

Документ подписан простой электронной подписью
Информация о владельце:
ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна
Должность: проректор по учебной работе
Дата подписания: 31.12.2020 13:36:44
Уникальный программный ключ:
0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df1e481111a068191

1

МИНИСТЕРСТВО НАУКИ РОССИИ

Федеральное государственное бюджетное
образовательное учреждение высшего образования
«Юго-Западный государственный университет»
(ЮЗГУ)

Кафедра биомедицинской инженерии

УТВЕРЖДАЮ
Проректор по учебной работе
О.Г. Локтионова
«15» 12 2017г.
(ЮЗГУ)



БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Методические указания по выполнению лабораторных работ для студентов
направления 12.03.04 Биотехнические системы и технологии

УДК 602 +007.57+615.41

Составитель Н.М. Агарков, В.В. Аксёнов, И.И. Хрипина

Рецензент

доктор медицинских наук, профессор *В.А. Иванов*

Биофизические основы живых систем: методические указания для выполнения лабораторных работ студентов / Юго-Зап. гос. ун-т; сост.: Н.М. Агарков, В.В. Аксёнов, И.И. Хрипина.- Курск, 2017.- 27 с. с ил.

Содержат методические указания для выполнения лабораторных работ по дисциплине «Биофизические основы живых систем». Приведена краткая теоретическая информация и указания к выполнению.

Методические указания по структуре, содержанию и стилю изложения материала соответствуют методическим и научным требованиям, предъявляемым к учебным и методическим пособиям.

Методические указания соответствуют требованиям программы, утвержденной учебно-методическим объединением по направлению подготовки 12.03.04 «Биотехнические системы и технологии».

Текст печатается в авторской редакции

Подписано в печать 15.12.17. Формат 60x84 1/16
Усл.печ.л. 1,51. Уч.-изд.л. 1,37. Тираж 100 экз. Заказ: 4898. Бесплатно.
Юго-Западный государственный университет.
305040. г.Курск, ул. 50 лет Октября, 94.

Оглавление

Лабораторная работа №1: Определение молярной массы жидкости с использованием уравнения Клайперона-Менделеева.....	4
Лабораторная работа №2: Строение и транспорт через биологические мембраны. Физические механизмы генерации мембранного потенциала.	7
Лабораторная работа №3: Биомеханика движений, сгибания и разгибания, сокращения скелетной мускулатуры в их обеспечении.....	13
Лабораторная работа №4: Биофизические основы электрокардиографии. Теория отведений Эйнтховена.	18
Лабораторная работа №5: Биофизические основы исследования артериального давления, влияние физических нагрузок на гомеостаз гемодинамических параметров, анализ звуковых колебаний.	22

Лабораторная работа №1: Определение молярной массы жидкости с использованием уравнения Клайперона-Менделеева

Цель работы: Ознакомить студентов с экспериментальным методом определения молярной массы легкокипящей и испаряющейся жидкости.

Основные этапы достижения цели:

1. Проверка исходного уровня знаний.
2. Выполнение лабораторной работы под руководством преподавателя.
3. Оформление протокола измерений.
4. Защита лабораторной работы.
5. Подведение итогов и замечания.
 - а) Замечания по выполнению лабораторной работы;
 - б) Краткий инструктаж по технике безопасности при выполнении лабораторной работы;
 - в) Подчеркнуть особенности выполнения лабораторной работы.

Материальное обеспечение занятия.

- Сосуд с манометром.
- Шприц, эфир.
- Методические рекомендации.

Уравнение Менделеева-Клапейрона

Это уравнение справедливо для всех газов в любых количествах и для всех значений P , V и T , при которых газы можно считать идеальными

$$PV = \frac{m}{\mu} RT$$

где R – универсальная газовая постоянная;

$$R = 8,314 \frac{\text{Дж}}{\text{моль} \cdot \text{К}} = 0,0821 \frac{\text{л} \cdot \text{атм}}{\text{моль} \cdot \text{К}}$$

Состав газовых смесей выражают при помощи объёмной доли – отношении объёма данного компонента к общему объёму смеси

$$\phi(x) = \frac{V(x)}{V}$$

где $\phi(x)$ – объёмная доля компонента X , $V(x)$ – объём компонента X ; V – объём системы.

Объёмная доля – безразмерная величина, её выражают в долях от единицы или в процентах.

IV. Примеры решения задач.

Задача 1. Какой объём занимают 0,2 моль любого газа при н.у.?

Решение: Количество вещества определяется по формуле:

$$\nu = \frac{V}{V_m} \quad V = \nu \cdot V_m$$

$$V_{\text{ГАЗА}} = 22,4 \frac{\text{л}}{\text{МОЛЬ}} \cdot 0,2 \text{ МОЛЬ} = 4,48 \text{ л}$$

Задача 2. Какой объём при н.у. занимает 1 г. углекислого газа?

Решение: Количество вещества определяется

$$\nu = \frac{V}{V_m} = \frac{m}{\mu}$$

$$V = \frac{V_m \cdot m}{\mu} = \frac{22,4 \frac{\text{л}}{\text{МОЛЬ}} \cdot 1 \text{ г}}{44 \frac{\text{г}}{\text{МОЛЬ}}} = 5,1 \text{ л}$$

$$M(\text{CO}_2) = 44 \text{ г/моль}$$

Задача 3. Рассчитайте относительную плотность хлороводорода по азоту, по водороду, по воздуху.

Решение: Относительная плотность определяется по формуле:

$$D = \frac{Mr_1}{Mr_2}$$

$$D_{N_2} = \frac{Mr_1}{Mr_2} = \frac{Mr_1}{28}; \quad D_{H_2} = \frac{Mr_1}{2}; \quad D_{\text{возд}} = \frac{Mr_1}{29}$$

$$D_{\text{возд}}(\text{HCL}) = \frac{35,5}{29} = 1,22$$

Ход работы:

1. Охарактеризовать сущность парциального давления.
2. Какова средняя квадратичная скорость газовых молекул?
3. Написать уравнение Клайперона – Менделеева.
4. Физический смысл газовой постоянной.
5. Обратить внимание на уровень жидкости в коленах манометра. В начале опыта он должен быть одинаков и находиться на нулевой отметке шкалы.
6. Набрать в шприц не более 0,5 см³ эфира.
7. Произвести правильный расчет давления паров эфира в сосуде с молярной массой эфира.

Вопросы к защите лабораторной работы:

1. Какому условию должны удовлетворять жидкость, чтобы данным методом можно было определить ее молярную массу?
2. Как рассчитать массу паров эфира?
3. Что называется молекулярным весом? Какая температура называется абсолютной?
4. Как объяснить явление: при эксплуатации баллона с закисью азота – давление в нем не изменилось, а при дальнейшем использовании начало быстро уменьшаться? Почему?

5. Почему медицинский кислород с рабочим давлением в баллоне 150 атм при комнатной температуре находится в газообразном состоянии, а закись азота при давлении 50 атм находится в жидкой и газообразной фазах?

Лабораторная работа №2: Строение и транспорт через биологические мембраны. Физические механизмы генерации мембранного потенциала.

Цель работы: Обеспечить усвоение студентами знаний о молекулярном строении биологических мембран и биологических механизмах переноса веществ.

Основные этапы достижения цели:

1. Рассмотреть элементы строения биологических мембран.
2. Обсудить методы изучения проницаемости и структуры биомембран.
3. Рассмотреть физические механизмы активного и пассивного транспорта веществ в клетках.

Краткие теоретические сведения:

Изучение проницаемости биологических мембран важно для медицины и фармации. Перенос веществ через клеточные мембраны — важнейшее условие жизнедеятельности клетки. Многие болезни связаны с нарушением нормального переноса веществ через мембраны. Эффективность фармацевтических средств существенно зависит от их способности проникнуть в клетки, от проницаемости биологических мембран для лекарственных веществ.

Фосфолипидный бислой — структурная основа биологических мембран. Большое значение для жизнедеятельности клетки имеет селективная (избирательная) проницаемость липидного бислоя.

Ценную информацию о проницаемости липидной фазы биологических мембран дают исследования модельных мембран — липосом. Липосомы широко применяются не только как модельные объекты в различных исследованиях, но и находят непосредственное практическое применение, например, практикуется введение в организм лекарственных веществ, помещенных внутрь липосом.

Подготовка к работе

При подготовке к занятию необходимо изучить по рекомендованной литературе и уметь объяснить следующие вопросы:

1. Жидкостно-мозаичная модель строения биологических мембран. Нарисовать и объяснить схему строения, объяснить роль фосфолипидного бислоя
2. Основные функции биологических мембран. Объяснить основные функции и раскрыть значение селективной проницаемости биологической мембраны для жизнедеятельности, привести примеры.
3. Осмотический метод исследования проницаемости биологических мембран для различных веществ.

4. Объяснить, как происходит водный обмен между клеткой и межклеточной жидкостью в гипотоническом, гипертоническом и изотоническом водных растворах веществ, непроникающих через мембрану, как меняются при этом размеры клеток.
5. Метод турбидиметрии. В чем состоит явление рассеяния света?
6. Уметь написать закон и начертить график ослабления интенсивности света при прохождении через рассеивающую среду в зависимости от толщины слоя.
7. Объяснить, что такое коэффициент рассеяния, как он связан с оптической плотностью, от каких параметров он зависит?
8. Как изменяется коэффициент рассеяния и оптическая плотность суспензии клеток при изменении размеров клеток и при изменении концентрации суспензии?

Порядок выполнения работы.

Теоретические сведения

Согласно жидкостно-мозаичной модели строения биологических мембран (Сингер и Никольсон — 1972 год) структурную основу биологической мембраны составляет двойной слой фосфолипидов, инкрустированный белками (рис. 1).

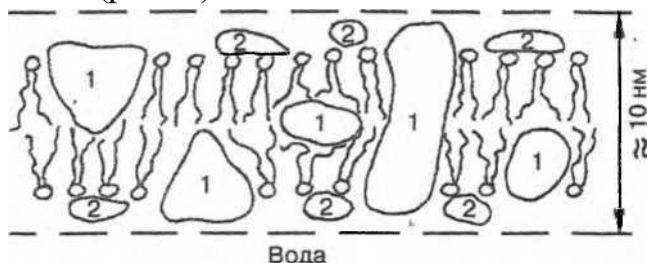


Рис. 1. Жидкостно-мозаичная модель мембраны

Различают интегральные белки (1) и поверхностные или периферические (2).

В воде происходит самосборка двойного молекулярного фосфолипидного слоя вследствие того, что энергетически более выгодным является расположение полярной гидрофильной “головой” фосфолипидной молекулы наружу в сторону воды, а ее гидрофобного неполярного хвоста — внутрь слоя.

Различают три основные функции биологических мембран:

Механическая — обеспечивает прочность и автономность клеток и внутриклеточных структур.

Матричная — обеспечивает определенное взаимное расположение и ориентацию мембранных белков, обеспечивает их оптимальное взаимодействие (например, взаимодействие мембранных ферментов).

Барьерная — обеспечивает селективный, регулируемый, пассивный и активный обмен веществ клетки с окружающей средой (селективный — значит избирательный: одни вещества переносятся через биологическую мембрану, а другие — нет; регулируемый — проницаемость мембраны для определенных веществ меняется, в зависимости от функционального состояния клетки; активный — перенос от мест с меньшей к местам с большей концентрацией).

Вследствие активного переноса веществ и селективной проницаемости мембраны создаются и поддерживаются градиенты концентраций — разные концентрации веществ внутри клетки и во внеклеточной среде, играющие огромную роль в жизнедеятельности. Например, градиенты концентраций ионов калия и натрия на клеточных мембранах — необходимое условие генерации нервного импульса.

Вода

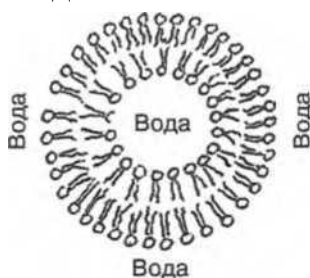


Рис. 2. Липосома (сферическая форма)

Липосомы — модельные везикулярные мембраны (везикула — пузырёк). Липосомы образуются из суспензии фосфолипидов в воде. В воде происходит самосборка бимолекулярной фосфолипидной мембраны. При этом мембрана стремится принять сферическую форму с наименьшей поверхностной энергией (рис. 2).

При самосборке получают в основном крупные многослойные липосомы (рис. 3), их форма отличается от сферической.

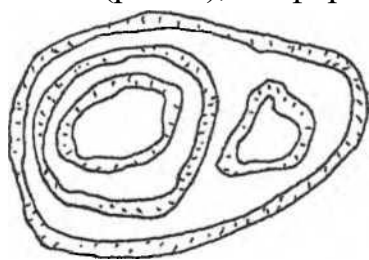


Рис. 3. Многослойная липосома

Однослойные липосомы можно получить воздействием на суспензию многослойных липосом ультразвуком. В настоящее время разработано множество других методов получения однослойных липосом диаметром от 20 нм до микрометров и даже миллиметров. В настоящей работе предлагаются для исследования однослойные липосомы, полученные методом обращения фаз, со средним диаметром 350 нм. Липосомы широко применяются не только как модельные объекты в научных исследованиях, но и находят непосредственное практическое применение, например, практикуется введение в организм лекарственных веществ, помещенных внутрь липосом.

Осмотический метод изучения проницаемости биологических мембран основан на наблюдении изменения объема клеток при помещении их в растворы исследуемых веществ.

Осмоз — преимущественное движение молекул растворителя через полупроницаемую мембрану (непроницаемую для растворенного вещества и проницаемую для растворителя) из мест с меньшей концентрацией растворенного вещества в места с большей концентрацией. Осмос играет большую роль во многих биологических явлениях. Явление осмоса обуславливает гемолиз эритроцитов в гипотонических растворах. Осмос используется в терапии, например, действие некоторых сильных слабительных основано на создании в желудочном тракте повышенной концентрации растворенного вещества и осмоса в него воды.

Клетки животных и растений содержат растворы солей и других осмотически активных веществ (для которых проницаемость биологической мембраны меньше, чем для воды).

Если клетку поместить в гипотонический раствор (рис. 4а), то объем клетки увеличивается за счет осмоса воды в клетку.

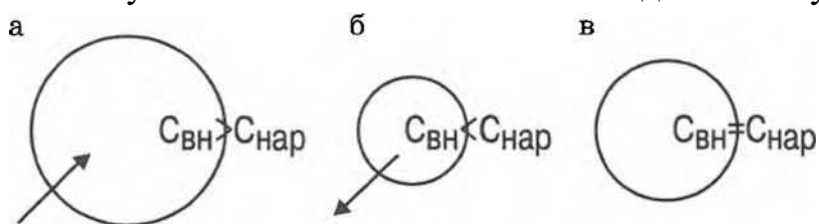


Рис. 4 Изменения размеров клеток при осмосе (Стрелки показывают направление осмоса)

В гипертоническом растворе объем клетки уменьшается вследствие осмоса воды из клетки (рис. 4б).

В изотоническом растворе объем клетки не меняется, так как не происходит осмоса (рис. 4в).

Помещая клетки в растворы различных веществ (гипертонические или гипотонические по отношению к внутриклеточной жидкости), по наличию или отсутствию осмотического эффекта, приводящего к изменению размеров клеток, можно сделать вывод о непроницаемости или проницаемости мембраны для растворенного вещества и для воды. Если наблюдается осмотический эффект, мембрана непроницаема (или плохо проницаема) для растворенного вещества и хорошо проницаема для растворителя.

Изучение рассеивающей среды, основанное на исследовании рассеянного света: его интенсивности I_p , спектра, поляризации и т.д. называется нефелометрией (от греческого нефелос — облако). Нефелометрия дает возможность определять концентрацию, размер, форму диспергированных частиц в дисперсных системах.

Установлено, что с увеличением длины волны λ коэффициент рассеяния и оптическая плотность среды уменьшаются.

Зависимость коэффициента рассеяния от размеров частиц сложная. Если диаметр рассеивающих частиц значительно меньше длины волны, то при увеличении размера частиц рассеяние увеличивается. Это наблюдается, например, при набухании малых липосом диаметром 20—40 нм. Однако для частиц, размеры которых сравнимы с длиной волны, увеличение размеров приводит к уменьшению рассеяния, а уменьшение размеров — к увеличению рассеяния.

Для суспензии липосом диаметром 300—400 нм при их набухании наблюдается уменьшение коэффициента рассеяния и соответственно оптической плотности. Принято считать, что для липосом такого размера оптическая плотность D обратно пропорциональна их объему:

Ход работы:

1. Физические методы изучения молекулярной структуры клеточных мембран.

- а) Электронная микроскопия.
- б) Электрические методы.
- в) Рентгенструктурный анализ.
- г) Электронно – парамагнитный резонанс (ЭПР).
- д) Ядерный магнитный резонанс (ЯМР).
- е) Метод флуорисцентных зондов.
- ж) Метод радиоактивных изотопов (меченый атом).

2. Искусственные мембраны.

- а) Липидный монослой.
- б) плоские бислойные фосфолипидные мембраны (БЛМ).

в) Липосомы.

3. Молекулярная организация мембраны и ее роль для жизнедеятельности организма.

4. Пассивный транспорт.

а) виды пассивного переноса веществ через мембраны.

б) Простая диффузия. Уравнение Фика.

в) Облегченная диффузия.

г) Осмос.

д) Фильтрация.

5. Активный транспорт.

6. Избирательность проницаемости клеточных мембран.

7. Потенциал покоя.

а) Механизм образования потенциала покоя.

б) Уравнение Нернста.

в) Уравнение Гольдмана-Ходжкина-Катца.

8. Потенциал действия.

а) Деполяризация.

б) Реполяризация

9. Роль биопотенциалов в жизнедеятельности организма.

Вопросы к защите лабораторной работы:

1. Физические методы изучения молекулярной структуры клеточных мембран.

2. Искусственные мембраны

3. Молекулярная организация мембраны и ее роль для жизнедеятельности организма

4. Активный транспорт

5. Избирательность проницаемости клеточных мембран.

6. Потенциал покоя.

7. Потенциал действия

8. Роль биопотенциалов в жизнедеятельности организма

Лабораторная работа №3: Биомеханика движений, сгибания и разгибания, сокращения скелетной мускулатуры в их обеспечении.

Цель: Изучить разницу статистической и динамической работы мышц, а так же узнать время полного утопления мышцы при статистической и динамической работе.

Оборудование: секундомер, груз массой 1, 2, 3, 5 кг

Теоретический материал

Любая физическая работа в крайних значениях может быть подразделена на динамическую и статическую. Чаще же статическая работа является временным элементом в одном из циклов динамической работы.

Динамическая работа – работа, при которой мышцы приводят в движение части тела человека, и тело перемещается в отношении опоры, земной или водной поверхности. Эта работа имеет физическое выражение, может быть определен коэффициент полезного действия. В ее основе лежит ауксотоническое сокращение мышц, где укорочение мышцы сочетается с развитием в ней напряжения.

Мышечные усилия (но не сокращения) могут быть подразделены на: 1) поддерживающие, преодолевающие и уступающие, 2) концентрические (укорочение мышц) и эксцентрические (удлинение мышц).

Статическая работа (статическое усилие) обеспечивает поддержание позы; для нее характерно более или менее длительное напряжение одних и тех же мышц, без видимого движения. В основе статической работы лежит изометрический режим сокращения, где нет укорочения мышцы (изменение длины) при развитии напряжения. В этих условиях нарушается кровообращение в мышцах в связи с тем, что напряженные мышечные волокна пережимают мелкие кровеносные сосуды. В результате этого в мышцах развивается гипоксия, накапливаются продукты обмена, что и ведет к произвольному прекращению статического усилия.

Кратковременность статического усилия, а также затруднение кровообращения, а иногда и дыхания при нем, ведет к тому, что усиление дыхания и кровообращения развивается после окончания статической работы (так называемый феномен статической работы).

Статическое усилие может сопровождаться натуживанием. Натуживание связано с резким повышением внутрибрюшного и внутригрудного давления (в связи с напряжением брюшных мышц и диафрагмы).

Длительная мышечная работа приводит к мышечному утомлению. Утомление — временное снижение работоспособности (клетки, органа или всего организма), наступающее в результате работы и исчезающее после отдыха.

Статическая нагрузка быстрее приводит к утомлению, чем динамическая. Динамическая нагрузка характеризуется быстрым изменением во времени ее значения и приводит к чередованию сокращения и расслабления мышц. При статической работе, например при удерживании груза, мышцы находятся в напряженном состоянии длительное время. При этом импульсы поступают к мышечным волокнам с большой частотой, поэтому каждый очередной нервный импульс приходит к мышце раньше, чем она успеет расслабиться после предыдущего импульса.

В развитии утомления, возникающего при мышечной работе, ведущую роль играет не усталость самих мышц (периферический механизм утомления), а особое состояние двигательных нервных центров (центральный механизм утомления). Отсюда становится ясно, почему физическая работоспособность так зависит от настроения. Если работа выполняется с интересом, утомление наступает не так скоро. Убедительным доказательством ведущей роли состояния нервных центров в развитии утомления (центральный механизм утомления) являются результаты описываемого эксперимента. Человек, находящийся под гипнозом, быстро устает и обливается потом, поднимая легкую корзинку, если ему внушили, что у него в руках тяжелая гиря. И, наоборот, легко и долго ритмично поднимает гирию, если, находясь под гипнозом, думает, что у него в руках легкая корзинка.

С состоянием двигательных нервных центров связано и другое явление. Когда одно и то же движение попеременно выполняется правой и левой рукой, усталость возникает не так скоро, как в случае, если то же движение и в том же ритме осуществляется только одной рукой. Поэтому для восстановления работоспособности какой-нибудь группы мышц более благоприятен не полный покой, а интенсивная работа другой мышечной группы.

При динамической работе скорость утомления зависит от двух показателей — физической нагрузки, падающей на мышцу, и от ритма работы, т. е. от частоты мышечных сокращений.

При увеличении нагрузки или при учащении ритма мышечных сокращений утомление наступает быстрее. Влияние этих условий на объем выполненной работы изучал в начале нашего века И. М. Сеченов. Оказалось, что если увеличивать нагрузку, интенсивность выполняемой работы возрастает, но только до определенного уровня, а затем снижается. Мышечная работа достигает максимального объема при средних нагрузках и средних скоростях сокращения мышц. Таким образом, И. М. Сеченовым были заложены основы новой науки — гигиены труда.

Различают две фазы утомления:

1 компенсированную (когда нет явно выраженного снижения работоспособности из-за того, что включаются резервные возможности организма);

2 некомпенсированную (когда резервные мощности организма исчерпаны и работоспособность явно снижается).

Систематическое выполнение работы на фоне недовосстановления, непродуманная организация труда, чрезмерное нервно-психическое и физическое напряжение могут привести к переутомлению, а следовательно, к перенапряжению нервной системы, обострениям сердечно-сосудистых заболеваний, гипертонической и язвенным болезням, снижению защитных свойств организма. Физиологической основой всех этих явлений является нарушение баланса возбуждительно-тормозных нервных процессов.

Умственное переутомление особенно опасно для психического здоровья человека, оно связано со способностью центральной нервной системы долго работать с перегрузками, а это в конечном итоге может привести к развитию запредельного торможения, к нарушению сна, разлаженности взаимодействия вегетативных функций.

Важным средством борьбы с переутомлением является рациональный режим труда и отдыха или организация в строго определенное время рабочего дня краткосрочных перерывов, которые устраиваются с учетом характера трудового процесса. Полноценный отдых заключается не в безделье, а должен чередоваться с двигательной активностью и сменой деятельности.

Одним из действенных средств длительного сохранения работоспособности в течение рабочего дня является четкий ритм трудовой деятельности.

Работа, выполняемая ритмично, примерно на 20% менее утомительна, чем неритмичная работа такой же тяжести.

При проведении мероприятий по предупреждению утомления важное место должно отводиться устранению лишних движений, рациональной

организации рабочего места, позволяющей не только экономить движения, но и работать в нормальной позе, исключающей статические напряжения мышц.

Известно, что нервная клетка является источником двигательных импульсов и трофических влияний. В процессе мышечной деятельности, как в нервной клетке, так и в мышцах расходуются источники энергии и изменяются условия внутренней среды организма. Поэтому во время развивающегося утомления состояние нервной клетки зависит от процессов, происходящих как в самой нервной клетке, так и в работающих органах.

На развитие утомления влияет:

- ухудшение кровоснабжения мышц;
- угнетение активности ферментов;

- изменения рецепторов и сократительных структур мышцы;
- нарушение гормональной функции эндокринного аппарата;
- кислородное голодание тканей.

Снижение во время работы интенсивности деятельности вегетативных систем, и в частности желез внутренней секреции, во многих случаях является не результатом полного истощения источников энергии, а имеет предупредительный характер, предохраняя организм от дальнейшего истощения.

Различают четыре основных вида утомления:

- 1) умственное (например, при игре в шахматы);
- 2) сенсорное (например, у спортсменов-стрелков при напряженной функции анализаторов);
- 3) эмоциональное (эмоции – неразлучные спутники спортивной деятельности);
- 4) физическое (в результате напряженной мышечной деятельности).

В зависимости от числа мышц, участвующих в работе, физическое утомление разделяют на три вида:

- 1) локальное;
- 2) региональное;
- 3) глобальное.

Ход работы.

Опыт 1. Утомление при статической и динамической работе.

1. Испытуемый берет груз массой 1,2,3 5 кг, и держит его в руке, отведенной в сторону под прямым углом к туловищу. На уровне вытянутой руки сделайте на доске отметку мелом и включите секундомер.

Наблюдайте, за какое время произойдет утомление мышц.

2. Испытуемый берет груз массой 3 кг, повторяет опыт.

3. Испытуемый поднимает тот же груз (1,2,3,5кг) до сделанной метки и опускает его. Наблюдайте, за какое время произойдет утомление.

4. Результаты оформите в таблице.

Работа Нагрузка 1 кг Нагрузка 2 кг Нагрузка 3 кг Нагрузка 5 кг

Статическая

Динамическая

Написать вывод:

Вопросы:

Как нагрузка влияет на развитие утомления мышц?

Какая работа более утомительна?

* Почему при стирке белья спина устает больше, чем руки?

* Как лучше нести груз: без отдыха попеременно правой и левой рукой, или одной правой, а потом, отдохнув минуту, груз снова нести в этой же руке?

Лабораторная работа №4: Биофизические основы электрокардиографии. Теория отведений Эйнтховена.

Цель работы: Рассмотреть практические закономерности возникновения потенциалов сердца. Изучить теорию электрокардиографии, треугольник Эйнтховена.

Основные этапы достижения цели:

1. Проверка исходного уровня знаний.
2. Выполнение лабораторной работы под руководством преподавателя.
3. Оформление протокола измерений.
4. Защита лабораторной работы.
5. Подведение итогов и замечания.
 - а) Замечания по выполнению лабораторной работы;
 - б) Краткий инструктаж по технике безопасности при выполнении лабораторной работы;
 - в) Подчеркнуть особенности выполнения лабораторной работы.

Краткая теория.

Электрокардиограф ЭК1Т-03М является модернизированной моделью электрокардиографа ЭК1Т-03.

ЭК1Т-03М - это одноканальный электрокардиограф, 3-го класса точности, с перьевой записью на термочувствительной бумаге.

Электрокардиограф ЭК1Т-03М предназначен для определения контактным методом зависимости разности потенциалов электрического поля сердца от времени в лечебно-профилактических медицинских учреждениях.

Электрокардиограф и принадлежности к нему:

1. электрокардиограф;
2. электроды для конечностей;
3. электрод грудной;
4. резиновые ленты для крепления электродов к конечностям;
5. кабель сетевой;
6. кабель отведений;
7. техническая документация.

2. Технические характеристики

- Отведения регистрируемые электрокардиографом: I; II; III; α VR; α VL; α VF; V.
- Диапазон измерения напряжения U от 0,03 до 4 мВ.

- Диапазон измерения интервалов времени τ от 0,01 до 2,00 с. Погрешность измерения напряжения сигналов со спектром в диапазоне частот от 0,5 до 60 Гц $\Delta U = \pm (0,6/\xi + 0,15U)$ мВ.
- Чувствительность: ξ - 5, 10, 20 мм / мВ.
- Погрешность измерения интервалов времени: $\Delta \tau = \pm (0,5/v + 0,1\tau)$ с.
- Скорость движения носителя записи: v - 25 и 50 мм / с.
- Эффективная ширина записи канала 40 мм.
- Полоса пропускания от 0,2 до 60 Гц.
- Неравномерность амплитудно-частотной характеристики $\pm 15\%$.
- Верхняя граничная частота от 60 до 70 Гц.
- Входное сопротивление не менее 5 Мом.
- Эквивалентное сопротивление синфазных помех не более 100 Ом.
- Уровень внутренних шумов, приведенных ко входу, не более 30 мкВ.
- Время установления рабочего режима не более 1 мин.
- Время непрерывной работы 8 час.
- Питание от сети переменного тока частотой 50 или 60 Гц напряжением $127 \pm 12,7$ В или 220 ± 22 В.
- Потребляемая мощность от сети переменного тока - не более 25 Вт.
- Габариты в мм - 270 x 200 x 100.
- Масса с сетевым блоком питания не более 3,9 кг.

Условия эксплуатации: электрокардиограф должен работать при температуре окружающей среды $+25 \pm 15^\circ\text{C}$, относительной влажности воздуха $65 \pm 15\%$ и атмосферном давлении 750 ± 30 мм рт. ст.

Электрокардиограф имеет изоляцию сетевой цепи относительно рабочей части и корпуса прибора, испытанную напряжением 4000 В, обеспечивающую безопасность пациента и обслуживающего персонала.

3. Органы управления

Расположение органов управления электрокардиографом показано на рис.1.

1. — Сетевой выключатель.

Для включения электрокардиографа необходимо передвинуть сетевой выключатель в положение, отмеченное красной точкой.

3. — Индикатор включения питания.

При подключении к сети переменного тока светится индикатор включения питания.

6. — Регулятор накала пера.

8. — Переключатель отведений.

9. — Регулятор смещения пера.

10. — Кнопка калибровки «1mV».

При нажатии кнопки на вход электрокардиографа подается сигнал 1 мВ при положении «1mV» переключателя отведений.

11.— Кнопка переключения скорости «50/25».

12.— Кнопка успокоения «О - МТ».

Для включения успокоения необходимо зафиксировать кнопку в нижнем положении. При включении кнопки успокоения собственные входы электрокардиографа отключаются.

13.— Кнопка записи «М».

Фиксация кнопки в нижнем положении означает начало записи.

14.— Переключатель чувствительности «0 5 10 20 mm/mV».

При положении «0» накоротко замкнут вход усилителя мощности. Это положение может быть использовано при профилактике и ремонте.

Ход работы:

Ознакомление с электрокардиографом ЭК1Г-03М и проверка его работы.

Снятие ЭКГ по треугольнику Эйнтховена.

Снятие ЭКГ по отведениям.

С помощью секундомера и масштабной сетки регистрирующей ленты определить скорость движения ленты и сравнить ее с номинальной. Проверить равномерность движения ленты.

Вопросы к защите лабораторной работы

1. Сущность теории Эйнтховена. Понятие диполя.
2. Сердце как токовый вектор. Векторкардиография.
3. Модель эквивалентного электрического генератора сердца.
4. Основные блоки электрокардиографа.
5. Как рассчитать частоту пульсовой волны.
6. Каким методом, пассивным или активным, является электрокардиография? Представляет ли этот диагностический метод опасность для здоровья пациентов?
7. Какую физическую величину измеряют в электрокардиографии?
8. Объясните природу возникновения разности потенциалов между двумя точками тела человека (или животного), называемую *биопотенциалом*.
9. Почему в теории *Эйнтховена* сердце в электрическом отношении считают диполем?
10. Изобразите (с помощью *силовых линий*) мгновенное распределение (фото-снимок) электрического поля сердца человека.
11. Какую физическую величину называют *дипольным моментом* сердца?
12. Как дипольный момент изменяется в ходе цикла сердечного сокращения?
13. Какие виды *отведений* в электрокардиографии вам известны?

14.

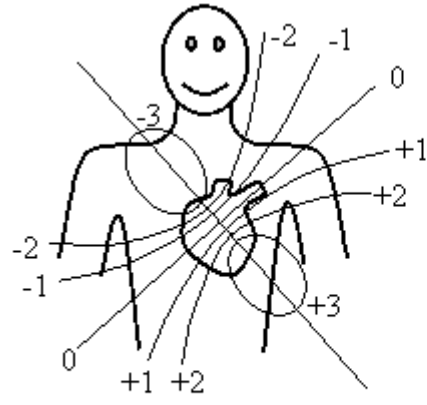


Рис. 1

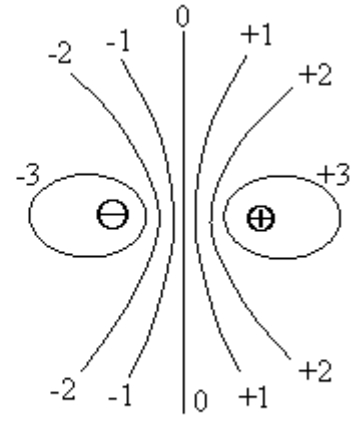


Рис. 2

Лабораторная работа №5: Биофизические основы исследования артериального давления, влияние физических нагрузок на гомеостаз гемодинамических параметров, анализ звуковых колебаний.

Цель работы: Изучение устройства для измерения артериального давления и анализ звуковых колебаний, лежащих в основе данного метода.

Оснащение занятия:

1. Тонометр.
2. Фонендоскоп.

Краткая теория.

Давлением P называется величина, численно равная отношению силы F , действующей перпендикулярно на поверхность, к площади S этой поверхности:

$$P = \frac{F}{S}$$

Единица измерения давления в СИ - паскаль (Па), внесистемные единицы: миллиметр ртутного столба (1 мм рт.ст. = 133 Па), сантиметр водяного столба, атмосфера, бар и т.д.

Действие крови на стенки сосуда (отношение силы, действующей перпендикулярно на единицу площади сосуда) называют артериальным давлением. В работе сердца выделяют два основных цикла: систола (сокращение сердечной мышцы) и диастола (её расслабление), поэтому отмечают давление систолическое и диастолическое.

При сокращении сердечной мышцы в аорту, уже заполненную кровью под соответствующем давлением выталкивается объём крови равный 65-70 мл, называемый ударным объемом. Поступивший в аорту дополнительный объём крови действует на стенки сосуда, создавая давление систолическое.

Волна повышенного давления передается к периферии сосудистых стенок артерий и артериол в виде упругой волны. Эта волна давления называется пульсовой волной. Скорость ее распространения зависит от упругости сосудистых стенок и равна 6-8 м/с.

Количество крови, протекающее через поперечное сечение участка сосудистой системы в единицу времени, называется объемной скоростью кровотока (л/мин).

Эта величина зависит от разности давлений в начале и конце участка и его сопротивления току крови.

Гидравлическое сопротивление сосудов определяют по формуле

$$R = \frac{8\eta l^3}{r^4},$$

где η – вязкость жидкости;

l – длина сосуда;

r – радиус сосуда.

Если в сосуде меняется площадь сечения, то общее гидравлическое сопротивление находится по аналогии с последовательным соединением резисторов:

$$R = R_1 + R_2 + \dots + R_n,$$

где R_n – гидравлическое сопротивление участка сосуда радиуса r и длиной l .

Если сосуд разветвляется на n сосудов с гидравлическим сопротивлением R_n , то общее сопротивление находится по аналогии с параллельным соединением резисторов:

$$\frac{1}{R} = \frac{1}{R_1} + \frac{1}{R_2} + \dots + \frac{1}{R_n}$$

Сопротивление R системы разветвленных сосудов будет меньше самого минимального из сопротивлений сосудов.

На рис. 1 приведен график изменения давления крови в основных отделах сосудистой системы большого круга кровообращения.



P_0

Рис. 1.

где P_0 – атмосферное давление.

Давление, избыточное над атмосферным, считается положительным. Давление меньше атмосферного – отрицательным.

По графику рис. 1 можно сделать вывод, что максимальное падение давления наблюдается в артериолах, а в вене – давление отрицательное.

Измерению давления крови отводится важная роль в диагностике многих заболеваний. Систолическое и диастолическое давление в артерии может быть измерено непосредственно с помощью иглы, соединённой с манометром (прямой или кровяной метод). Однако в медицине широко используется кос-

венный (бескровный) метод, предложенный Н.С. Коротковым. Он состоит в следующем.



Рис. 2.

Вокруг руки между плечом и локтем накладывают манжету, способную к наполнению воздухом. Сначала избыточное над атмосферным давление воздуха в манжете равно 0, манжета не сжимает мягкие ткани и артерию. По мере накачивания воздуха в манжету, последняя сдавливает плечевую артерию и прекращает ток крови.

Давление воздуха внутри манжеты, состоящей из эластичных стенок, приблизительно равно давлению в мягких тканях и артериях. В этом заключается основная физическая идея бескровного метода измерения давления. Выпуская воздух, уменьшают давление в манжете и мягких тканях. Когда давление станет равным систолическому, кровь будет способна пробиваться с большой скоростью через очень малое сечение артерии – при этом течение будет турбулентным.

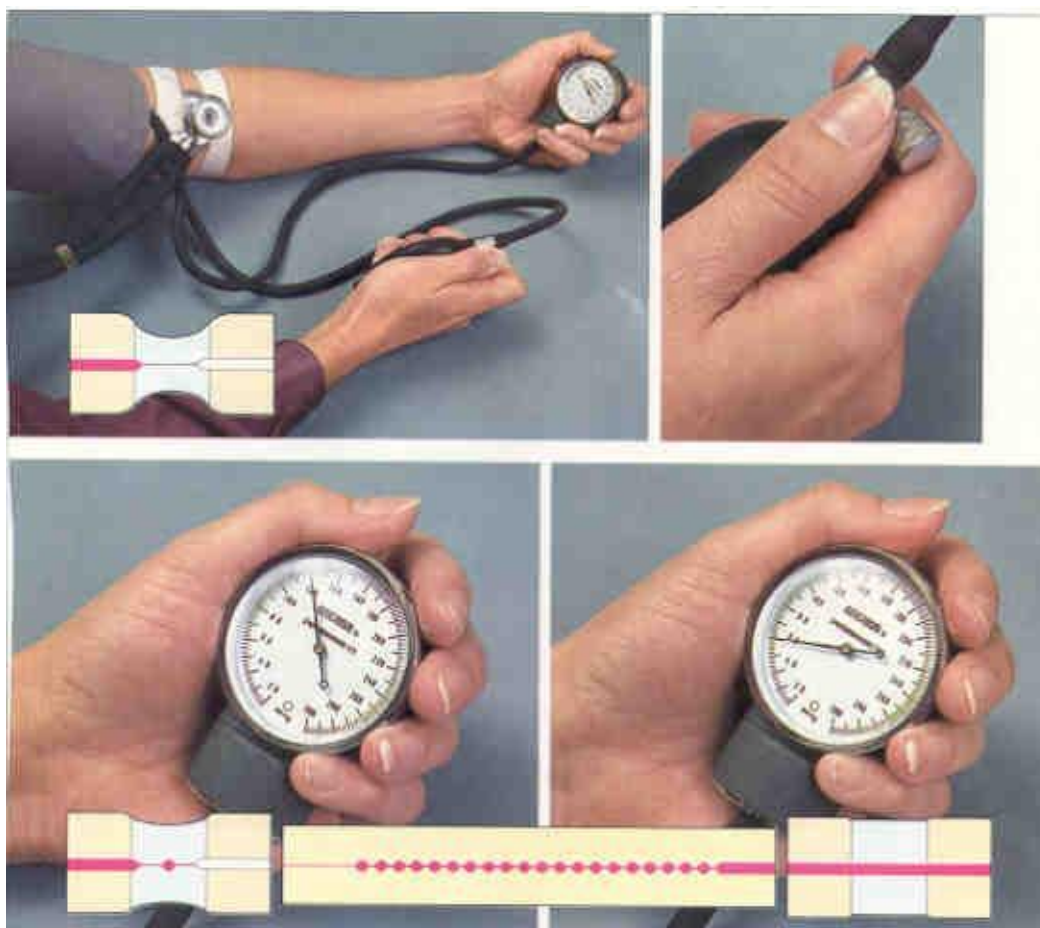


Рис. 3.

Характерные тоны и шумы, сопровождающие этот процесс, прослушивает врач. В момент прослушивания первых тонов фиксируется давление (систолическое). Продолжая уменьшать давление в манжете, можно восстановить ламинарное течение крови. Шумы прекращаются, в момент их прекращения регистрируют диастолическое давление. Для измерения артериального давления применяют прибор – сфигмоманометр, состоящий из груши, манжеты, манометра и фонендоскопа.

Ход выполнения работы:

1. Ознакомление с устройством и основными составляющими тонометра.
2. Изучение устройства фонендоскопа и физических процессов, лежащих в основе его функционирования.
3. Определение у испытуемого тонографии и локализации плечевой артерии на левой руке.
4. Наложение манжеты на верхнюю треть левой руки плеча и нагнетание воздуха в манжету до 140-150 мм/рт.ст.
5. Исследование звуковых колебаний после нагнетания воздуха в манжету.

6. Открытие винта груши и постепенное медленное выпускание воздуха из манжеты до появления первых звуковых колебаний и определение уровня систолического артериального давления.

7. Занесение данных систолического артериального давления и характера звуковых колебаний в таблицу.

8. Анализ первых звуковых колебаний, продолжение выпуска воздуха из манжеты.

9. Анализ тональности звуковых колебаний по мере выпуска воздуха из манжеты до их исчезновения и определение диастолического артериального давления.

10. Занесение результатов диастолического артериального давления и характера звуковых колебаний в таблицу.

11. Анализ результатов и выводы, формулирование физических основ измерения артериального давления.

Вопросы к защите лабораторной работы

1. Что называют давлением?
2. В каких единицах измеряется давление?
3. Какое давление считают положительным, какое отрицательным?
4. Сформулируйте правило Бернулли.
5. При каких условиях наблюдается ламинарный характер течения жидкости?
6. В чем состоит отличие турбулентного характера течения от ламинарного? При каких условиях наблюдается турбулентное течение жидкости?
7. Запишите формулу гидравлического сопротивления сосудов.
8. Как рассчитать общее сопротивление системы сосудов при параллельном и последовательном их соединении?
9. Что такое систолическое артериальное давление? Чему оно равно у здорового человека в состоянии покоя?
10. Что называется диастолическим артериальным давлением? Чему оно равняется в сосудах?
11. Что такое пульсовая волна?
12. В каком отделе сердечно-сосудистой системы происходит наибольшее падение давления? Чем оно обусловлено?
13. Каково давление в венозных сосудах, крупных венах?
14. С помощью какого прибора измеряют давление крови?
15. Из каких составных частей состоит данный прибор?
16. Чем обусловлено появление звуков при определении артериального давления крови?
17. В какой момент времени показание прибора соответствует систолическому давлению крови? В какой момент диастолическому давлению крови?