «вредным» стрессом. Острый дистресс по причине исходной невозможности адаптироваться из-за чрезмерной интенсивности стимула называют **шоком**. В этом случае начавшаяся стадия тревоги быстро переходит в стадию истощения, а само состояние является опасным для жизни.

Если воздействие небольшой интенсивности и кратковременное (т. е. прекращается до начала стадии истощения), его эффект будет тренирующим, значит способность организма противостоять данному воздействию в будущем несколько увеличится. Тренирующий эффект возрастает при неоднократном повторении. Такой тип стресса, повышающий функциональные резервы организма, носит название **эустресс**. На данном эффекте основываются, например, методики закаливания организма.

Если воздействие длительное и сравнительно малой интенсивности, может происходить **долговременная адаптация** к нему на основе структурных перестроек в организме. Механизмы долговременной адаптации более совершенные и вдобавок не требуют повышенного расхода энергии на свое текущее поддержание. Тем не менее, для их образования требуется время и ресурсы организма, а некоторые из произошедших изменений в организме сами по себе могут рассматриваться как предпатологические или патологические.

К примеру, состояние адаптации к условиям проживания в высокогорной местности включает гипертензию (увеличение кровяного давления в сосудах) малого круга кровообращения. Соответственно в долговременной перспективе это может проявиться ранее несвойственными для данного индивида заболеваниями и сокращением общей продолжительности жизни (так называемая **цена адаптации**).

Картину осложняет также и тот факт, что адаптация к одним факторам может попутно увеличивать способность переносить другие (**перекрестная адаптация**) и/или уменьшать третьи. Так, адаптация к повышенной температуре окружающей среды повышает устойчивость к гипоксии, мышечной работе, но снижает приспособленность к холоду и наоборот.

Исправить задания на страницах:	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 14. ИТОГОВОЕ (СЕМИНАРСКОЕ) ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛАМ «НЕРВНАЯ И ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ»

Основные вопросы:

1. Понятие физиологической функции и ее регуляции. Уровни регуляции. Типы регуляции. Нервный и гуморальный механизмы регуляции функций, их сравнительная характеристика.

2. Функции спинного мозга. Спинальные рефлексы. Понятие о спинальном уровне регуляции мышечного тонуса. Последствия повреждения спинного мозга.

3. Функции ствола мозга: продолговатого мозга, моста и среднего мозга. Жизненно важные центры и их функции.

4. Функции мозжечка. Последствия повреждения мозжечка.

5. Функции промежуточного мозга: таламуса, гипоталамуса и эпифаламуса. Интеграция соматических, эндокринных и автономных функций. Роль промежуточного мозга в формировании циркадианных ритмов.

6. Современное представление о локализации функций в коре больших полушарий головного мозга. Функциональная асимметрия коры.

7. Сравнительная характеристика соматической и автономной нервной системы (сенсорные рецепторы, афферентные, вставочные и эфферентные отделы, эффекторные органы). Отличия нейроэффекторных соединений гладких мышц от нейромышечных синапсов скелетных мышц.

8. Сравнительная характеристика строения и нейрохимических механизмов функционирования симпатического и парасимпатического отделов АНС, а также их влияние на эффекторные органы. Понятие о принципах коррекции вегетативных функций (на примере слюноотделения) посредством воздействия на медиаторно-рецепторные механизмы.

9. Понятие об эндокринной системе и ее функциях. Гипофиз, его связи с гипоталамусом. Гормоны гипофиза и гипоталамуса, их роль в регуляции деятельности эндокринных и неэндокринных органов.

10. Эндокринная функция щитовидной и паращитовидных желез.

11. Физиология надпочечников. Роль гормонов коркового и мозгового вещества надпочечников в регуляции функций организма.

12. Биологический смысл феномена стресса. Стресс-реализующие и стресс-лимитирующие системы.

13. Разновидности адаптации; стадии, физиологические проявления и исходы стресс-реакции. Понятие о стресс-лимитирующей системе.

14. Эндокринная функция поджелудочной железы и роль ее гормонов в регуляции углеводного, жирового и белкового обмена.

15. Половые железы. Мужские и женские половые гормоны и их физиологическая роль.

16. Понятие об эндокринной функции эпифиза (мелатонин), сердца (атриопептиды), почек (кальцитриол, эритропоэтин и др.), печени (соматомедин С, тромбopoэтин, 1,25(ОН)-ВитД₃).

17. Понятие о гомеостазе. Механизмы поддержания постоянства внутренней среды организма (на примере регуляции уровня кальция в крови кальцитонином, кальцитриолом и паратгормоном).

После изучения разделов «Нервная и гуморальная регуляция физиологических функций» студент должен уметь рисовать схемы рефлексов (со всеми минимальными обозначениями: звеньев рефлекторной дуги, нейромедиаторов в синапсах на клетках-мишенях и типов рецепторов к ним):

- моносинаптического миотатического рефлекса;
- полисинаптического соматического спинномозгового рефлекса;
- автономного (вегетативного) симпатического или парасимпатического спинномозгового рефлекса.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры, материалы настоящего издания по занятиям 1, 8–13; материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 84–121, 141–204.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 209–482.

2. *Брин, В. Б.* Основы физиологии человека : учеб. В 2 ч. Ч. 2 / В. Б. Брин, И. А. Вартанян, С. Б. Данияров ; под ред. Б. И. Ткаченко. Международный фонд истории науки, 1994. 414 с. С. 239–252.

3. *Физиология человека* / В. М. Покровский [и др.] ; под ред. В. М. Покровского, Г. Ф. Коротько. Москва : Медицина, 2003. 655с. С. 31–34.

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

РАЗДЕЛ «ГОМЕОСТАЗ. ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА»

« ____ »	_____	_____
число	месяц	год

ЗАНЯТИЕ 15. ГОМЕОСТАЗ. ФИЗИКО-ХИМИЧЕСКИЕ СВОЙСТВА КРОВИ. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЭРИТРОЦИТОВ

Основные вопросы:

1. Внутренняя среда организма: понятие, состав, свойства. Гомеостаз и гомеокинез.
2. Понятие о системе крови. Состав, количество, свойства, функции крови. Основные физиологические константы крови.
3. Кислотно-основное состояние крови и механизмы его регуляции.
4. Количество, состав и свойства плазмы крови. Гемолиз и его виды.
5. Белки плазмы крови, их характеристика и значение.
6. Электролитный состав плазмы крови. Осмотическое давление крови и его регуляция (АДГ, РААС и др.).
7. Эритроциты: количество, особенности строения, функции.
8. Виды гемоглобина и его соединения, их физиологическое значение. Влияние факторов внешней среды на образование различных соединений гемоглобина.
9. Лимфа, ее состав, физико-химические свойства и функции.

Вопросы для самоподготовки:

1. Каково физиологическое значение осмотического давления? Онкотического?
2. Относится ли к внутренней среде содержимое мочевого пузыря? Кишечника? Слюна? Внутриклеточная жидкость? Каждый ответ обоснуйте.
3. Почему число эритроцитов и содержание гемоглобина у мужчин выше, чем у женщин?
4. О чем говорит увеличение количества ретикулоцитов в периферической крови?
5. Какой общей причиной можно объяснить увеличение интенсивности эритропоэза при кровопотере, массивном гемолизе эритроцитов, дыхании при пониженном барометрическом давлении?
6. Зачем нужны переносчики кислорода в крови, если кислород из крови потребляется в виде свободно растворенного?
7. С какой целью рассчитывают эритроцитарные индексы?

8. Почему при суточной потребности человека в железе 1–1,5 мг/сут его минимальное содержание в съеденной пище должно составлять 10–15 мг/сут?

9. Какова валентность железа в растительной пище и какова в молекуле гемоглобина?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего издания, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 205–215.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 483–498.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 15.1. ДЕМОНСТРАЦИЯ УЧЕБНЫХ ВИДЕОФИЛЬМОВ

1. Белки: строение и функции (6:57).
2. Определение осмотического давления плазмы крови (01:22).

Работа 15.2. ТЕХНИКА ВЗЯТИЯ КАПИЛЛЯРНОЙ КРОВИ (ДЕМОНСТРАЦИЯ)



Демонстрация проводится в виде просмотра учебного видеофильма в компьютерном классе кафедры или в ЭУМК.



При работе с кровью следует помнить о возможной инфицированности крови вирусами (ВИЧ, вирусных гепатитов и др.) и связанным с этим повышенным риском заражения, которому подвергаются врачи и лаборанты, проводящие серологические и клинические исследования. Поэтому при работе с любым биологическим материалом необходимо помнить правила профилактики инфицирования (**ПОВТОРИТЕ ПРАВИЛА ТЕХНИКИ БЕЗОПАСНОСТИ ПРИ РАБОТЕ С КРОВЬЮ** — материал работы 1.1. занятия № 1).

Материалы и оборудование: стерильные одноразовые скарификаторы, вата, пинцет; антисептик, СГО (санитарно-гигиеническая одежда: резиновые перчатки, маски, очки или щиток, непромокаемые фартук и нарукавники), ёмкость для отработанных материалов с дезраствором. Перед забором крови выполняется санитарная обработка рук медицинского персонала.

Ход работы. Взятие капиллярной крови проводится следующим образом:

1. Пациент должен сидеть напротив врача, рука пациента (лучше не-рабочая) должна находиться на столе.

2. Кожа пальца обследуемого дезинфицируется спиртом или дезраствором.

3. Забор крови проводят из 4-го пальца, так как синовиальное влагалище его изолировано, что предотвращает распространение воспалительного процесса на кисть в случае инфицирования места укола.



Рис. 15.1. Взятие капиллярной крови

4. Скарификатор извлекается из одно-разовой упаковки за край, противоположный колющему.

5. Прокол кожи делают в подушечке пальца в центральной или боковой точке, скарификатор погружают на всю глубину режущей поверхности

6. Первую каплю крови снимают сухой стерильной ватой (чтобы не было примеси тканевой жидкости), тщательно вытирают палец (кожа должна быть сухой).

7. Следующая капля крови должна иметь выпуклый мениск и не растекаться по пальцу. Эту и последующие капли крови берут для анализа.

8. После забора крови место укола обрабатывается дезраствором.

ПРОТОКОЛ

1. Первую каплю крови не используют для анализов, так как:

2. Скарификатор извлекают из индивидуальной упаковки со стороны:

3. Кровь обычно берут из 4-го пальца руки, поскольку:

4. Забор крови предпочтительно выполнять из _____ руки.

Работа 15.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГЕМАТОКРИТА (демонстрация)

Показатель гематокрита отражает содержание форменных элементов (в первую очередь эритроцитов) в общем объеме крови. Гематокрит определяют методом микроцентрифугирования или автоматически на современных гематологических анализаторах. У здорового человека гемато-

крит венозной и капиллярной крови составляет **0,40–0,49** (или **40–49 %**) у мужчин и **0,36–0,42** (**36–42 %**) у женщин.

Ход работы. Изучите демонстрацию определения гематокрита в ЭУМК, щелкая мышью по выделенным синим цветом ключевым словам.

Для определения уровня гематокрита крови используются: гематокритный капилляр, скариффикатор, вата, дезраствор, центрифуга, глина или паста, шкала для определения гематокрита.

Кровь из пальца или венозную кровь набирают в специальные гематокритные капилляры, предварительно обработанные антикоагулянтom (гепарином или цитратом натрия). Капилляры запечатывают глиной или пастой (возможно использование резинового колпачка) и центрифугируют в течение 5 минут при 8000 об/мин. После этого по специальной шкале отмечают, какую часть капилляра в процентах составляют форменные элементы крови. Для этого нижний и верхний края столбика крови в капилляре совмещают с отметками «0 %» и «100 %» на шкале.

В современных гематологических анализаторах показатель гематокрита чаще всего рассчитывают на основании результатов определения количества эритроцитов (RBC) и их среднего объема (MCV).

Указания к оформлению протокола:

1. Изучите методику определения гематокрита.
2. Перемещая с помощью мышки гематокритный капилляр, определите показатель гематокрита.
3. Оцените полученный результат.

ПРОТОКОЛ

Значение гематокрита составило _____ % или _____.

Вывод: гематокрит _____ (в норме, выше, ниже нормы), что может быть обусловлено _____ (↑ или ↓) содержания эритроцитов в литре крови либо _____ (↑ или ↓) объема циркулирующей плазмы.

Работа 15.4. ГЕМОЛИЗ И ЕГО ВИДЫ



Гемолиз — разрушение мембраны эритроцитов с выходом гемоглобина в окружающую внутреннюю среду. В зависимости от причины, вызывающей гемолиз, различают следующие его виды: осмотический, механический, термический, химический, биологический. Физиологический гемолиз является результатом естественного старения и разрушения эритроцитов. В зависимости от локализации гемолиз разделяют на внутриклеточный (происходит в макрофагах селезенки и печени) и внутрисосудистый (его доля обычно не превышает 10 %).

Материалы и оборудование: кровь крысы, 0,9 % раствор NaCl; 5 % раствор глюкозы; нашатырный спирт; антисептик; дистиллированная

вода; 5 пробирок; стеклограф; стеклянная палочка; вата; СГО; ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. В одну из пробирок наливают 2 мл 0,9 % раствора NaCl, во вторую — 2 мл 0,9 % раствора NaCl и 5 капель нашатырного спирта, в третью — 2 мл дистиллированной воды, в четвертую — 2 мл 5 % раствора глюкозы. В каждую пробирку вносят по 2 капли крови и перемешивают содержимое. Результат оценивают через 45 мин.

№ пробирки	Раствор	Окраска раствора	Наличие гемолиза (+ / -)	Вид гемолиза (если есть)
1	0,9 % NaCl			
2	0,9 % NaCl + NH ₄ OH			
3	Дистиллированная вода			
4	5 % раствор глюкозы			

Работа 15.5. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРАНИЦ ОСМОТИЧЕСКОЙ УСТОЙЧИВОСТИ (РЕЗИСТЕНТНОСТИ) ЭРИТРОЦИТОВ



Как видно из предыдущей (15.4) работы, осмотический гемолиз происходит в гипотонических растворах. При этом концентрация раствора, в котором будет происходить гемолиз, зависит в том числе от состояния мембраны самих эритроцитов.



Минимальная осмотическая устойчивость определяется той наибольшей концентрацией раствора NaCl, при которой разрушаются самые неустойчивые к набуханию эритроциты, что приводит к частичному гемолизу. Признаками частичного гемолиза является наличие осадка неразрушенных эритроцитов и окрашенный слой жидкости над осадком.

Максимальная осмотическая устойчивость определяется той наибольшей концентрацией раствора, при которой разрушаются все эритроциты — происходит полный гемолиз (содержимое пробирки прозрачно, окрашено в красный цвет, осадка нет («лаковая кровь»)).

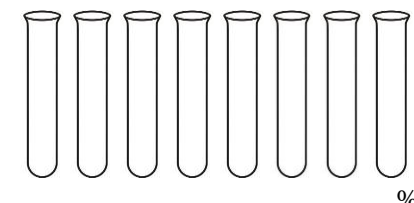
Осмотическая устойчивость эритроцитов снижается при заболеваниях, сопровождающихся повреждением их мембран, например при серповидноклеточной анемии, сфероцитозе, врожденном дефиците глюкозо-6-фосфат-дегидрогеназы и др.

Материалы и оборудование: штатив, 8 пробирок, 1 % NaCl, дистиллированная вода, кровь крысы, пипетки, резиновая пробка, СГО, антисептик, дезраствор, пинцет, вата, стеклограф.

Ход работы. Пронумеруйте пробирки и приготовьте в них гипотонические растворы от 0,60 до 0,25 % NaCl по следующей схеме:

№ пробирки	1	2	3	4	5	6	7	8
1 % NaCl, мл	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25
Дист. вода, мл	0,40	0,45	0,50	0,55	0,60	0,65	0,70	0,75
Концентрация NaCl в %	0,60	0,55	0,50	0,45	0,40	0,35	0,30	0,25

В каждую пробирку добавьте по 1 капле крови, закройте пробкой, аккуратно перемешайте. Оставьте на 60 мин. Определите минимальную и максимальную осмотическую устойчивость эритроцитов

	<p>ПРОТОКОЛ</p> <p>1. Осмотическая устойчивость эритроцитов:</p> <p>Min _____ % [N 0,46–0,48 % NaCl];</p> <p>Max _____ % [N 0,32–0,34 % NaCl].</p> <p>2. Вывод: _____</p> <p>_____</p>
<p>Результаты опыта (нарисуйте)</p>	

Работа 15.6. ПОДСЧЕТ ЭРИТРОЦИТОВ В СЧЕТНОЙ КАМЕРЕ ПОД МИКРОСКОПОМ (демонстрация)



Подсчёт эритроцитов может осуществляться как вручную с использованием счётных камер, так и автоматическими гемоанализаторами. В гематологических анализаторах подсчет количества форменных элементов основывается на изменении величины сопротивления жидкости при прохождении клеток через апертуру анализатора.

Для подсчета форменных элементов кровь разбавляют в специальных смесителях (меланжерах), чтобы создать оптимальную для подсчета концентрацию клеток. Меланжер представляет собой капилляр с ампулообразным расширением. Капилляр градуирован метками: 0,5 и 1, до первой из которых набирают кровь; третья метка стоит за расширением смесителя, до этой метки набирают растворитель. Меланжер для эритроцитов и тромбоцитов маркирован меткой «101», а меланжер для лейкоцитов — меткой «11». В качестве растворителя при подсчете эритроцитов в счётной камере применяют гипертонический **3 % раствор NaCl**, в котором эритроциты сморщиваются (плазмолиз). Это делает их более контрастными в поле зрения микроскопа.

Разбавление крови сегодня обычно проводится и в пробирке, при этом строго соблюдается соотношение объёмов крови и гипертонического раствора.

Подсчет эритроцитов проводят в счетной камере, основу которой составляет толстое предметное стекло с желобками, в средней части которого на двух рабочих зонах нанесена **сетка Горяева**. Эта средняя часть стекла ниже боковых участков на 0,1 мм. При наложении покровного стекла над сеткой образуется пространство высотой в 0,1 мм.

Сетка Горяева в счетной камере разделена на большие квадраты, которые, в свою очередь, делятся на 16 маленьких квадратов. Сторона маленького квадрата равняется 1/20 мм, площадь — $1/20 \times 1/20 = 1/400 \text{ мм}^2$; таким образом, объём пространства над малым квадратом составляет $1/400 \times 1/10 = 1/4000 \text{ мм}^3$.

Материалы и оборудование: микроскоп, кровь крысы, скарификаторы в стерилизаторах, фарфоровая чашечка, пинцет, вата, счётная камера, покровное стекло, смеситель для эритроцитов или пробирка, антисептик, СГО, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором, резиновая груша с резиновой трубкой, по диаметру совпадающей с диаметром смесителя.

Ход работы:

- 1) 3 % раствор NaCl наливают в фарфоровую чашечку;
- 2) смеситель для эритроцитов подсоединяют к груше;
- 3) кровь крысы набирают в смеситель до отметки 0,5;
- 4) из чашечки в смеситель набирается гипертонический раствор NaCl до отметки 101 (выше расширенной части смесителя);
- 5) со смесителя аккуратно снимается трубка с грушей;
- 6) смеситель зажимается с двух концов пальцами и несколько раз встряхивается, так что благодаря движению бусины в расширенной части кровь перемешивается с гипертоническим раствором;
- 7) на предметное стекло с сеткой Горяева накладывают покровное стекло и аккуратно его притирают к предметному до их прилипания друг к другу, а также появления радужной окраски на краях покровного стекла;
- 8) две капли раствора из смесителя ниже уровня ампулы сцеживаются на вату, а выступившей третьей каплей прикасаются к щели между предметным и покровным стеклами, так что капиллярными силами капля разведенной крови засасывается в камеру Горяева, то есть в пространство между предметным и покровным стеклами. Готовый препарат можно рассматривать в световой микроскоп.

В данной лабораторной работе для удобства подсчет эритроцитов проводится по фотографии фрагмента счетной камеры со смесью эритроцитов.

Подсчет эритроцитов выполняют в **5 больших квадратах**, расположенных по диагонали. Клетки подсчитывают в соответствии с **правилом Егорова**: к данному квадрату относятся все эритроциты, находящиеся внутри, а также на его левой и верхней границе.

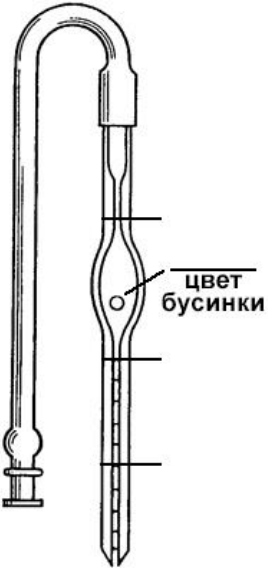
Допустим, что в 5 больших квадратах (80 маленьких) найдено суммарное количество эритроцитов, равное Э. Число эритроцитов в объёме про-

странства ($1/4000 \text{ мм}^3$) над одним маленьким квадратом будет равно $\mathcal{E}/80$. Для пересчета на 1 мм^3 крови $\mathcal{E}/80$ умножаем на 4000 и еще на 200, так как кровь была разведена в 200 раз. Для расчета количества эритроцитов в 1 л крови полученное число эритроцитов в 1 мкл (1 мм^3) умножаем на 10^6 .

Указания к оформлению протокола:

1. Подсчитайте суммарное число эритроцитов в 5 больших квадратах, расположенных по диагоналям фотографического снимка. Рассчитайте по формуле содержание эритроцитов в 1 л крови. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

2. Подпишите обозначения на меланжере, укажите цвет бусины.

 <p>Смеситель для эритроцитов</p>	<p style="text-align: center;">ПРОТОКОЛ</p> <p>1. Число эритроцитов в больших квадратах: в 1 ____; во 2 ____; в 3 ____; в 4 ____; в 5 ____. Суммарное число эритроцитов (\mathcal{E}) в пяти больших квадратах равно _____ клеток.</p> <p>2. Количество эритроцитов в 1 л крови (X) рассчитывается по формуле:</p> $X = \frac{\mathcal{E} \times 4000 \times 200}{80} \times 10^6 = \mathcal{E} \times 10^{10}.$ $X = \text{_____} \times 10^{12} / \text{л}.$ <p>3. Нормальное содержание эритроцитов у мужчин: _____, у женщин: _____</p> <p>4. Вывод: _____ (норма, эритроцитоз, эритроцитопения (анемия))³</p>
---	---

Работа 15.7. ОПРЕДЕЛЕНИЕ КОЛИЧЕСТВА ГЕМОГЛОБИНА ПО СПОСОБУ САЛИ

Содержание гемоглобина (Hb) в крови здорового взрослого человека составляет: у мужчин — **130–170 г/л**; у женщин — **120–150 г/л**.

Содержание гемоглобина в крови определяют путем измерения количества продукта реакции, образующегося при взаимодействии гемоглобина с различными реактивами. Такое измерение проводится спектрофотометрическим или фотоэлектроколориметрическим методами.

Простейшим, но в то же время наглядным, является метод **визуальной калориметрии**, основанный на образовании при взаимодействии гемоглобина с соляной кислотой **солянокислого гематина** — вещества,

³ В клинической практике значимыми считаются отклонения показателя от границы нормы более чем на 10 %

придающего содержащему его раствору коричневую окраску, и визуальной оценки окраски данного раствора относительно раствора стандартной концентрации.

Материалы и оборудование: кровь крысы, стерильные скарификаторы, пинцет, вата, гемометр Сали в наборе, 0.1N раствор HCl, дистиллированная вода, антисептик, СГО, ёмкость для отработанных материалов с дезраствором.

Ход работы. Для определения содержания гемоглобина в среднюю пробирку до круговой метки наливают **0,1N раствор HCl**. Набирают 20 мкл капиллярной или венозной крови, вытирают кончик пипетки и аккуратно выдувают кровь на дно пробирки, не допуская перемешивания с соляной кислотой. Поднимают пипетку вверх и промывают чистым слоем соляной кислоты. Содержимое пробирки перемешивают стеклянной палочкой, пробирку помещают в штатив на 10 мин.

За это время из гемоглобина образуется солянокислый гематин, и раствор приобретает темно-коричневую окраску. Затем в пробирку пипеткой добавляют дистиллированную воду до тех пор, пока цвет раствора не станет таким же светло-коричневым, как цвет стандарта в двух боковых пробирках (при каждом добавлении воды раствор перемешивают стеклянной палочкой; перед сравнением цвета растворов палочку извлекают).

Содержание гемоглобина определяют по градуировке пробирки. Число, стоящее на уровне нижнего мениска раствора, показывает содержание гемоглобина в граммах на 100 мл крови (г% или г/дл). Например, исследуемая кровь содержит 15,5 г% гемоглобина, следовательно, содержание гемоглобина в 1 л крови составляет 155 г/л.

Указания к оформлению протокола:

1. Определите содержание гемоглобина в исследуемой крови.
2. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

Гемометр Сали (нарисуйте)	<p>ПРОТОКОЛ</p> <p>1. Содержание гемоглобина в исследуемой крови = _____ г% (г/дл), или _____ г/л.</p> <p>2. Нормальное содержание гемоглобина: у мужчин: _____ г/л у женщин: _____ г/л</p> <p>Вывод: содержание гемоглобина в исследуемой крови _____ (в норме; повышено; понижено).</p> <p>3. Уменьшение содержания гемоглобина и/или эритроцитов ниже нормы называется _____</p>
------------------------------	---

Работа 15.8. ВЫЧИСЛЕНИЕ ЦВЕТОВОГО ПОКАЗАТЕЛЯ И ДРУГИХ ЭРИТРОЦИТАРНЫХ ИНДЕКСОВ

Для оценки *абсолютного* содержания гемоглобина в каждом эритроците используется показатель МСН (Mean Corpuscular Hemoglobin) — **среднее содержание гемоглобина в эритроците**, составляющий около 30 пг (**25,4–34,6**). Получают этот показатель делением содержания гемоглобина (Hb) в 1 л крови на количество эритроцитов в нём:

$$\text{МСН} = \frac{\text{Hb(г/л)}}{\text{Эритроциты}}$$

Цветовой показатель (ЦП) — *относительная* величина, показывающая содержание гемоглобина в одном эритроците пациента относительно стандартного. ЦП вычисляют делением содержания гемоглобина в г/л на число первых трех цифр количества эритроцитов в 1 л крови, с последующим умножением полученного частного на 3:

$$\text{ЦП} = \frac{3 \times \text{Hb(г/л)}}{\text{Эритроциты} \times 10^{-10}}$$

Например, содержание гемоглобина в крови равно 152 г/л, количество эритроцитов равно $4,56 \times 10^{12}/\text{л}$; тогда МСН равен $152 : 4,56 \times 10^{12} = 33,3 \times 10^{-12} \text{ г} = 33,3 \text{ пг}$; ЦП равен $3 \times 152 : 456 = 1,00$.

ЦП здорового человека равен **0,8–1,05 (нормохромия)**. При пониженном содержании гемоглобина в эритроцитах ЦП **меньше 0,8 (гипохромия)**, которая обычно имеет место при дефиците в организме железа), при повышенном — **больше 1,05 (гиперхромия)**, наблюдающаяся при недостатке в организме витамина В₁₂ и/или фолиевой кислоты).

МСНС (Mean Corpuscular Hemoglobin Concentration) — **средняя концентрация гемоглобина в эритроците**. Для его вычисления необходимо знать величину гематокрита (НТС) и содержание Hb в 100 мл крови (г% или г/дл). Вычисляется по формуле:

$$\text{МСНС} = \frac{\text{Hb(г/дл)}}{\text{НТС(\%)}} \times 100 \%$$

Различия между МСН и МСНС заключаются в том, что МСН указывает на массу гемоглобина в одном эритроците, тогда как МСНС даёт информацию об отношении содержания гемоглобина к объёму клетки. Он напрямую связан с синтезом гемоглобина и отражает *насыщение* эритроцита гемоглобином.

В норме МСНС составляет **30–37 г/дл**. В отличие от МСН, МСНС не зависит от клеточного объёма, его снижение является чувствительным показателем нарушения гемоглобинообразования. Увеличение данного

показателя в абсолютном большинстве случаев указывает на наличие ошибки при определении показателей красной крови.

MCV (mean corpuscular volume) — **средний объём эритроцитов**. В современных гематологических анализаторах значение MCV представляет собой среднюю величину объёма всех измеренных эритроцитов. Также его можно рассчитать по формуле:

$$\text{MCV} = \frac{\text{НТС}(\%) \times 10}{\text{Эритроциты} \times 10^{-12}}$$

Показатель MCV используется для оценки микро-, нормо- и макроцитоза. В норме средний объём эритроцита составляет 80–100 фл⁴. Эти значения MCV характерны для нормоцитов. Если величина MCV меньше 80 фл, диагностируется микроцитоз, если больше 100 фл — макроцитоз.

Необходимо учитывать, что MCV может иметь нормальное значение при наличии у пациента одновременно выраженного макро- и микроцитоза, поэтому MCV всегда следует рассматривать в совокупности с эритроцитарной гистограммой и показателем RDW.

RDW (Red Cell Distribution Width) — **ширина кривой распределения эритроцитов**, рассчитывается как коэффициент вариации среднего объёма эритроцитов по формуле:

$$\text{RDW} = \frac{\text{SD} \times 100 \%}{\text{MCV}},$$

где SD — стандартное отклонение объёма эритроцитов от среднего значения.

В норме показатель RDW составляет 11,5–14,5 %. Увеличение значения RDW указывает на высокую степень гетерогенности эритроцитов (анизоцитоз), при этом MCV становится малоинформативным в силу своей усреднённости. С другой стороны, при наличии в крови клеток с изменённым, но однородным объёмом (например, микроцитов), значение RDW может быть в пределах нормы, так как оно характеризует колебания объёма клеток внутри популяции и не связано с абсолютной величиной объёма эритроцита.

Графически увеличение RDW отображается уплощением и увеличением ширины эритроцитарной гистограммы (рис. 15.2). Повышение RDW, характерно для анемий с выраженным анизоцитозом — железodefицитной, В₁₂-дефицитной.

⁴ 1 фл = 1 мкм³ = 10⁻¹⁵ л.

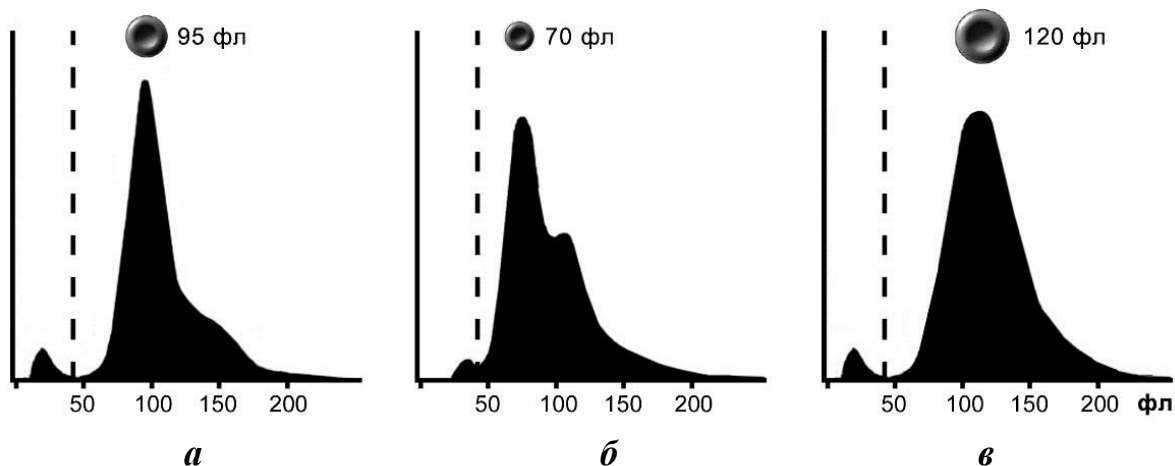


Рис. 15.2. Кривые распределения эритроцитов и тромбоцитов:
a — нормальная гистограмма (MCV — 96 фл, RDW — 13,6 %), прерывистая вертикальная черта (35 фл) — граница дифференциации тромбоцитов (левее) и эритроцитов (правее); *б* — выраженный анизоцитоз, присутствие двух популяций эритроцитов с преобладанием микроцитов; *в* — анизоцитоз с преобладанием макроцитов

Указания к оформлению протокола. Рассчитайте эритроцитарные индексы исследуемой крови, пользуясь данными предыдущих работ. Оцените полученный результат, сравнив полученные показатели с нормой.

ПРОТОКОЛ	
1. Содержание гемоглобина в исследуемой крови равно _____ г/л. Количество эритроцитов в исследуемой крови равно _____ × ____/л.	
2. Рассчитайте показатели:	
Показатель	Норма (с единицами измерения)
МСН = : = × 10 ⁻¹² г =	
ЦП = × : =	
3. Вывод: _____	

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 16. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ ЛЕЙКОЦИТОВ, ТРОМБОЦИТОВ. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО КЛИНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРОВИ. ГЕМОЦИТОПОЭЗ

Основные вопросы:

1. Скорость оседания эритроцитов (СОЭ): определение, факторы, влияющие на нее. Диагностическое значение СОЭ.
2. Лейкоциты, их виды, количество, функции. Лейкоцитарная формула, возрастные особенности. Лейкоцитоз и лейкопения.
3. Понятие об уровнях и механизмах неспецифической и специфической защиты (резистентности) организма.
4. Тромбоциты: особенности строения, количество, функции.
5. Общий клинический анализ крови и физиологическая оценка его результатов.
6. Принципы ручных и автоматизированных методов исследования состава крови: подсчет форменных элементов крови, определение гемоглобина, гематокрита и др.
7. Гемопоэз. Нервные и гуморальные механизмы регуляции гемопоэза. Роль витаминов (B_{12} , B_9 и др.) и микроэлементов (Fe^{2+} и др.), последствия их дефицита. Влияние факторов внешней среды на гемопоэз.

Вопросы для самоподготовки:

1. Чем отличаются полипотентные стволовые кроветворные клетки от олиго- и унипотентных стволовых клеток?
2. Перечислите основные условия нормального гемопоэза здорового человека. Назовите суточные потребности здорового молодого человека в основных витаминах, микроэлементах, незаменимых компонентах пищи для обеспечения нормального гемопоэза.
3. Назовите места и органы кроветворения (миелопоэза и лимфопоэза) у эмбриона, плода, новорожденного, взрослого человека.
4. Как изменится СОЭ при анемии, нарушении белоксинтезирующей функции печени, гипергаммаглобулинемии, эритроцитозе?
5. Назовите три признака острого воспаления согласно общему анализу крови.
6. Какие признаки позволяют отличить физиологический лейкоцитоз от реактивного и почему?
7. Как изменится скорость оседания эритроцитов (СОЭ) при уменьшении частичного отрицательного заряда (дзета-потенциала) их мембраны?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего издания, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 216–225.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 498–507, 522–533.

2. *Морфология и функции клеток костного мозга и крови* // Гематология : новейший справочник / под общ. ред. К. М. Абдулкадырова. Москва : Эксмо; СПб. : Сова, 2004. 928 с. Гл. 3. С. 39–61.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 16.1. ИЗУЧЕНИЕ МЕХАНИЗМОВ РЕГУЛЯЦИИ ГЕМОПОЭЗА НА СЛАЙДАХ И СХЕМАХ. ИЗУЧЕНИЕ ПОТРЕБНОСТИ В ВИТАМИНАХ, МИКРОЭЛЕМЕНТАХ И НЕЗАМЕНИМЫХ КОМПОНЕНТАХ ПИЩИ ДЛЯ НОРМАЛЬНОГО ГЕМОПОЭЗА (выполняется дома самостоятельно с использованием ЭУМК)

Заполните табл. 16.1 и 16.2. Изучите суточную потребность и роль важнейших витаминов и микроэлементов для гемопоэза.

Таблица 16.1

Суточная потребность в витаминах

Название	Суточная потребность	Назначение
Витамин В ₂ (рибофлавин)		Для нормального осуществления окислительно-восстановительных реакций. При недостатке может развиваться анемия гипорегенеративного типа
Витамин В ₆ (пиридоксин)		Для образования гема в эритроцитах. При недостатке вследствие нарушения образования гемоглобина развивается анемия
Витамин В ₉ (фолиевая кислота)		Для синтеза ДНК в клетках костного мозга, поставляет один из нуклеотидов. При недостатке наблюдается ускорение разрушения эритроцитов и развивается анемия
Витамин В ₁₂ (цианокобаламин)		Для синтеза нуклеопротеинов, созревания и деления клеток. При недостатке витамина в костном мозге образуются мегалобласты — крупные медленно созревающие клетки; из них образуются короткоживущие крупные эритроциты (мегалоциты). Вследствие замедленного поступления в кровь эритроцитов и их быстрого разрушения развивается В ₁₂ -дефицитная анемия

Название	Суточная потребность	Назначение
Витамин С		Для нормального эритропоза на его основных этапах. Способствует всасыванию железа из ЖКТ, его мобилизации из депо; метаболизму фолиевой кислоты
Витамин Е (α-токоферол)		Совместно с селеном защищает мембраны клеток от действия продуктов перекисного окисления. При недостатке возрастает вероятность гемолиза эритроцитов
Витамин РР (никот. к-та)		Защищает мембрану эритроцитов и гемоглобин от окисления. Входит в состав НАД и НАДФ

Таблица 16.2

Суточная потребность в микроэлементах

Название	Суточная потребность	Назначение
Железо		Для образования гемо- и миоглобина; ферментов транспортной цепи электронов в митохондриях; синтеза ДНК; деления клеток; эффективной работы детоксикационных механизмов при участии цитохрома Р-450
Кобальт		Для синтеза гемоглобина; способствует утилизации железа. Для стимуляции синтеза и выделения эритропоэтина в почке. При недостатке кобальта развивается анемия
Медь		Для всасывания железа в ЖКТ, мобилизации его резервов из печени и ретикулярных клеток
Цинк		Для обеспечения функций фермента карбоангидразы. При недостатке цинка развивается лейкопения
Селен		Для защиты мембран клеток (в том числе клеток крови) от действия продуктов перекисного окисления и предотвращения гемолиза эритроцитов; входит в состав дейодиназ, участвующих в конверсии гормона щитовидной железы тироксина (Т ₄) в трийодтиронин (Т ₃)

Работа 16.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЭ ПО МЕТОДУ ПАНЧЕНКОВА

Эритроцитам свойственно оседаться на дно сосуда (особенно при условии отсутствия свертывания крови). Это обусловлено тем, что удельный вес эритроцитов (1,096 г/мл) выше, чем плазмы (1,027 г/мл).

Вначале оседают не связанные между собой эритроциты, затем наступает их агломерация, и скорость оседания возрастает. **В норме у молодых здоровых людей СОЭ составляет у мужчин 1–10 мм/ч, у женщин — 2–15 мм/час.**

Важнейшими факторами, влияющими на СОЭ, являются соотношение различных видов белков плазмы крови, количество эритроцитов и их заряд (дзета-потенциал).

Считается, что уменьшение отрицательного заряда мембраны эритроцитов, экранируемого положительно заряженными компонентами крови, или же увеличение расстояния между эритроцитами при анемиях или гемодилузии приводит к увеличению СОЭ и наоборот. В результате СОЭ повышается:

- при многих заболеваниях или после вакцинации из-за увеличения содержания в крови провоспалительных белков (С-реактивного белка, иммуноглобулинов, фибриногена и др.) и/или снижения содержания альбуминов;

- при снижении количества эритроцитов (в т. ч. у женщин по отношению к мужчинам);

- в физиологических условиях во время беременности (в т. ч. и в связи с повышением концентрации Ca^{2+}) или при голодании.

Уменьшение СОЭ вызывают:

- эритроцитоз (альпинисты, горцы) и/или уменьшение объема циркулирующей плазмы (усиленное потоотделение и т. п.);

- повышение содержания альбуминов или желчных пигментов.

Изменением СОЭ сопровождаются многие заболевания. Так, при большинстве инфекционных, воспалительных и аутоиммунных заболеваний (вследствие гиперглобулинемии и/или гиперфибриногенемии), болезнях почек с нефротическим синдромом (из-за потери альбуминов с мочой и развития гипоальбуминемии), злокачественных опухолях и гемобластозах (по причине увеличения содержания в крови крупномолекулярных белков и/или угнетения эритропоэза и развития анемии), эндокринных заболеваниях (тиреотоксикозе и сахарном диабете) и анемиях различного генеза отмечается повышение СОЭ. Уменьшение СОЭ, вплоть до полного прекращения оседания, бывает при эритремии.

Материалы и оборудование: кровь (лабораторного животного) в пробирке, прибор Панченкова, часовое стекло (предметное стекло с углублением), либо фарфоровая чашечка; СГО, антисептик, 5%-ный раствор лимоннокислого натрия, емкость с дезраствором, комнатный термометр.

Ход работы. Для определения СОЭ используется прибор Панченкова. Пипетку (капилляр) прибора промойте 5%-ным раствором лимоннокислого натрия, наберите цитрат до метки Р (реактив, 50 делений) и осторожно выдуйте его на сухое часовое стекло. Затем дважды наберите кровь из пальца до метки К (кровь, 100 делений). Кровь тщательно перемешайте с лимоннокислым натрием на часовом стекле. Смесь наберите в ту же пипетку до метки О. Пипетку поставьте в штатив на 1 ч строго вертикально. Через час оцените разницу (в миллиметрах) между уровнями плазмы и осевших эритроцитов крови.

При определении СОЭ строго соблюдайте: точность соотношения цитрата и крови — 1 : 4; вертикальность расположения пипетки в штати-

ве; температуру в помещении — 18–22 °С (при более низкой температуре СОЭ может замедляться, а при более высокой — увеличиваться).

Указания к оформлению протокола:

1. Зарисуйте прибор Панченкова.
2. Ответьте на вопросы, имеющиеся в протоколе.
4. Оцените полученный результат, сравнив его с нормой

	ПРОТОКОЛ
	1. СОЭ исследуемой крови = _____ мм/ч. 2. В норме СОЭ: у мужчин _____ мм/ч; у женщин _____ мм/ч. 3. При определении СОЭ кровь смешивают с 5 % раствором лимоннокислого Na, для _____
Прибор Панченкова (нарисуйте)	Вывод _____

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ОПРЕДЕЛЕНИЕ СОЭ ПО МЕТОДУ ВЕСТЕРГРЕНА

Этот метод определения СОЭ широко распространён в мире и в последнее время всё чаще используется в нашей стране. Забор крови проводится в вакуумную пробирку с противосвертывающим раствором ЭДТА. Измерение СОЭ проводится в капилляре Вестергрена со шкалой 200 мм и внутренним диаметром 2,5 мм (на автоматических анализаторах величина СОЭ определяется с учетом поправки на температуру). Считается, что в этих условиях СОЭ определяется более точно.



Результаты измерений СОЭ в мм/ч методами Панченкова и Вестергрена совпадают или близки при низких значениях СОЭ. Нормальными величинами СОЭ по Вестергрену являются: в возрасте до 10 лет — до 10 мм/ч; до 50 лет — до 15 мм/ч (муж) и до 20 мм/ч (жен); старше 50 лет — до 20 мм/ч (муж) и до 30 мм/ч (жен).

При повышенной СОЭ её значения, полученные разными методами, могут существенно различаться. Так при СОЭ 45 мм/ч по Панченкову она составляет 57 мм/ч по Вестергрену, т. е. отличается в сторону более высоких значений.

Лейкоцитарная формула дает представление об **относительном** содержании лейкоцитов. Абсолютное количество различных видов лейкоцитов рассчитывают по формуле:

$$N = A \cdot B / 100,$$

где *A* — % содержание того или иного вида лейкоцитов; *B* — общее количество лейкоцитов в 1 л крови; *N* — абсолютное количество того или иного вида лейкоцитов в 1 л крови.

Подсчет лейкоцитарной формулы осуществляется в мазке крови, окрашенной по Романовскому–Гимзе (см. одноименный рисунок в раздел «Атлас» в ЭУМК в разделе по теме занятия, либо в электронном атласе в компьютерном классе кафедры).

Ход работы. Изучите морфологию различных видов лейкоцитов на микрофотографиях. С учётом размера клеток, формы ядра, характера окраски ядра и цитоплазмы, наличия или отсутствия гранул в цитоплазме и их окраски, величины ядерно-цитоплазматического соотношения, подсчитайте соотношение различных форм лейкоцитов (в %) в окрашенной мазке крови по его фотографии, используя формулу:

$$A (\%) = l \cdot 100 / L,$$

где *l* — количество лейкоцитов определенного вида; *L* — общее количество лейкоцитов в мазке крови.

Для оценки размеров клеток сравнивайте их с размером эритроцитов (6–8 мкм).

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите подсчитанное число различных форм лейкоцитов в таблицу.
2. Рассчитайте процентное содержание различных форм лейкоцитов, округлив до целых, сравните результаты расчёта с данными у других студентов группы.

Оцените полученный результат, сравнив его с нормой.

ПРОТОКОЛ								
Содержание различных видов лейкоцитов в крови взрослого человека								
Общее число лейкоцитов	Нейтрофилы			Эозинофилы	Базофилы	Моноциты	Лимфоциты	
	ю	п	с					
В мазке, клеток								
В мазке, в %								
Норма, %	100	0–1	1–5	47–76	1–5	0–1	2–10	18–40

Вывод. Лейкоцитарная формула: _____
 (в норме; базо-, эозино-, нейтрофилия (или -пения); моноцитоз, лимфоцитоз; моноцитопения, лимфоцитопения; сдвиг влево или вправо).

Работа 16.5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА РЕЗУЛЬТАТОВ ОБЩЕГО АНАЛИЗА КРОВИ

Общий клинический анализ крови — одно из самых распространенных лабораторных исследований, включающее определение следующих основных показателей:

- 1) количества эритроцитов в 1 л крови;
- 2) содержания гемоглобина (г/л);
- 3) расчета цветового показателя;
- 4) скорости оседания эритроцитов;
- 5) количества лейкоцитов в 1 л крови;
- 6) лейкоцитарной формулы.

К дополнительным исследованиям относят: определение количества тромбоцитов в 1 л крови, подсчет процентного содержания ретикулоцитов и некоторые другие показатели.

По показателям общего клинического анализа крови врач может оценить дыхательную функцию крови (по концентрации гемоглобина и количеству эритроцитов), интенсивность эритропоэза (по количеству ретикулоцитов), интенсивность лейкопоэза (по количеству незрелых форм лейкоцитов и сдвигу лейкоцитарной формулы), предположить наличие инфекционно-воспалительных и аутоиммунных процессов в организме и т. д.

Ход работы. А. Проанализируйте результаты общего анализа крови, полученного при помощи гематологического анализатора.

Список сокращений основных гематологических показателей, получаемых при автоматическом анализе крови на гематологических анализаторах:

WBC (white blood cells) — общее число лейкоцитов;

RBC (red blood cells) — количество эритроцитов;

HGB (hemoglobin) — содержание гемоглобина;

HCT (hematocrit) — показатель гематокрита;

MCV (mean corpuscular volume) — средний объем эритроцита;

MCH (mean corpuscular hemoglobin) — среднее содержание гемоглобина в эритроците;

MCHC (mean corpuscular hemoglobin concentration) — содержание гемоглобина в 100 мл эритроцитов (концентрация гемоглобина в одном эритроците);

PLT (platelets) — количество тромбоцитов;

W-SCR — процентное содержание лейкоцитов малого размера, т. е. лимфоцитов;

W-LCR — процентное содержание лейкоцитов большого размера, т. е. суммарное процентное содержание нейтрофилов + моноцитов + базофилов + эозинофилов;

W-SCC или **LYMPH** — абсолютное количество лейкоцитов малого размера, т. е. лимфоцитов;

W-LCC или **MO + GR** представляет собой абсолютное количество клеток большого размера, т. е. суммарное количество нейтрофилов + моноцитов + базофилов + эозинофилов;

RDW (red cell distribution width) — ширина распределения эритроцитов по объему;

PDW (platelet distribution width) — ширина распределения тромбоцитов по объему;

MPV (mean platelet volume) — средний объем тромбоцитов.

Содержание тромбоцитов (**PLT**) в периферической крови в норме составляет $(150-450) \cdot 10^9/\text{л}$. Средний объем тромбоцитов (**MPV**) в норме составляет 6,5–12 фл.

Таблица 16.3

Показатели красной крови у взрослых здоровых людей, получаемые с помощью автоматических и полуавтоматических гемоанализаторов

Группа	Общее число эритроцитов (RBC $\cdot 10^{12}/\text{L}$)	Ретикулоциты (%)	Гемоглобин HGB (g/L)	Гематокрит HCT (L/L)	MCV (fl)	MCH (pg)	MCHC (g/dL)	RDW (%)
Взрослые мужчины	3.9–5.1	0.5–1.2	130–170	0.40–0.49	80–100	25.4–34.6	30–37	11.5–14.5
Взрослые женщины	3.7–4.9	0.5–1.2	120–150	0.36–0.42	79–98	25.4–34.6	30–36	11.5–14.5

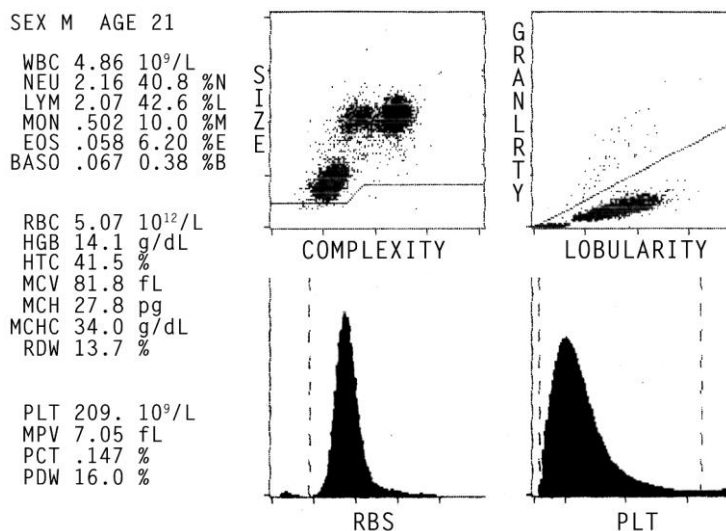


Рис. 16.2. Общий анализ крови⁵:

⁵ Среди новых тромбоцитарных показателей в современных гематологических анализаторах используются: IPF (*Immature Platelet Fraction*) — фракция незрелых тромбоцитов. Отражает состояние костномозгового тромбоцитопоэза. В норме 1,0–10,3 %; MPC (*Mean Platelet Component*) — средний тромбоцитарный компонент. Характеризует плотность и гранулярность тромбоцитов, повышается при активации тромбоцитов. В норме $259 \pm 6,6$.

Size — размер лейкоцитов; *complexity* — сложность строения; *granlrty* — гранулярность; *lobularity* — дольчатость ядер.

Рассчитайте ЦП: _____

Вывод: _____

(*гипо-, нормо- или гиперхромия*)

Б. Проанализируйте результаты ОАК молодой женщины. Рассчитайте цветовой показатель, МСН, индекс сдвига. В заключении укажите отклонения от нормы (при наличии).

ПРОТОКОЛ

Показатель	Норма	Результат	Оценка
1. Эритроциты (RBC)	$(3,9-5,1) \times 10^{12}/л, м$ $(3,7-4,9) \times 10^{12}/л, ж$	$3,4 \times 10^{12}/л$	
2. Гемоглобин (HGB)	130–170 г/л, м 120–150 г/л, ж	110 г/л	
3. Цвет. показатель (ЦП)	0,8–1,05	=	
4. МСН	25,4–34,6 пг	=	
4. Лейкоциты (WBC)	$(4-9) \times 10^9/л$	$12,6 \times 10^9/л$	
5. Лейкоцитарная формула:	100 %	=	
5.1. Нейтрофилы:			
миелоциты	0 %	1 %	
юные	0–1 %	2 %	
палочкоядерные	1–5 %	9 %	
сегментоядерные	47–76 %	48 %	
5.2. Эозинофилы	1–5 %	3 %	
5.3. Базофилы	0–1 %	1 %	
5.4. Моноциты	2–10 %	7 %	
5.5. Лимфоциты	18–40 %	29 %	
6. СОЭ	1–10 мм/ч, м 2–15 мм/ч, ж	18 мм/ч	
Индекс сдвига ⁶	0,05–0,1	=	
Ретикулоциты	0,5–1,2 %	0,6 %	
Тромбоциты	$(140-450) \times 10^9/л$	$518 \times 10^9/л$	

Заключение: _____

⁶ Индекс сдвига (индекс регенерации) — это **отношение** количества миелоцитов, юных и палочкоядерных нейтрофилов к количеству сегментоядерных нейтрофилов.

РУЧНЫЕ И АВТОМАТИЗИРОВАННЫЕ МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ ПОКАЗАТЕЛЕЙ ОБЩЕГО КЛИНИЧЕСКОГО АНАЛИЗА КРОВИ

Для проведения общего анализа крови многие десятилетия использовались *ручные методы, основанные на двух принципах: разведения и оптического подсчета клеток под микроскопом или оптического измерения продуктов химических реакций гемоглобина* с последующей математической обработкой полученных данных. Измерение показателей общего анализа крови ручными методами рассматривались в лабораторных работах 14 и 15 (настоящего) занятий.

Опытный лаборант за рабочую смену мог сделать 10–12 полных анализов крови. При этом процент ошибок при ручном подсчете клеток крови (даже у опытных лаборантов) составлял: для нормального количества лейкоцитов 6–7 %, а при лейкопении — 15 %, для эритроцитов — 2–4 %, для тромбоцитов — 7–23 %.

В последние десятилетия в проведении гематологического анализа произошли значительные изменения, обусловленные созданием высокотехнологичных мультипараметрических систем для его осуществления. В отличие от трудоемких ручных методов исследования, автоматический и полуавтоматический анализаторы крови позволяют исследовать до 100 и более проб в час. При этом используется не более 150 мкл крови. Особое преимущество автоматического анализа — высокая точность исследования (величина ошибки не превышает 1–3 %), поскольку подсчету подвергается обычно около десяти тысяч клеток.

В современных гемоанализаторах для подсчета клеток крови используется принцип проточной цитометрии с кондуктометрическим и/или оптическим методами регистрации сигналов прохождения суспензии форменных элементов через суженный участок капилляра со скоростью до 30 м/с. Концентрацию клеток в суспензии и скорость ее потока подбирают с учетом допустимой для прибора скорости регистрации (обычно 1000 клеток в секунду). Кондуктометрический метод регистрации, разработанный братьями Coulter в 1956 г., основан на измерении разницы электропроводности клеток крови и используемого для разбавления жидкости (электролита). Причем этот метод позволяет не только подсчитать количество клеток, но и охарактеризовать объем каждой проходящей через апертурное отверстие клетки, поскольку амплитуда сигнала пропорциональна объему замещенного электролита. Определение объемов позволяет дифференцировать эритроциты и тромбоциты, а после лизиса клеток

проводить подсчет лейкоцитов по их ядрам, а также дифференцировать лейкоциты по размерам ядер на малые и большие. Измерение объемов клеток позволяет рассчитать их средний объем и степень их анизоцитоза, а также построить гистограммы распределения основных клеточных популяций по их объему. Кроме того, в результате суммирования прямо измеренных объемов эритроцитов в единице объема крови можно получить показатель гематокрита. Разновидностью кондуктометрического метода является радиочастотный анализ, когда клетки крови проходят апертурное отверстие в поле тока высокой частоты.

В основе оптического метода лежит анализ колебаний интенсивности проходящего через раствор крови светового потока в результате его частичного поглощения и рассеивания клетками крови, а также их флюоресценции после предварительного добавления к ним специальных красителей. В качестве источников света и для возбуждения флюоресценции используют газовые лазеры или дуговые ртутные лампы. Сигналы регистрируют по 5 параметрам: прямое светорассеяние (под углом $0,5-2^\circ$) для оценки размеров клетки; угловое светорассеяние (под углом $15-150^\circ$) для изучения гранулярности цитоплазмы; ослабление осевого света (светопоглощение) для анализа размеров и плотности клеток; флюоресценция (в том числе поляризация (поляризация света лазера) флюоресценции и анализ флюоресцентных сигналов волновой формы) для изучения специфических клеточных компонентов, структур, ферментов и т. д. Оптический метод дает возможность производить дифференциальный подсчет всех основных типов лейкоцитов: эозинофилов, базофилов, нейтрофилов, моноцитов и лимфоцитов. Для определения содержания гемоглобина в большинстве гематологических анализаторов используется гемоглобинцианидный метод. Знание показателей гематокрита, гемоглобина и эритроцитов позволяет рассчитать эритроцитарные индексы: средний объем эритроцитов, среднее содержание гемоглобина в эритроците, среднюю концентрацию гемоглобина в эритроците и др.

Следует отметить, что такой показатель общего анализа крови, как скорость оседания эритроцитов, до сих пор определяется ручным способом.

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 17. ГРУППЫ КРОВИ. КОМПОНЕНТЫ И ПРЕПАРАТЫ КРОВИ. КРОВЕЗАМЕНИТЕЛИ. ГЕМОСТАЗ

Основные вопросы:

1. Системы групп крови: АВ0, Rh, HLA и др. Определение группы крови в системе АВ0 и Rh.
2. Понятие о компонентах, препаратах крови и кровезаменителях. Принципы переливания компонентов крови.
3. Факторы риска при работе с кровью для медицинского персонала, реципиентов и доноров.
4. Понятие о системе гемостаза и его звеньях.
5. Первичный и вторичный гемостаз и основные методы их оценки.
6. Понятие о методах оценки первичного и вторичного гемостаза. Определение длительности кровотечения по Дюке. Проба жгута.
7. Понятие об антикоагулянтной системе и системе фибринолиза, их функции.

Вопросы для самоподготовки:

1. В чем важнейшие отличия системы АВ0 от системы резус-фактора?
2. По результатам смешивания исследуемой крови со стандартными сыворотками определите группу крови:

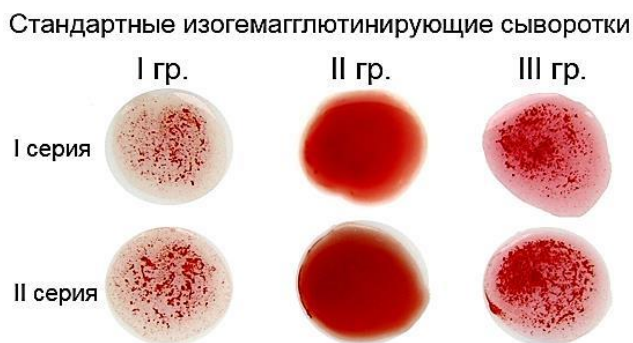


Рис. 17.1

3. Врач смешал исследуемую кровь со стандартными сыворотками в соотношении 10 : 1. Возможно ли определение групп крови и почему?
4. Что такое резус-конфликт, и как предотвратить его?
5. В чем заключается отличие методов определения группы крови системы АВ0 с помощью стандартных сывороток и моноклональных реагентов?
6. Какова методика выполнения пробы на индивидуальную совместимость крови реципиента и донора, а также биологической пробы?

7. Какова роль фактора Виллебранда?

8. Почему при тяжёлых заболеваниях печени возрастает время кровотечения?

9. Какие из перечисленных показателей и лабораторных проб (проба жгута, протромбиновый индекс, время кровотечения по Айви или по Дюке, содержание фибриногена, количество тромбоцитов в крови) характеризуют первичный гемостаз, а какие — вторичный гемостаз?

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии и смежных дисциплин, материалы настоящего издания, материалы электронного атласа и ЭУМК.

2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 225–234.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 507–522.

2. *Современное представление о системе гемостаза. Кроветворение* // Гематология : новейший справочник / под общ. ред. К. М. Абдулкадырова. Москва : Эксмо; Санкт-Петербург : Сова, 2004. 928 с. Гл. 1, 11. С. 9–31, 221–249.

ЛАБОРАТОРНЫЕ РАБОТЫ

Работа 17.1. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРОВИ В СИСТЕМЕ АВ₀ ПРИ ПОМОЩИ СТАНДАРТНЫХ СЫВОРОТОК (ДЕМОНСТРАЦИОННАЯ РАБОТА)

Групповую принадлежность исследуемой крови определяют по реакции гемагглютинации с помощью стандартных сывороток. В ее основе лежит взаимодействие между антигенами эритроцитов исследуемой крови и соответствующими антителами стандартной сыворотки. Так как антитела, содержащиеся в стандартных сыворотках, заранее известны, то по результатам наличия или отсутствия агглютинации можно определить, какие антигены находятся на поверхности эритроцитов, и, значит, к какой группе в системе АВ₀ принадлежит исследуемая кровь.

Материалы и оборудование: стандартные сыворотки 0 α β (I), A β (II), B α (III) и АВ₀(IV) групп двух различных серий с пипетками к ним; планшеты для определения групп крови (рис. 17.2); изотонический (0,9%-ный) раствор NaCl; предметные стекла; кровь лабораторного животного в пробирке; ска-

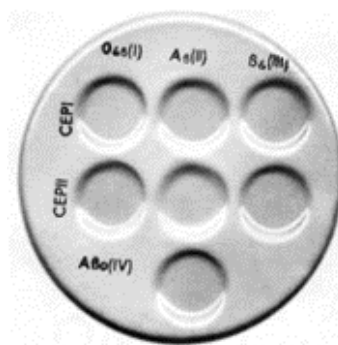


Рис. 17.2

рификаторы (только для демонстрации); вата; антисептик; СГО, термометр для измерения температуры воздуха, емкость с дезраствором.

Ход работы. Определение группы крови производят в помещении с хорошим освещением при температуре 15–25 °С.

В соответствующую лунку планшета нанесите 0,1 мл (1 большая капля) каждой стандартной сыворотки. (Сыворотка наносится по порядку: слева направо – сыворотка первой группы, затем второй, затем третьей, то есть: $\alpha\beta - \beta - \alpha$).

Нанесите каплю крови на предметное стекло. Затем разными уголками другого предметного стекла (либо стеклянными палочками) последовательно внесите кровь в капли сыворотки и тщательно размешайте. Капля вносимой крови должна быть в 10 раз меньше капли сыворотки. Затем путем покачивания планшета тщательно перемешайте кровь с сывороткой. Наблюдение за ходом реакции проводите не менее 5 мин, несмотря на то что агглютинация начинается в течение первых 10–30 с, так как возможна поздняя агглютинация, например, с эритроцитами группы $A_2\beta(II)$. По мере наступления агглютинации, но не ранее чем через 3 мин, в те капли, в которых наступила агглютинация, добавьте по 1 капле изотонического раствора NaCl и продолжайте наблюдение при покачивании тарелки до окончания 5 мин, после чего оцените результат.

Реакция в каждой капле может быть положительной или отрицательной. При положительной реакции в смеси появляются видимые невооруженным глазом мелкие красные зернышки (агглютинаты), состоящие из склеенных эритроцитов. Они постепенно группируются в более крупные зерна или хлопья неправильной формы, а сыворотка частично обесцвечивается. В случае отрицательной реакции на протяжении всего времени наблюдения содержимое каплей остается равномерно окрашенным в красный цвет, и в нем не обнаруживаются агглютинаты (хлопья или зерна). Результаты реакции в каплях с сыворотками одной группы обеих серий должны быть одинаковыми.

Возможны четыре различных комбинации реакций:

1) агглютинины стандартных сывороток всех трех групп не вызвали реакции агглютинации и все капли остались равномерно окрашенными в красный цвет. В этом случае испытуемая кровь принадлежит к группе $O\alpha\beta(I)$;

2) агглютинины стандартных сывороток групп $O\alpha\beta(I)$ и $B\alpha(III)$ вызвали положительную реакцию агглютинации, а сыворотки группы $A\beta(II)$ — отрицательную. Испытуемая кровь принадлежит к группе $A\beta(II)$;

3) агглютинины стандартных сывороток групп $O\alpha\beta(I)$ и $A\beta(II)$ вызвали положительную реакцию агглютинации, а сыворотки группы $B\alpha(III)$ — отрицательную. Испытуемая кровь принадлежит к группе $B\alpha(III)$;

4) агглютинины стандартных сывороток всех трех групп вызвали положительную реакцию агглютинации. Испытуемая кровь принадлежит к группе АВ₀(IV). Однако, прежде чем дать такое заключение для исключения неспецифической агглютинации необходимо провести дополнительное контрольное исследование со стандартной сывороткой АВ₀(IV) группы по той же методике в свободном (чистом) квадрате тарелки. Отсутствие агглютинации в этом исследовании позволяет считать ранее полученные реакции специфическими и отнести исследуемую кровь к группе АВ₀(IV). Агглютинация с сывороткой группы АВ₀(IV) может произойти по причине неспецифической агрегации эритроцитов (исключить это помогает дополнительное внесение 0,9 % NaCl), либо агглютинация эритроцитов антителами сыворотки, не относящимися к системе АВ₀. В этом случае исследование следует повторить с другим набором стандартных сывороток, либо с моноклональными антителами.

Ошибки при определении групповой принадлежности крови возможны в ситуациях, когда агглютинация не выявляется или появляется ложная агглютинация.

Невыявление агглютинации может быть обусловлено: 1) замедлением этой реакции при высокой температуре окружающей среды > 25 °С (помните, что определение групповой принадлежности крови можно проводить только при температуре в помещении от 15 до 25 °С); 2) добавлением к стандартным сывороткам избыточного количества исследуемой крови, что ведет к снижению в них титра агглютининов (помните, что капля вносимой крови должна быть в 10 раз меньше капли сыворотки); 3) слабой активностью стандартной сыворотки или низкой агглютинабельностью эритроцитов.

Выявление ложной агглютинации при ее фактическом отсутствии может быть обусловлено подсыханием капли сыворотки и образованием «монетных» столбиков эритроцитов или проявлением холодовой агглютинации при понижении температуры < 15 °С. Добавление капли изотонического раствора хлорида натрия к исследуемой смеси сыворотки и крови и проведение исследования при температуре выше 15 °С позволяют избежать указанных ошибок.

Примечание. При получении сомнительного или нечеткого результата при первом определении группы крови проводят повторное исследование групповой принадлежности той же крови со стандартными сыворотками других серий. Если результаты остаются неясными, то следует определить группу крови перекрестным способом при помощи стандартных сывороток и стандартных эритроцитов или с помощью моноклональных антител (см. дополнение).

Указания к оформлению протокола:

1. Заполните табл. 17.1 и 17.2. В табл. 17.1 укажите, какие агглютинины и агглютиногены содержатся в крови $0\alpha\beta(I)$, $A\beta(II)$, $B\alpha(III)$ и $AB_0(IV)$ групп. В табл. 17.2 укажите, в каком случае происходит (+) или не происходит (-) агглютинация.

2. Зарисуйте схему опыта определения группы крови в системе АВ0 для исследовавшейся на занятии крови.

3. Сделайте вывод, к какой группе в системе АВ0 относится исследовавшаяся кровь.

ПРОТОКОЛ							
<i>Таблица 17.1</i>				<i>Таблица 17.2</i>			
Группы крови	Агглютиногены (антигены) эритроцитов	Агглютинины (антитела) сыворотки	Группы крови	Группы стандартных сывороток			
				$0\alpha\beta(I)$	$A\beta(II)$	$B\alpha(III)$	$AB_0(IV)$
$0\alpha\beta(I)$			$0\alpha\beta(I)$				
$A\beta(II)$			$A\beta(II)$				
$B\alpha(III)$			$B\alpha(III)$				
$AB_0(IV)$			$AB_0(IV)$				

Укажите антитела в стандартных сыворотках:



Схема опыта определения группы крови в системе АВ0 (нарисуйте)

Вывод. Исследовавшаяся кровь относится к _____ группе в системе АВ0, т. к. ее эритроциты _____ (содержат / не содержат) _____ агглютиногены _____ (А, В)

Работа 17.2. ОПРЕДЕЛЕНИЕ РЕЗУС-ПРИНАДЛЕЖНОСТИ КРОВИ

Определение резус-принадлежности исследуемой крови проводят по такому же принципу, как и определение группы крови в системе АВ0. Исследуемую цельную кровь или взвесь эритроцитов смешивают с универсальной антирезусной сывороткой, содержащей антитела к резус-антигену. По истечении установленного времени смесь проверяют на наличие агглютинации, при появлении которой реакции считают положительной. Система резус, в отличие от системы АВ0, не имеет естественных агглютининов, но они могут появляться при иммунизации организма резус-несовместимой кровью.

Материалы и оборудование: универсальный реагент антирезус для экспресс-метода; 0,9 % раствор NaCl; резиновая пробка; кровь лабораторного животного в пробирке; вата, пинцет и стеклянная палочка в 6 % растворе перекиси водорода; пробирка, антисептик, СГО, ёмкость для сбора отработанного материала с дезраствором.

Ход работы. На дно пробирки помещают 1 каплю универсальной антирезусной сыворотки и 1 каплю исследуемой крови (или эритроцитов). Содержимое пробирки перемешивают встряхиванием; затем медленно поворачивают пробирку, наклоняя её почти до горизонтального положения таким образом, чтобы содержимое растекалось по стенкам — это делает реакцию более выраженной. Как правило, агглюцинация наступает в течение 1-й мин, но для образования устойчивого комплекса «антиген – антитело» и четко выраженной агглюцинации, а также ввиду возможности замедленной реакции при слабо выраженной агглютинирующей способности эритроцитов, контакт эритроцитов с реагентом следует проводить, вращая пробирку в горизонтальном положении не менее 5 мин, чтобы смесь растекалась по стенкам пробирки. Затем для исключения неспецифической агглюцинации эритроцитов в пробирку добавляют 2–3 мл изотонического раствора NaCl, закрывают пробирку пробкой и перемешивают, не взбалтывая, путем 2–3-кратного перевертывания пробирки. Оценку результатов проводят визуально.

В лабораториях одновременно с исследованием цельной крови производится контрольное исследование стандартных резус-положительных эритроцитов той же группы или группы I (0) по системе АВ0 и стандартных резус-отрицательных эритроцитов, обязательно одногруппных с исследуемой кровью.


Наличие агглютинации в виде хлопьев из эритроцитов на фоне просветленной жидкости указывает на резус-положительную принадлежность исследуемой крови (Rh^+). Отсутствие агглютинации указывает на резус-отрицательную принадлежность исследуемой крови (Rh^-).

Ошибки при определении групповой принадлежности крови по Rh-фактору как правило связаны с ситуациями, когда агглютинация не выявляется.

Отсутствие агглютинации для Rh^+ крови может быть обусловлено следующими причинами: 1) замедлением этой реакции при низкой температуре окружающей среды $< 15\text{ }^{\circ}\text{C}$ (определение групповой принадлежности крови можно проводить только при температуре в помещении от 15 до 25 $^{\circ}\text{C}$); 2) добавлением к универсальной антирезусной сыворотке избыточного или недостаточного количества исследуемой крови; 3) несоблюдением времени контакта эритроцитов с реагентом и ранним добавлением физраствора или интенсивным встряхиванием пробирки.

Указания к оформлению протокола:

1. Нарисуйте схему опыта определения резус-принадлежности исследуемой крови.
2. По результатам опыта сделайте вывод о резус-принадлежности исследованной крови (Rh^+ или Rh^-).

 <p>1 кап. _____ + 1 кап. _____ 5 мин 2-3 мл _____</p> <p>Рис. 17.3. Схема опыта определения резус-принадлежности крови (подпишите Rh^+ и Rh^-)</p>	<h3>ПРОТОКОЛ</h3> <p>Вывод: исследуемая кровь является _____ (Rh^+ или Rh^-), так как при смешивании её с универсальным реагентом антирезус в пробирке наблюдается _____ (да, нет) агглютинация.</p>
--	---

Работа 17.3. ОПРЕДЕЛЕНИЕ ГРУППЫ КРОВИ В СИСТЕМАХ АВ0 и Rh при ПОМОЩИ МОНОКЛОНАЛЬНЫХ АНТИТЕЛ (демонстрация)



Перед выполнением работы просмотрите учебные фильмы в компьютерном классе кафедры.

Для определения групп крови пока еще часто используются АВ0- и Rh-типизирующие реагенты, приготовленные из сыворотки человека, содержащей антитела к агглютиногенам эритроцитов. Для получения таких сывороток требуется большое количество донорской крови. Кроме того, титр природных антител в крови человека обычно низок, поэтому часто полученные сыворотки обладают низкой активностью, в связи с чем приходится использовать сыворотки, полученные от специально иммунизированных людей.

В настоящее время все большее распространение получает технология получения антител, основанная на слиянии злокачественной миеломной клетки с антителообразующим лимфоцитом мыши. В результате слияния образуется гибридная клетка (гибридома), наследующая основные свойства своих родителей: бессмертность и способность к непрерывному росту — от опухолевой клетки, и способность к продукции антител — от В-лимфоцита.

Антитела, секретируемые клетками-потомками таких гибридов, моноклональны, т. е. происходят из одного клона клеток, принадлежат к одному классу иммуноглобулинов, направлены против одного антигена, стандартны и могут быть получены в любых количествах.

Преимуществами моноклональных реагентов является их высокая активность, стандартность, надежность выявления соответствующих ан-

тигенов, отсутствие ложноположительных реакций, что, в первую очередь, связано с отсутствием антител другой специфичности. Моноклональные реагенты не являются продуктами клеток человека, поэтому в них исключено содержание вирусов гепатита и ВИЧ.

Для определения группы крови по системе АВ0 необходимо два вида моноклональных реагентов — анти-А и анти-В, которые продуцируются двумя различными гибридами и содержат соответственно α - и β -агглютинины. Для определения группы крови по системе Rh необходим моноклональный реагент анти-D (или по-другому анти-Rh), содержащий антитела анти-D.

Техника определения групп крови человека системы АВ0 и системы Rh с помощью моноклональных сывороток

На специальный планшет или фарфоровую тарелку наносят по одной большой капле реагентов анти-А, анти-В и анти-D под соответствующими надписями (анти-А, анти-В и анти-D). Рядом с каплями реагентов помещают по маленькой капле исследуемой крови (соотношение 10 : 1). Реагент тщательно перемешивают с кровью стеклянными палочками. Наблюдение за ходом реакции агглютинации проводят при легком покачивании тарелки в течение 5 мин.

Агглютинация с моноклональными реагентами обычно наступает в течение первых 3–5 с. Но наблюдение следует вести 5 мин ввиду возможности более позднего наступления агглютинации с эритроцитами, содержащими слабые разновидности антигенов. Оценка результатов реакции агглютинации представлена в таблице 17.3 и 17.4.

Таблица 17.3

Группа крови	Реакция исследуемых эритроцитов с моноклональными реагентами	
	анти-А	анти-В
0 $\alpha\beta$ (I)	–	–
A β (II)	+	–
B α (III)	–	+
AB0 (IV)	+	+

Таблица 17.4

Группа крови	Реакция исследуемых эритроцитов с моноклональным реагентом анти-D
Rh ⁺	+
Rh-	–

Ход работы. Работа выполняется с использованием компьютерной программы «PhysioEx». Для начала работы выберите «Access PhysioEx 9.0» → «Exercise 11: Blood Analysis» → «Activity 4: Blood Typing» → «Introduction (вкладка в верхнем меню)» и изучите распределение агглю-

тиногенов на поверхности эритроцитов разных групп (**Figure 11.3**, стр. 1 из 3), и методику определения групп крови с использованием моноклональных антител (видео **Blood Typing wet-lab video**, стр. 2 из 3).

Перейдите на вкладку «**Experiment**»⁷. Возьмите из автомата (Blood Typing Slide Dispenser) планшет для определения групп крови и перетащите его на рабочий стол. После этого лунки на планшете обозначатся символами A, B и Rh. Капните в лунки, начиная с «A», исследуемую кровь № 1 (Sample 1), затем по капле реагентов anti-A, anti-B и anti-Rh. Перемешайте кровь с реагентами при помощи палочек соответствующего цвета (Stirring Sticks). Использованные палочки выбрасывайте в пакет для отработанных биоматериалов (Biohazard).

Поместите планшет на осветительный столик справа и нажмите «**Light**». На появившемся изображении мышкой выберите «positive» под каплями, в которых произошла агглютинация крови, и «negative» под каплями, в которых агглютинация не произошла. Чтобы записать результаты, нажмите «**Record Data**». Выбросьте планшет в пакет для отработанных биоматериалов.

Ответьте на вопрос программы, появившиеся слева («**Predict Questions**»):

Если у пациента кровь группы AB0(IV) Rh⁻, что будет наблюдаться при смешивании крови с указанными моноклональными реагентами?

- a) A, агглютинация; B, отсутствие агглютинации; Rh, агглютинация;
- b) A, агглютинация; B, агглютинация; Rh, отсутствие агглютинации;
- c) A, отсутствие агглютинации; B, отсутствие агглютинации; C, агглютинация. Нажмите «**Submit**».

Проанализируйте образцы крови № 2–6. Для начала анализа поместите планшеты на рабочий стол. После анализа последнего образца определите группы исследуемой крови, выделив в электронном протоколе соответствующую строчку и щелкая по кнопкам «**A**», «**B**», «**AB**» или «**0**» и «**+**» или «**-**» для указания Rh-фактора.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите результаты в протокол. Определите группу крови в исследуемых образцах.

2. В выводе укажите, в чём отличия в определении групп крови при помощи стандартных изогемагглютинирующих сывороток и моноклональных антител. Объясните причину различий.

⁷ Отменить последнее действие можно при помощи кнопки «Undo», начать эксперимент заново — кнопкой «Reset».

ПРОТОКОЛ				
Образец крови	Агглютинация с реактивом (укажите «+» или «-»)			Группа крови
	anti-A	anti-B	anti-Rh	
1				
2				
3				
4				
5				
6				

Выводы. _____

Работа 17.4. ОПРЕДЕЛЕНИЕ И ФИЗИОЛОГИЧЕСКАЯ ОЦЕНКА ПОКАЗАТЕЛЕЙ ПЕРВИЧНОГО ГЕМОСТАЗА

В связи с тем, что кровотечение и тромбообразование в сосудах разных калибров протекают по-разному, различают два основных механизма гемостаза:

1) *микроциркуляторный, сосудисто-тромбоцитарный, или первичный*. С него начинаются все реакции гемостаза в капиллярах, венозных и артериальных сосудах до 200 мкм в диаметре. Непосредственно участвуют в этом процессе тромбоциты и сосудистый эндотелий, реакции между которыми проходят в микроциркуляторном русле и приводят к образованию тромбоцитарной пробки (белого тромба). Нарушения такого механизма клинически обуславливают почти 80 % кровотечений и 95 % случаев тромбообразования;

2) *макроциркуляторный, плазменно-коагуляционный, вторичный*. Как правило, начинается на основе первичного и следует за ним. Его реализует система свертывания крови. Благодаря вторичному гемостазу образуется красный кровяной тромб, состоящий главным образом из фибрина и форменных элементов. Он обеспечивает окончательную остановку кровотечения из поврежденных макрососудов (более 200 мкм в диаметре).

Первичный (сосудисто-тромбоцитарный, микроциркуляторный) гемостаз заключается в быстром (в течение нескольких минут) формировании тромбоцитарных сгустков в месте повреждения сосуда, что имеет первоочередное значение для прекращения кровотечения из мелких сосудов, с низким давлением крови. Компоненты первичного гемостаза: сосудистая стенка и тромбоциты с их факторами свертывания. Механизм первичного гемостаза:

- временный (первичный) **спазм** сосудов;
- **адгезия** тромбоцитов (с участием фактора Виллебранда)

– их **активация** и секреция содержимого гранул (с участием тромбосана A_2 через фосфолипидный механизм), а также

– **агрегация** (сначала обратимая, а затем необратимая (под действием следов тромбина)) *тромбоцитов с образованием тромбоцитарной пробки;*

– **ретракция** (сокращение и уплотнение) тромбоцитарной пробки.

В норме остановка кровотечения из мелких сосудов занимает **2–4** мин.

Важнейшие показатели, характеризующие **первичный гемостаз**: проба жгута; количество тромбоцитов; длительность кровотечения по Дюке или по Айви.

А. Проба жгута (оценка сосудистого компонента первичного гемостаза).

Метод основан на том, что дозированное механическое воздействие (давление) на капилляры кожи у здорового человека не вызывает каких-либо существенных изменений. При нарушении же нормального состояния стенки капилляров появляется повышенная ломкость сосудов, и при механическом воздействии либо возрастании давления крови в капиллярах возникают многочисленные петехии (точечные кровоизлияния) на коже или кровоподтек, свидетельствующие о нарушении сосудистого компонента гемостаза.

Материалы и оборудование: тонометр, секундомер, круг из плотного картона 2,5 см в диаметре, ручка или карандаш.

Ход работы. Исследование проводят на предплечье. Отступите 1,5–2,0 см от локтевой ямки и, пользуясь шаблоном, очертите круг 2,5 см в диаметре. Тщательно осмотрите кожу в круге: имеются ли в этом круге петехии, их количество. На плечо наложите манжетку тонометра и создайте в ней давление в **80 мм рт. ст.** Давление поддерживайте строго на одном уровне в течение 5 мин, подкачивая воздух по мере необходимости. Следите, чтобы рука обследуемого лежала свободно и была максимально расслаблена во время проведения теста. Пульсация на лучевой артерии должна сохраняться. При таком уровне давления в манжетке сохраняется артериальный приток крови к предплечью, но прекращен венозный отток от него, в результате давление крови в капиллярах предплечья повышается в 2–3 раза (с 25–30 до 80 мм рт. ст.).

Через 10–15 мин после проведения теста в очерченной области подсчитайте все появившиеся петехии с учетом уже имевшихся. При подсчете петехий обращайте внимание не только на их число, но и на размер. У здоровых людей петехии не образуются или их число не более 10 в круге, а размеры — не более 1 мм в диаметре (отрицательная проба жгута). Увеличение числа петехий более 10, размеров петехий более 1 мм в диаметре или наличие кровоподтека (положительная проба жгута) свидетельствуют:

– о неполноценности стенок микрососудов в результате эндокринных изменений (менструальный период), инфекционно-токсических воздей-

ствий (сепсис и др.), С-гиповитаминозе, нарушении выработки фактора Виллебранда и др.;

– наличии тромбоцитопений и/или тромбоцитопатий, а также действия некоторых других факторов.

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите полученные данные в протокол.
2. Оцените результат пробы.

ПРОТОКОЛ

1. Количество петехий в круге до проведения теста ____ (нет, 1, 2, 3 ...).
Количество петехий в круге через 10–15 мин после проведения теста _____ (нет, 1, 2, 3 ...). При наличии петехий укажите их диаметр _____ (до 1 мм или более 1 мм).
2. **Вывод.** Проба жгута _____.
(отрицательная или положительная)

Б. Длительность кровотечения по Дюке для оценки тромбоцитарного компонента первичного гемостаза (демонстрационная работа).

Длительность кровотечения, определяемая по методу Дюке, дает общее представление о том, нормальна ли функция первичного гемостаза (и в первую очередь позволяет оценить функцию тромбоцитов, их способность к адгезии и агрегации). Удлинение времени кровотечения отражает нарушение первичного гемостаза вследствие тромбоцитопений, тромбоцитопатий, нарушений сосудистой стенки или сочетания этих факторов. Укорочение времени кровотечения свидетельствует лишь о повышенной спастической способности периферических капилляров.

В мякоть 4-го пальца скарификатором делается укол на глубину 3 мм. При соблюдении этого условия кровь выделяется самопроизвольно без нажима. После прокола включается секундомер. К первой же выступившей капле прикасаются полоской стерильной фильтровальной бумаги, которая впитывает кровь. Далее стерильной фильтровальной бумагой снимают вновь выступившую каплю крови каждые 30 с до тех пор, пока на фильтровальной бумаге не перестанут оставаться следы крови. После этого отмечается время остановки кровотечения, и его продолжительность. **У здоровых людей длительность кровотечения, определяемая по методу Дюке, составляет 2–4 мин.**

Ход работы. На рисунке 17.4 выберите один из результатов проведенной пробы по Дюке. Измеряем общую продолжительность кровотечения из расчета: расстояние между двумя соседними отпечатками капель крови = 30 сек.

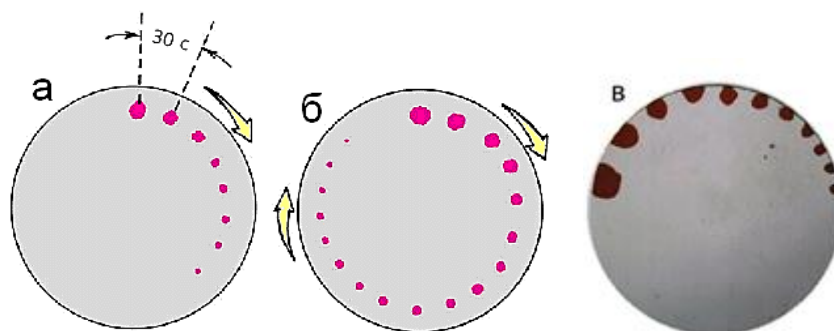


Рис. 17.4

Указания к оформлению протокола:

1. Внесите данные в протокол.
2. Оцените полученный результат (время кровотечения: в пределах нормы, удлинено (имеется нарушение первичного гемостаза), укорочено).

ПРОТОКОЛ

1. Длительность кровотечения для результата __ (а, б, либо в, в зависимости от того, какой результат Вы анализируете) составляет: ____ мин ____ с.
2. **Вывод:** длительность кровотечения _____, что свидетельствует о _____ (сохранении, нарушении) функции _____ (первичного или вторичного) гемостаза.

В. Подсчет числа тромбоцитов (оценка тромбоцитарного компонента первичного гемостаза).

Данный метод особенно полезен, поскольку (благодаря наличию современных гемоанализаторов) прост в выполнении и коррелирует с проявлением кровотечения.

Содержание тромбоцитов в периферической крови в норме составляет $(150-450) \cdot 10^9/\text{л}$. Снижение количества тромбоцитов в крови человека менее $150 \cdot 10^9/\text{л}$ рассматривается как тромбоцитопения. Если число тромбоцитов превышает $100 \cdot 10^9/\text{л}$, то время кровотечения остается в пределах нормы. Число тромбоцитов $(50-100) \cdot 10^9/\text{л}$ служит причиной умеренного удлинения времени кровотечения, которое проявится только при серьезной травме или другом стрессовом состоянии. У больных с числом тромбоцитов $(20-50) \cdot 10^9/\text{л}$ отмечаются незначительные кровоизлияния в виде кожной пурпуры при обширной травме и кровотечения при повреждении слизистых оболочек. И, наконец, при числе тромбоцитов менее $20 \cdot 10^9/\text{л}$ отмечается выраженная тенденция к спонтанным кровотечениям, при этом может произойти внутричерепное кровоизлияние и кровоизлияние в другие внутренние органы.

Тромбоцитоз — увеличение количества тромбоцитов более $450 \cdot 10^9/\text{л}$ — активирует первичный и вторичный гемостаз и, следовательно, клиническими проявлениями такой ситуации могут быть тромбозы и тромбоземболии различной локализации, нередко, рецидивирующие.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

ПОКАЗАТЕЛИ ВТОРИЧНОГО ГЕМОСТАЗА

Вторичный (плазменно-коагуляционный) гемостаз или процесс свертывания крови (коагуляции) основан на образовании плотного фибринового сгустка, который (в отличие от тромбоцитарной пробки) не вымывается током крови из места повреждения сосуда. Вторичный гемостаз имеет **первоочередное значение для предотвращения массивного кровотечения, в том числе из крупных сосудов** (артерий и вен диаметром более 200 мкм).

В норме время свертывания крови (остановки кровотечения из макрососудов), контактирующей с травмированными тканями, составляют от 5 до 10 мин, после удаления зуба — 5–15 мин.

Важнейшими скринговыми показателями, характеризующими **вторичный гемостаз**, являются:

а) время свертывания венозной крови по Ли–Уайту (норма: в несиликонированной пробирке при $37\text{ }^\circ\text{C}$ — 5–7 мин, при $20\text{--}25\text{ }^\circ\text{C}$ — 6–11 мин; в силиконированной пробирке — соответственно 15–25 и 15–35 мин), которое характеризует все фазы свертывания, но больше всего I фазу (образование протромбиназы);

б) активированное парциальное тромбопластиновое время — тест для оценки свертывания крови по внутреннему и общему пути;

в) протромбиновое время или протромбиновый индекс капиллярной крови (свертывание при добавлении в цитратную кровь хлористого кальция и тканевого тромбопластина — норма времени свертывания 14–16 с, норма индекса $100 \pm 7\%$ от нормы свертывания), характеризует свертывание крови по внешнему и общему пути, в большей степени II фазу свертывания (образование тромбина);

г) содержание фибриногена в плазме (норма: 2–4 г/л) характеризует III фазу свертывания (образование фибрина).

Исправить задания на страницах	Лабораторная работа защищена:

(подпись преподавателя)

ЗАНЯТИЕ 18. ИТОГОВОЕ (СЕМИНАРСКОЕ) ЗАНЯТИЕ ПО РАЗДЕЛУ «ГОМЕОСТАЗ. ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА. СИСТЕМА КРОВИ». ПОДВЕДЕНИЕ ИТОГОВ СЕМЕСТРА

Основные вопросы:

1. Понятие о системе крови. Состав, количество, свойства, функции крови. Основные физиологические константы крови.
2. Кислотно-основное состояние крови и механизмы его регуляции.
3. Осмотическое давление крови и его регуляция (АДГ, РААС и др.).
4. Белки плазмы крови, их характеристики и значение. Вязкость плазмы и цельной крови.
5. СОЭ: определение, факторы, влияющие на нее.
6. Эритроциты: особенности строения, количество, функции. Виды гемоглобина и его соединения, их физиологическое значение.
7. Лейкоциты, их виды, количество, функции. Лейкоцитарная формула, возрастные особенности. Лейкоцитоз и лейкопения.
8. Тромбоциты: особенности строения, количество, функции.
9. Принципы ручных и автоматизированных методов исследования состава крови: подсчет форменных элементов крови, определение гемоглобина, гематокрита и др.
10. Общий клинический анализ крови и физиологическая оценка его результатов.
11. Понятие о системе гемостаза и его звеньях. Первичный и вторичный гемостаз и основные методы их оценки в амбулаторных условиях. Определение длительности кровотечения по Дюке. Проба жгута.
12. Группы крови (системы: АВ0, Rh⁺, HLA и др.). Определение группы крови в системе АВ0 и Rh⁺. Принципы переливания препаратов крови.
13. Факторы риска при работе с кровью: для медицинского персонала, реципиентов, доноров. Мероприятия по профилактике инфицирования (ВИЧ и др.) при работе с кровью.
14. Нервные и гуморальные механизмы регуляции гемопоеза. Роль витаминов (В₁₂, В₉ и др.) и микроэлементов (Fe²⁺ и др.).
15. Лимфа, ее состав, физико-химические свойства и функции.
16. Спинномозговая жидкость (ликвор), ее количество, состав и функции.

После изучения раздела «Жидкие среды организма» студент должен знать нормальные величины следующих показателей крови:

- количество эритроцитов в 1 л крови у мужчин и женщин;
- количество гемоглобина у мужчин и женщин;
- количество лейкоцитов в 1 л крови;
- количество тромбоцитов в 1 л крови;
- % ретикулоцитов в крови;
- лейкоцитарная формула;
- показатель гематокрита;
- % крови от массы тела и объем циркулирующей крови;
- СОЭ у мужчин и женщин (по Панченкову).
- осмотическое давление плазмы крови в мосмоль/кг;
- онкотическое давление плазмы крови в мм рт. ст.;
- содержание общего белка в плазме крови;
- содержание глюкозы в цельной капиллярной крови
- рН артериальной крови;
- вязкость плазмы и цельной крови.

ЛИТЕРАТУРА

Основная

1. Лекционный материал кафедры нормальной физиологии, материалы настоящего издания, материалы электронного атласа и ЭУМК.
2. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с. С. 15–35, 46–48.

Дополнительная

1. *Кубарко, А. И.* Нормальная физиология : учеб. В 2 ч. Ч. 1 / А. И. Кубарко, А. А. Семенович, В. А. Переверзев ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. 542 с. С. 483–533.
2. *Гематология* : новейший справочник / под общ. ред. К. М. Абдулкадырова. Москва : Эксмо; Санкт-Петербург : Сова, 2004. С. 9–31, 39–61, 221–249.

Примечания	Тема раздела зачтена

(оценка и подпись преподавателя)

ОСНОВНЫЕ КОЛИЧЕСТВЕННЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПОКАЗАТЕЛИ ЖИДКИХ СРЕД ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА

1. Кровь

1.1. Количество крови 6–8 % от массы тела.

1.2.

Таблица П.1

Лейкоцитарная формула (% соотношение разных видов лейкоцитов)

Гранулоциты			Агранулоциты			
Нейтрофилы			Базофи- лы	Эозино- филы	Лимфо- циты	Моноци- ты
юные	палочко- ядерные	сегменто- ядерные				
0–1 %	1–5 %	46–78 %	0–1 %	1–5 %	18–40 %	2–10 %

СДВИГ ВЛЕВО



СДВИГ ВПРАВО



1.3. Количество тромбоцитов в периферической крови — (140–450) · 10⁹/л.

1.4. Минимальная осмотическая устойчивость эритроцитов — 0,46–0,48 % NaCl.

Максимальная осмотическая устойчивость эритроцитов — 0,32–0,34 % NaCl.

1.5. Объем плазмы — 51–64 % от всей крови.

1.6. Содержание минеральных веществ в плазме — 0,85–0,95 %.

1.7. Температура замерзания крови ниже нуля на 0,56–0,58 °С.

Температура замерзания плазмы крови ниже нуля на 0,54 °С.

1.8. Осмоляльность плазмы крови — 290 ± 10 мОсм/кг (7,3 атм. или 5600 мм рт. ст., или 745 кПа).

1.9. Онкотическое давление плазмы — 25–30 мм рт. ст.

1.10. Время свертывания крови по Ли–Уайту в несиликонированной посуде: 5–7 мин при 37 °С и 6–11 мин при 20–25 °С.

1.11. Протромбиновый индекс капиллярной крови — 93–107 %.

1.12. Содержание белков в плазме — 60–85 г/л.

Содержание альбуминов — 38–50 г/л.

Содержание глобулинов — 20–36 г/л.

Содержание фибриногена — 2–4 г/л.

1.13. Содержание глюкозы в цельной капиллярной (венозной) крови — 3,33–5,55 ммоль/л.

1.14. pH артериальной крови 7,35–7,45.

1.15. Вязкость крови 4,5–5,0 по отношению к вязкости воды, принятой за 1,0.

Вязкость плазмы 1,8–2,2 по отношению к вязкости воды, принятой за 1,0.

1.16. Относительная плотность (удельный вес) крови — 1,050–1,062 г/мл.

Относительная плотность (удельный вес) плазмы — 1,029–1,032 г/мл.

2. Ликвор (цереброспинальная жидкость, спинномозговая жидкость). Количество ликвора 10 % от массы мозга или 90–150 мл.

2.1. Суточная ликворопродукция — 500 мл.

2.2. Цвет ликвора — бесцветный; прозрачность ликвора — прозрачный.

2.3. pH ликвора 7,35–7,40, вода — 99 %.

2.4. Осмоляльность ликвора — $290 \pm 10 \text{ mosol/kg}$.

2.5. Содержание белка в ликворе — 0,10–0,33 г/л:

альбумины — 46,6–52,8 %;

глобулины — 53,4–47,2 %.

2.6. Относительная плотность ликвора — 1,003–1,008 г/мл.

2.7. Количество клеток в ликворе — $(1-5) \cdot 10^6/\text{л}$ (в основном лимфоциты).

3. Лимфа (жидкость лимфатических сосудов), её образование и циркуляция обеспечивает: А) удаление избытка внеклеточной жидкости; Б) возврат в кровеносное русло альбумина, профильтровавшегося в межклеточную жидкость из крови; В) процессы дифференцировки лимфоцитов; Г) гуморальные связи между органами и тканями; Д) транспорт в венозную систему большого круга кровообращения жиров и жирорастворимых веществ, всасывающихся в кишечнике; Е) защиту организма от инородных частиц, бактерий, остатков разрушенных клеток, различных токсинов, а также опухолевых клеток.

3.1. Количество в организме — 2–3 л.

3.2. Лимфообразование за сутки составляет 2–5 % от массы тела.

3.3. Лимфакрит — 1–2 %.

3.4. Основные клетки лимфы — лимфоциты $[(2-25) \cdot 10^9/\text{л}]$

3.5. Содержание белка — 15–60 г/л (в зависимости от места образования лимфы).

ОСНОВНЫЕ ОПРЕДЕЛЕНИЯ В ФИЗИОЛОГИИ

Физиология — наука о жизненных функциях организма, механизмах их осуществления и регуляции.

Физиологическая функция — проявление жизнедеятельности организма и его составных частей (клеток, тканей, органов и систем органов).

(Как правило, физиологическую функцию можно выразить через ряд показателей (параметров функции).)

Регуляция — минимизация отклонения параметров функции либо их приспособительное изменение.

Гомеостаз — относительное постоянство параметров внутренней среды организма (а также показателей его жизненных функций), как результат относительно стабильной работы регуляторных механизмов.

Рефлекс — стереотипная ответная реакция организма на действие раздражителя, осуществляющаяся посредством нервной системы.

Рефлекторная дуга — нейронная цепь, передающая сигнал от рецептора к эффектору.

Сигнал — разнообразные виды вещества и энергии, передающие информацию.

Гормоны — сигнальные молекулы, обладающие высокой биологической активностью, высвобождаемые специальными эндокринными железами в кровь, и специфически (избирательно) воздействующие на удаленно расположенные клетки-мишени, имеющие рецепторы к ним.

(Вещество, связывающееся с рецептором, называется лигандом. Таким образом, все гормоны являются лигандами для своих рецепторов. Но не все лиганды являются гормонами.)

Возбудимость — свойство нервных и мышечных тканей возбуждаться, то есть отвечать на воздействие раздражителя генерацией потенциалов действия.

Потенциал покоя — разность потенциалов между внутренней и наружной поверхностью мембраны клетки в состоянии физиологического покоя.

Потенциал действия — быстрое, высокоамплитудное изменение разности потенциалов на мембране клетки с инверсией знака заряда на противоположный.

СПИСОК ИСПОЛЬЗОВАННОЙ ЛИТЕРАТУРЫ

1. *Бертрам, Г. К.* Базисная и клиническая фармакология. В 2 т. / Г. К. Бертрам. Москва : Бином, Санкт-Петербург : Невский диалект, 1998. Т. 1, 2.
2. *Болезни органов эндокринной системы* : руководство для врачей / И. И. Дедов [и др.] ; под ред. акад. РАМН И. И. Дедова. Москва : Медицина, 2000. 568 с.
3. *Гематология* : новейший справочник / под общ. ред. К. М. Абдулкадырова. Москва : Эксмо, Санкт-Петербург : Сова, 2004. 928 с.
4. *Зильбернагель, С.* Наглядная физиология / С. Зильбернагель, А. Деспопулос ; пер. с англ. Москва : Бином. Лаборатория знаний, 2013. 408 с.
5. *Кубарко, А. И.* Физиология эндокринной системы / А. И. Кубарко, В. А. Переверзев. Минск : МГМИ, 1995. 27 с.
6. *Лабораторная диагностика и функциональные пробы в детской эндокринологии* / В. Л. Лесс [и др.] ; под ред. Н. П. Шабалова. Санкт-Петербург : Специальная литература, 1996. 136 с. С. 9–44.
7. *Местное обезболивание в челюстно-лицевой хирургии и стоматологии* : учеб. пособие / А. В. Глинник [и др.]. Минск : МГМИ, 1998. 51 с.
8. *Методы клинических лабораторных исследований* / под ред. В. С. Камышникова. Минск : Белорусская наука, 2001. 695 с. С. 14–73.
9. *Молекулярная эндокринология. Фундаментальные исследования и их отражение в клинике* : пер. с англ. / под ред. Б. Д. Вайнтрауба, Ю. А. Панкова. Москва : Медицина, 2003. 494 с.
10. *Морман, Д.* Физиология сердечно-сосудистой системы / Д. Морман, Л. Хеллер. Санкт-Петербург : Питер, 2000. 256 с.
11. *Нормальная физиология. Практикум* : учеб. пособие для студентов учреждений высшего образования по специальности «Стоматология» / В. А. Переверзев [и др.] ; под ред. В. А. Переверзева, А. И. Кубарко. 4-е изд. Минск : БГМУ, 2017. 234 с.
12. *Нормальная физиология* : учеб. / А. А. Семенович [и др.] ; под ред. А. А. Семеновича, В. А. Переверзева. 3-е изд., испр. Минск : Новое знание, 2021. 520 с.
13. *Кубарко А. И.* Нормальная физиология : учеб. пособие. В 2 ч. / А. И. Кубарко [и др.] ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. Ч. 1. 544 с.
14. *Кубарко А. И.* Нормальная физиология : учеб. пособие. В 2 ч. / А. И. Кубарко [и др.] ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. Ч. 2. 606 с.
15. *Нормальная физиология* : учеб. / под ред. А. В. Завьялова, В. М. Смирнова. Москва : МЕДпресс-информ, 2009. 816 с.
16. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко [и др.] ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2013. Ч. 1.
17. *Нормальная физиология* : учеб. В 2 ч. / А. И. Кубарко [и др.] ; под ред. А. И. Кубарко. Минск : Выш. шк., 2014. Ч. 2.
18. *Переверзев, В. А.* Физиология вегетативной нервной системы / В. А. Переверзев, А. И. Кубарко. Минск : МГМИ, 1995. 25 с.
19. *Нормальная физиология. Практикум* : учеб. пособие / В. А. Переверзев [и др.] ; под ред. В. А. Переверзева. 3-е изд. Минск : БГМУ, 2021. 240 с.
20. *Орлов, Р. С.* Нормальная физиология : учеб. / Р. С. Орлов, А. Д. Ноздрачев. Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2005. 696 с.
21. *Руководство к практическим занятиям по нормальной физиологии* / под ред. К. В. Судакова, А. В. Котова, Т. Н. Лосевой. Москва : Медицина, 2002. 703 с.
22. *Романов, К. Ю.* Уровень физической подготовленности студентов белорусского государственного медицинского университета / К. Ю. Романов, А. М. Трофи-

менко, В. А. Переверзев // Вестник Смоленской государственной медицинской академии. 2017. Т. 16, № 3. С. 5–10.

23. *Секреты физиологии* / под ред. Г. Рафф ; пер. с англ. Москва : Бином, Санкт-Петербург : Невский диалект, 2001. 448 с.

24. *Смирнова, Л. А.* Клиническая трактовка общего анализа крови / Л. А. Смирнова. Минск : БелМАПО, 2009. 16 с.

25. *Фаллер, Д.* Молекулярная биология клетки : руководство для врачей / Д. Фаллер, М. Шилдс ; пер. с англ. Москва : Бином-Пресс, 2003. 272 с.

26. *Физиологическая* и клиническая оценка некоторых показателей общего анализа крови, получаемого с помощью современных гематологических анализаторов / А. И. Кубарко [и др.]. Минск : МГМИ, 1997. 21 с.

27. *Физиология* нейронов и нервных центров. Методы изучения ЦНС. Нейрофизиологические механизмы тонической мышечной активности. Регуляция движений / В. А. Правдивцев [и др.]. Смоленск : изд-во СГМА, 1998. 60 с.

28. *Физиология* человека : учеб. / под ред. Н. А. Агаджаняна, В. И. Циркина. Санкт-Петербург : СОТИС, 2003. 527 с.

29. *Физиология* : учеб. для студентов лечебного и педиатрического факультетов / под ред. В. М. Смирнова, В. А. Правдивцева. Д. С. Свешникова. 5-е изд., испр. и доп. Москва : Медицинское информационное агентство, 2017. 512 с.

30. *Физиология* висцеральных систем организма : учеб. пособие в вопросах и ответах / под ред. Т. М. Брук, В. А. Правдивцева. Смоленск : Принт-Экспресс, 2020. 195 с.

31. *Физиология* человека : учеб. пособие / А. А. Семенович [и др.]. 4-е изд. Минск : Выш. шк., 2012. 544 с.

32. *Физическая* культура : учеб. пособие / Е. С. Григорович [и др.] ; под ред. Е. С. Григоровича, В. А. Переверзева. 3-е изд., доп. и перераб. Минск : Выш. шк., 2011. 350 с.

33. *Хэндин, Р. И.* Кровотечение и тромбоз / Р. И. Хэндин // Внутренние болезни. В 10 кн. Кн. 2 ; пер. с англ. / под ред. Е. Браунвальда [и др.]. Москва : Медицина, 1993. 544 с. Гл. 54. С. 96–107.

34. *Хэндин, Р. И.* Аномалии тромбоцитов и сосудистой стенки / Р. И. Хэндин // Внутренние болезни. В 10 кн. Кн. 7 ; пер. с англ. / под ред. Е. Браунвальда [и др.]. Москва : Медицина, 1996. 720 с. Гл. 279. С. 529–539.

ОГЛАВЛЕНИЕ

Список сокращений.....	3
Введение.....	4
Экзаменационные вопросы	5
РАЗДЕЛ «ВВЕДЕНИЕ. ФИЗИОЛОГИЯ ВОЗБУДИМЫХ ТКАНЕЙ»	15
Занятие 1. Предмет нормальной физиологии. Основы межклеточной коммуникации и регуляции физиологических функций. Электрическая сигнализация. Механизмы генерации биопотенциалов.....	15
Занятие 2. Возбудимость. Механизмы генерации потенциала действия. Сенсорные рецепторы и рецепторный потенциал	23
Занятие 3. Проведение возбуждения по нервным волокнам. Синаптическая передача	29
Занятие 4. Физиология скелетных мышц.....	33
Занятие 5. Сила и работа мышц. Режимы сокращения. Физиология гладких мышц.....	41
Занятие 6. Общая физиология нервной системы.....	50
Занятие 7. Итоговое (семинарское) занятие по разделу «Физиология возбудимых тканей»	53
РАЗДЕЛ «НЕРВНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ».....	55
Занятие 8. Роль и функции спинного мозга, ствола мозга, мозжечка	55
Занятие 9. Роль и функции промежуточного и переднего мозга. Системные механизмы регуляции тонуса мышц и движений	64
Занятие 10. Физиология автономной (вегетативной) нервной системы	67
РАЗДЕЛ «ГУМОРАЛЬНАЯ РЕГУЛЯЦИЯ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИХ ФУНКЦИЙ»	74
Занятие 11. Общая физиология эндокринной системы. Химическая сигнализация	74
Занятие 12. Гуморальная регуляция физиологических функций. Занятие № 2	81
Занятие 13. Физиология стресса и адаптации.....	88
Занятие 14. Итоговое (семинарское) занятие по разделам «Нервная и гуморальная регуляция физиологических функций».....	96
РАЗДЕЛ «ГОМЕОСТАЗ. ВНУТРЕННЯЯ СРЕДА ОРГАНИЗМА».....	98
Занятие 15. Гомеостаз. Физико-химические свойства крови. Физиологические функции эритроцитов	98
Занятие 16. Физиологические функции лейкоцитов, тромбоцитов. Физиологическая оценка результатов общего клинического анализа крови. Гемоцитопоз	110
Занятие 17. Группы крови. Компоненты и препараты крови. Кровезаменители. Гемостаз.....	122
Занятие 18. Итоговое (семинарское) занятие по разделу «Гомеостаз. Внутренняя среда. Система крови». Подведение итогов семестра	136
Приложение 1	138
Приложение 2	140
Список использованной литературы	141

Учебное издание

Фоменко Виктор Николаевич
Александров Денис Александрович
Переверзев Владимир Алексеевич и др.

ОБЩАЯ ФИЗИОЛОГИЯ

Практикум
для студентов медико-профилактического факультета

Ответственный за выпуск В. А. Переверзев
Компьютерная вёрстка Н. М. Федорцовой

Подписано в печать 09.02.22. Формат 60×84/16. Бумага писчая «Discovery».
Ризография. Гарнитура «Times».
Усл. печ. л. 8,37. Уч.-изд. л. 7,0. Тираж 169 экз. Заказ 50.

Издатель и полиграфическое исполнение: учреждение образования
«Белорусский государственный медицинский университет».
Свидетельство о государственной регистрации издателя, изготовителя,
распространителя печатных изданий № 1/187 от 18.02.2014.
Ул. Ленинградская, 6, 220006, Минск.