

Министерство науки и высшего образования Российской Федерации
Томский государственный университет систем управления и радиоэлектроники

Д.О. Пахмурин, В.В. Пахмурина

БИОФИЗИЧЕСКИЕ ОСНОВЫ ЖИВЫХ СИСТЕМ

Учебно-методическое пособие для выполнения практических и лабораторных работ
для студентов всех форм обучения по техническим специальностям и направлениям
подготовки

Томск
2023

УДК 612.014
ББК 28.707.3
П21

Рецензент:

Часовских Н.Ю., доцент, д.м.н., зав. кафедрой медицинской и биологической кибернетики ФГБОУ ВО «Сибирский государственный медицинский университет»
Минздрава России

Пахмурин, Денис Олегович, Пахмурина, Виктория Викторовна
П21 Биофизические основы живых систем: Учебно-методическое пособие. –
Томск: Томск. гос. ун-т систем упр. и радиоэлектроники, 2023. – 55 с.

Приведены методика и задания для студентов технических специальностей и направлений подготовки, выполняющих практические и/или лабораторные работы по дисциплине "Биофизические основы живых систем"

Одобрено на заседании каф. промышленной электроники, протокол № 23 от 05.10.2023

УДК 612.014
ББК 28.707.3

© Пахмурин Д.О.,
Пахмурина В.В., 2023
© Томск. гос. ун-т систем
упр. и радиоэлектроники,
2023

ОГЛАВЛЕНИЕ

ВВЕДЕНИЕ.....	5
1 Антропометрические характеристики и индексы человека.....	6
1.1 Определение антропометрических характеристик человека	6
1.2 Динамометрия.....	10
1.3 Оценка физического развития методом индексов	11
1.4 Определение типа соматической конституции	14
1.5 Определение типа телосложения	16
1.6 Задание к выполнению.....	17
1.7 Требования к отчету	18
1.8 Пример оформления отчета.....	18
2 Измерение артериального давления и пульса. Определение систолического и минутного объемов крови расчетным методом	20
2.1 Измерение частоты сердечных сокращений	21
2.2 Измерение артериального давления	21
2.3 Исследование влияния физической нагрузки на величину артериального давления и пульса.....	23
2.4 Определение систолического и минутного объемов крови расчетным методом	23
2.5 Расчет должных величин артериального давления и среднего давления	23
2.6 Задание к выполнению.....	24
2.7 Требования к отчету	24
3 Электрокардиография.....	26
3.1 Стандартные отведения ЭКГ	27
3.2 Основные зубцы и интервалы ЭКГ.....	27
3.3 Задание к выполнению.....	30
3.4 Требования к отчету	32
4 Анализ остроты зрения, поля зрения и цветового зрения.....	33
4.1 Исследование остроты зрения.....	33
4.2 Исследование поля зрения.....	34
4.3 Исследование цветового зрения	35
4.4 Задание к выполнению.....	36
4.5 Требования к отчету	38
5 Спирометрия. Определение с помощью спирометра жизненной емкости легких и составляющих ее объемов	39
5.1 Определение жизненной емкости легких и других дыхательных объемов	40
5.2 Задание к выполнению.....	42
5.3 Требования к отчету	43

6	Изучение влияния физических нагрузок на функцию внешнего дыхания. Оценка функционального состояния дыхательной системы. Контроль насыщения крови кислородом. Измерение уровня СО в выдыхаемом воздухе	44
6.1	Изучение влияния физических нагрузок на функцию внешнего дыхания	44
6.2	Оценка функционального состояния дыхательной системы.....	44
6.3	Контроль насыщения крови кислородом. Сатурация.....	45
6.4	Принцип работы пульсоксиметра	45
6.5	Измерение уровня СО в выдыхаемом воздухе	46
6.6	Задание к выполнению.....	47
6.7	Требования к отчету	47
7	Регистрация электрической активности головного мозга при функциональных пробах.....	48
7.1	Правила наложения электродов	48
7.2	Анализ электроэнцефалограммы	49
7.3	Расшифровка электроэнцефалограммы	49
7.4	Задание к выполнению.....	49
7.5	Требования к отчету	50
8	Регистрация суммарной электрической активности мышц плеча при разной интенсивности напряжения. Электронейромиография.....	51
8.1	Электромиография в мышцах-антагонистах	51
8.2	Исследование моторного проведения по срединному нерву.....	52
8.3	Методика исследования моторного проведения по срединному нерву.....	52
8.4	Задание к выполнению.....	55

ВВЕДЕНИЕ

Дисциплина "Биофизические основы живых систем" является основой для понимания функционирования организма человека для студентов, обучающихся по техническим направлениям и специальностям. В данном учебно-методическом пособии приведены методика и задания для студентов, выполняющих практические и/или лабораторные работы.

Материал подобран таким образом, чтобы он был понятен студентам, получающим техническую подготовку.

1 Антропометрические характеристики и индексы человека

Цель работы: освоить методы исследования физического развития – антропометрию и динамометрию, научиться оценивать физическое развитие методом индексов, научиться определять соматический тип конституции.

Материальное обеспечение: ростомер, весы, ручные динамометры, измерительные ленты.

Система медицинских научных знаний предполагает в качестве своей основной цели сохранение и укрепление здоровья, продление и улучшение качества жизни, профилактику и лечение различных патологических состояний и болезней человека.

Современный подход в здравоохранении, так называемая персонализированная медицина, базируется на учете индивидуальных особенностей каждого человека. Антропометрия является наиболее простым, экономичным и распространенным методом получения информации, позволяющим судить об особенностях физического развития человека и соответствии его возрастным нормам. Выявленные отклонения могут являться факторами риска или признаками некоторых заболеваний. Поэтому умение правильно оценить полученные результаты измерений может способствовать не только своевременной диагностике различных заболеваний, но и формированию установки на здоровый образ жизни.

Под термином *физическое развитие* понимают комплекс морфологических и функциональных показателей, характеризующий возрастной уровень биологического развития человека, определяющий запас физических сил организма, его физическую дееспособность. В это комплексное понятие входят такие факторы, как здоровье, размеры и масса тела, мышечная сила и другое. Уровень физического развития формируется наследственной природой человека, проявления которой усиливаются или тормозятся факторами окружающей среды (питание, материально-бытовые условия, образ жизни и др.).

1.1 Определение антропометрических характеристик человека

Антропометрия – измерение параметров человеческого тела. Антропометрические измерения позволяют получить объективные данные о важных морфологических параметрах тела – росте, массе тела, окружности груди и др.

Для получения пригодных для последующей оценки и сравнения при антропометрии данных необходимо выполнять следующие правила: антропометрические измерения проводятся утром (натощак), в одни и те же часы стандартными, проверенными инструментами по общепринятой методике. Выбор антропометрических показателей определяется изучаемым возрастным контингентом и задачами исследования.

К основным антропометрическим методам относят измерения роста, массы тела, окружности грудной клетки (при максимальном вдохе, паузе и максимальном выдохе), силу кистей и становую силу (силу мышц спины).

К дополнительным антропометрическим показателям относят рост сидя, окружности: шеи, живота, талии, бедра и голени, плеча; длину рук и др.

Таким образом, антропометрия включает в себя определение длины, диаметров и окружностей различных частей тела.

1. Измерение длины (роста) тела

Длина тела (рост стоя) измеряется ростомером. Ростомер представляет собой укрепленную на площадке вертикальную стойку с передвижной планкой и откидной скамейкой. Вертикальная стойка имеет две шкалы: темную для измерения роста стоя

(отсчет ведется от уровня площадки) и светлую для измерения роста сидя (отсчет ведется от уровня скамейки). Передвижная горизонтальная планка свободно движется по вертикальной стойке

Измерение роста стоя

Длина тела (рост) измеряется с помощью ростомера (рисунок 1.1). Обследуемый становится на площадку ростомера спиной к вертикальной стойке, касаясь ее пятками, ягодицами, лопатками и затылком. Затем опускают планку ростомера до соприкосновения с костной частью головы и по правой шкале отмечают значение роста.



Рисунок 1.1 – Весы и ростомер

Измерение роста сидя

Обследуемый садится на откидное сиденье ростомера, касаясь вертикальной планки со шкалой тремя точками: затылком, лопатками и ягодицами. Опускают измерительную планку на темя пациента, прижимают ее к шкале. Снимают показания по левой (темной) стороне шкалы.

2. Определение веса тела

Измерение массы тела (веса) производят на электронных весах. Обследуемый становится на середину площадки весов без обуви и верхней одежды. Лучшее время для измерения – утром натощак или через 2-3 ч после приема пищи.

3. Измерение окружности груди

Окружность груди определяется при вдохе, выдохе и во время паузы. Сантиметровую ленту накладывают сзади под прямым углом к лопаткам, а спереди у мужчин по нижнему краю околососковых кружков, а у женщин - над грудными железами по месту прикрепления 4-го ребра к груди (рисунок 1.2). При наложении ленты обследуемый немного приподнимает руки, затем опускает их и становится в спокойную стойку. Рекомендуется вначале измерить окружность груди в паузе (при обычном спокойном дыхании во время беседы), затем при максимальном вдохе (измерительная лента ослабляется), а затем на глубоком выдохе (измерительная лента подтягивается). Обследуемый не должен при вдохе приподнимать плечи, а при выдохе сводить их вперед, нагибаться или изменять стойку. Исследователю необходимо все время слегка натягивать ленту и контролировать ее положение, особенно при переходе от вдоха к выдоху. Результаты измерений записывают в сантиметрах. Высчитывают и записывают разницу между показаниями обхвата груди на вдохе и на выдохе, что характеризует *экскурсию грудной клетки* – важную функциональную величину.

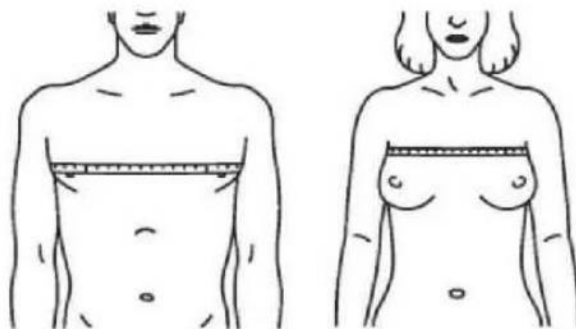


Рисунок 1.2 – Измерение окружности груди

4. Расчет показателя экскурсии грудной клетки

Экскурсия грудной клетки отражает интенсивность обмена воздуха в легких. Разница величины окружностей грудной клетки на высоте вдоха и выдоха отражает *подвижность* грудной клетки, которую правильнее называть *экскурсией грудной клетки* во время дыхания. Расчет производится по формуле (1.1):

$$\text{ЭГК} = \text{ОГК}_{\text{вд}} - \text{ОГК}_{\text{выд}}, \quad (1.1)$$

где ЭГК – экскурсия грудной клетки,
 ОГК_{вд} – окружность грудной клетки на вдохе,
 ОГК_{выд} – окружность грудной клетки на выдохе

Оцениваются расчеты следующим образом:

- если полученный результат равен 4 см и менее, его расценивают как низкий,
- если он равен 5–9 см – средний,
- если 10 см и более – высокий.

Уменьшение экскурсии грудной клетки говорит об имеющейся патологии легких или грудной клетки. Наиболее частой причиной её уменьшения является эмфизема легких, пневмосклероз, бронхиальная астма и т.д. Одностороннее ограничение подвижности грудной клетки может наблюдаться при выпотном плеврите, пневмотораксе, ателектазе, пневмониях и других заболеваниях легких.

В результате регулярных занятий физическими упражнениями, особенно спортом, этот показатель может значительно увеличиться и достигать 12–15 см.

5. Определение эпигастрального (реберного) угла

Для определения эпигастрального угла ладони обеих рук располагают ребром соответственно направлению сторон угла, образованного реберными дугами и грудиной (рисунок 1.3).

Реберный угол может быть (рисунок 1.4):

- тупым (больше 90°) (рисунок 1.4, а).
- прямым, т.е. равным 90° (рисунок 1.4, б);
- острым (меньше 90°) (рисунок 1.4, в);

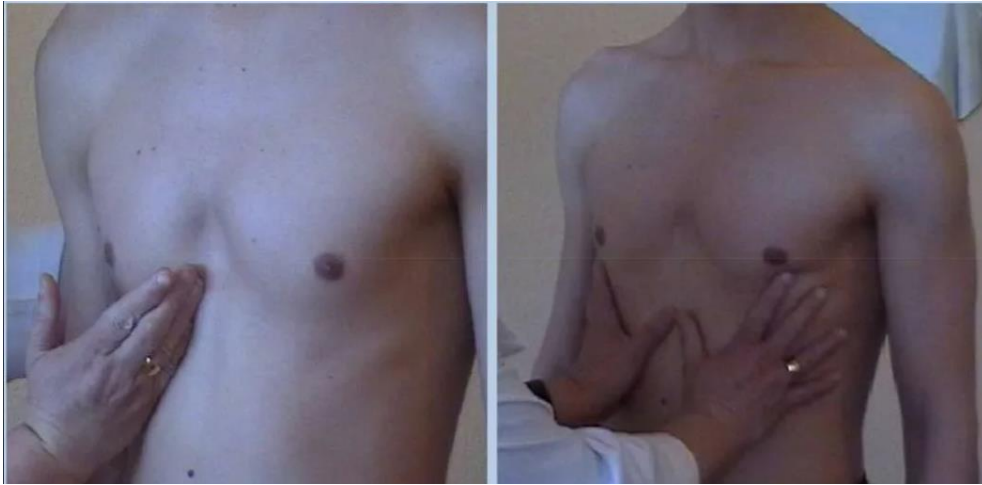


Рисунок 1.3 – Определение эпигастрального угла

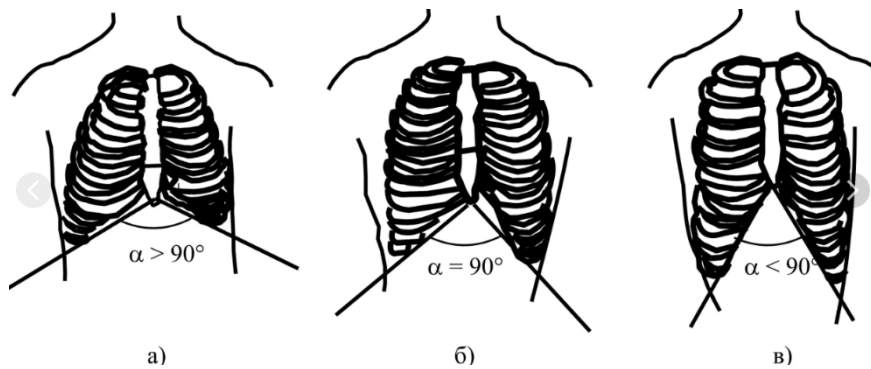


Рисунок 1.4 – Виды эпигастрального угла

6. Измерение окружности запястья (индекс Соловьева)

Измерение окружности запястья проводится в самом узком месте лучезапястного сустава (рисунок 1.5).



Рисунок 1.5 – Измерение окружности запястья

7. Измерение окружности плеча

Окружность плеча определяется в напряженном и расслабленном состоянии. Сначала окружность плеча измеряется в напряженном состоянии, для чего обследуемый с напряжением сгибает руку в локте под углом 90 градусов. Сантиметровую ленту накладывают в месте наибольшего утолщения бицепса. Затем обследуемый выпрямляет и свободно опускает руку вниз, измерительную ленту подтягивают (рисунок 1.6). При этом измерительную ленту не сдвигают, чтобы произвести измерение в том же месте.



Рисунок 1.6 – Измерение окружности плеча

1.2 Динамометрия

Ещё одним показателем физического развития организма служит степень развития скелетной мускулатуры, процентное содержание мышечной ткани, сила мышц. Сила мышцы зависит от ряда морфологических и физиологических факторов: количества и свойств мышечных волокон в мышце, исходной длины мышцы, характера нервных импульсов, механических условий действия мышцы на кости скелета. Сила мышцы является суммой силы отдельных ее мышечных волокон. Подсчитано, что одиночное мышечное волокно икроножной мышцы развивает напряжение 100-200 мг, 1 ДЕ (двигательная единица – это комплекс единичного нервного волокна мотонейрона и иннервируемых им мышечных волокон) икроножной мышцы содержит около 2000 мышечных волокон и развивает напряжение 200-400 г, 1 икроножная мышца содержит около 1000 ДЕ и развивает напряжение 200-400 кг. В настоящее время хорошо изучена сила различных групп мышц. Однако чаще всего пользуются определением силы мышц кисти и становой силы. Основным методом определения силы мышц является динамометрия. Соответственно, измерения производят кистевым и становым динамометрами. Отмечено, что максимальное развитие мышечной силы происходит к 25–35 годам, после чего начинается ее снижение. Установлено также, что сила мышц в течение дня колеблется и что максимальное проявление мышечной силы наблюдается при внешней температуре +20°C. Показатели зависят от возраста, пола и вида спорта, которым занимается обследуемый.

1. Определение силы мышц кисти

Мышечная сила рук характеризует степень развития мускулатуры и измеряется ручным динамометром (в кг).

Кистевой динамометр состоит из рукоятки и циферблата. На тыльной стороне прибора находится кнопка фиксации. В положении «0» (кнопка сдвинута вправо) – показания прибора не фиксируются. Положение «фиксация» (кнопка сдвинута влево) – отклонение стрелки будет зафиксировано.

Для определения силы мышц кисти динамометр устанавливают на фиксацию результатов. Берут кистевой динамометр кистью правой руки, отводят ее от туловища в сторону до получения с ним прямого угла (рисунок 1.7). Вторую руку опускают вниз вдоль туловища. Сжимают с максимальной силой рукоять динамометра. Фиксируют отклонение стрелки динамометра. Обнуляют показания прибора, устанавливают динамометр на фиксацию и повторяют попытку левой рукой. Делают с интервалами для

отдыха три попытки для каждой руки, каждый раз фиксируя результат. Полученные данные сравнивают с нормой (таблица 1.1). Средние показатели силы левой кисти обычно на 5-10 кг меньше.

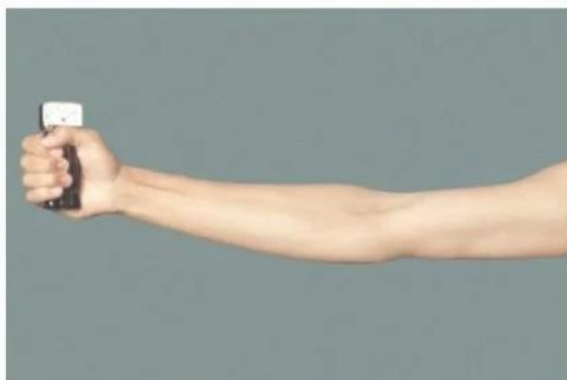


Рисунок 1.7 – Динамометрия

Таблица 1.1 – Нормальные показатели динамометрии

Категория	Показатель силы кисти, кг				
	Очень высокий	Высокий	Средний	Низкий	Очень низкий
Девушки	Больше 40	38-40	25-37	22-24	Меньше 22
Юноши	Больше 70	62-70	48-61	41-47	Меньше 41

2. Расчет относительной мышечной силы

При оценке относительной мышечной силы используется *индекс относительного показателя силы (ИОС)*, который говорит о степени развития скелетной мускулатуры и мышечной силы относительно массы тела.

ИОС рассчитывается по формуле (1.2):

$$\text{ИОС} = \frac{\text{МСК}}{\text{Мт}} \cdot 100\%, \quad (1.2)$$

где МСК – мышечная сила кисти, кг,
Мт – масса тела, кг.

Оценка индекса относительного показателя силы осуществляется следующим образом. Между массой тела и мышечной силой есть известное соотношение. Обычно чем больше мышечная масса, тем больше сила. Силовой показатель определяется по формуле и выражается в процентах. В норме, для сильнейшей кисти этот показатель равен 65-80 % для мужчин и 48-50 % для женщин.

1.3 Оценка физического развития методом индексов

Физическое развитие – комплекс функциональных и морфологических свойств организма, который определяет запас его физических сил, т.е. служит критерием крепости организма.

Антропометрические индексы используются для определения должных величин антропометрических признаков и могут использоваться в случае отсутствия подходящих антропометрических стандартов и номограмм.

Антропометрические индексы – индексы, определяемые при сопоставлении двух или нескольких параметров физического развития, например, массы тела и роста, окружности грудной клетки и длины тела, длины туловища и длины конечностей. Таким

образом, индексы представляют собой определенное арифметическое соотношение двух или трех признаков физического развития, принимаемых за норму.

При оценке физического развития широко используются индекс массы тела Брока-Бругша, весоростовой индекс (Кетле), индекс массы тела, индекс Эрисмана (индекс пропорциональности развития грудной клетки), показатель Пинье (показатель крепости телосложения), индекс Пирке (Бедузи), позволяющий судить об относительной длине ног.

1. Индекс Пирке (Бедузе)

Индекс Пирке (Бедузе) или коэффициент пропорциональности (КП) тела. Его можно найти, зная длину тела стоя и сидя (формула (1.3)).

$$КП = \frac{P_{ст} - P_c}{P_c} \cdot 100\%, \quad (1.3)$$

где $P_{ст}$ – рост стоя, см,

P_c – рост сидя, см.

В норме КП = 87–92 %

Величина показателя позволяет судить об относительной длине ног:

- менее 87 % – малая длина ног,
- 87–92 % – пропорциональное развитие,
- более 92 % – относительно большая длина ног/

Коэффициент имеет определенное значение при занятиях спортом. Лица с низким показателем КП имеют при прочих равных условиях более низкое расположение центра тяжести, что дает им преимущество при выполнении упражнений, требующих высокой устойчивости тела в пространстве (горнолыжный спорт, прыжки с трамплина, борьба и др.). Лица, имеющие высокий КП (более 92%), имеют преимущество перед лицами с низким КП в прыжках, беге. У женщин КП ниже, чем у мужчин.

2. Индекс Брока-Бругша

Самым приближенным и старым методом оценки массы тела является расчет идеального веса по формуле, предложенной 100 лет назад французским антропологом Полем Броком (формула (1.4)).

$$ИВ = P - 100, \quad (1.4)$$

где ИВ – идеальный вес, кг,

P – рост, см.

Индекс Брока-Бругша (таблица 1.2) является уточнением формулы Брока и позволяет определять должный вес (ДВ) для людей с ростом менее 155 см и выше 175 см. В дальнейшем формула Брока-Бругша была доработана – было предложено ввести корректирующие коэффициенты (КК), чтобы учитывать тип телосложения. Для астенического типа корректирующий коэффициент составляет 0,9, для нормостенического – 1,0 для гиперстенического – 1,1.

Таблица 1.2 – Расчет должного веса по формуле Брока-Бругша

Рост	Должный вес
Менее 165 см	$ИВ = (P_{ст} - 100) \cdot КК$
От 165 см до 175 см	$ИВ = (P_{ст} - 105) \cdot КК$
Более 175 см	$ИВ = (P_{ст} - 110) \cdot КК$

Оценку фактического веса по отношению к должному производят, разделив фактический вес на должный и умножив частное от деления на 100 %. Должный вес принимают равным 100 %.

Отклонения фактического веса в пределах 10 % от должной величины считаются незначительными, а вес в этих пределах – средним. Вес более 110 % от должного считается выше среднего, более 120 % от должного – высоким. Вес менее 90 % должного считается ниже среднего, менее 80 % – низким.

3. Индекс Кетле

Индекс Кетле говорит о соотношении массы и роста (упитанности) человека и рассчитывается по формуле (1.5):

$$ИК = \frac{В}{Р}, \quad (1.5)$$

где ИК – индекс Кетле, г/см,
В – вес, г,
Р – рост, см.

Индекс Кетле, в среднем, равен 350-400 г/см для мужчин и 325-375 г/см для женщин. Оценка значений индекса Кетле для взрослых людей производится по таблице 1.3.

Таблица 1.3 – Оценка индекса Кетле

Индекс Кетле, г/см	Показатель упитанности
Больше 540	ожирение
451-540	чрезмерный вес
416-450	излишний вес
401-415	хорошая упитанность
400	наилучшая для мужчин
390	наилучшая для женщин
360-389	средняя
320-359	плохая
300-319	очень плохая
200-299	истощение

Низкая оценка индекса Кетле может свидетельствовать о недостаточном питании или слабом развитии мышц, либо, наоборот, высокая оценка – об угрозе ожирения или ожирении.

4. Индекс массы тела

Индекс массы тела (англ. body mass index (BMI), ИМТ) – величина, позволяющая оценить степень соответствия массы человека и его роста и, тем самым, косвенно оценить, является ли масса недостаточной, нормальной или избыточной. Индекс массы тела рассчитывается по формуле (1.6):

$$ИМТ = \frac{m}{h^2}, \quad (1.6)$$

где m – масса тела, кг,
h – рост, м.
ИМТ измеряется в кг/м².

Интерпретация ИМТ осуществляется по таблице 1.4.

Таблица 1.4 – Интерпретация показателя ИМТ

Индекс массы тела	Соответствие между массой человека и его ростом
16 и менее	выраженный дефицит массы тела
16-18,4	недостаточная (дефицит) масса тела
18,5-24,9	норма
25-29,9	избыточная масса тела (предожирение)
30-34,9	ожирение первой степени
35-39,9	ожирение второй степени
40 и более	ожирение третьей степени (морбидное)

5. Индекс Эрисмана

Индекс Эрисмана (ИЭ) – это индекс пропорциональности развития грудной клетки (формула (1.7)):

$$\text{ИЭ} = \text{ОГ} - \frac{P}{2}, \quad (1.7)$$

где ОГ – окружность груди в паузе, см,
P – рост, см.

Индекс Эрисмана равен +5,8 см для мужчин и +3,3 см для женщин. Полученная разница, если она равна или выше названных цифр, указывает на хорошее развитие грудной клетки. Если разница ниже указанных величин или имеет отрицательное значение, то это свидетельствует об узкогрудости. Оценка индекса Эрисмана для взрослых производится по таблице № 1.5.

Таблица 1.5 – Интерпретация индекса Эрисмана

Пол	Очень плохо	Плохо	Удовлетворительно	Хорошо	Очень хорошо	Отлично
М	2	2...3	3...4	4...5	5...5,8	5,8
Ж	-2	-2...-1	-1...0	0...1	1...3	>3
	Узкая грудная клетка		Пропорциональная грудная клетка		Широкая грудная клетка	

6. Индекс развития мускулатуры

Индекс развития мускулатуры (ИРМ) указывает на степень развития мускулатуры и рассчитывается по формуле (1.8):

$$\text{ИРМ} = \frac{\text{ОП}_{\text{напр}} - \text{ОП}_{\text{рассл}}}{\text{ОП}_{\text{рассл}}} \cdot 100\%, \quad (1.8)$$

где ОП_{напр} – окружность плеча в напряженном состоянии, см,
ОП_{рассл} – окружность плеча в расслабленном состоянии, см.

Если полученная величина меньше 5, то это указывает на недостаточно развитую мускулатуру, если от 5 до 12 – мускулатура развита нормально, свыше 12 – сильно развитая мускулатура.

1.4 Определение типа соматической конституции

Под конституцией (constitutio – строение) понимают совокупность относительно устойчивых структурных и функциональных особенностей, оказывающих влияние на реактивность организма и его сопротивляемость к действию болезнетворных факторов.

Поводом для возникновения этого медицинского термина явилось стремление врачей выделить среди огромного количества людей, наделенных чрезвычайно разнообразными индивидуальными свойствами, какие-либо типовые структурные и функциональные особенности организма и установить их связь с развитием тех или иных заболеваний.

К конституциональным признакам относят:

- морфологические характеристики организма (телосложение);
- физиологические показатели;
- психические свойства личности.

Хотя понятие конституции существует на протяжении многих веков (основоположником учения о конституции является Гиппократ), до настоящего времени не существует единой общепринятой классификации типов конституции. Трудность разработки универсальной схемы связана с отсутствием общепринятых представлений о роли генотипа и фенотипа в формировании конституции. К настоящему моменту предложено более 40 ее разновидностей, причем за основу классификации в большинстве случаев принимаются особенности телосложения, такие, как соотношение между ростом и весом, длиной туловища и конечностей, а также размеры и форма грудной клетки, степень развития мускулатуры и др. Значительно реже классификация типов конституции основывается на функциональных особенностях нервной системы.

В нашей стране в медицинской практике наиболее часто используется классификация М.В. Черноруцкого (1928), который выделил на основании особенностей телосложения три типа: астеник, нормостеник и гиперстеник.

Астенический тип отличается относительным преобладанием длины тела над поперечными размерами: конечности тонкие, длинные, туловище короткое, грудная клетка длинная и узкая, эпигастральный угол острый, мышцы развиты слабо, осанка часто нарушена (сутулость, асимметрия и т. д.), шея тонкая, голова узкая или яйцообразная, таз узкий, жиротложение пониженное.

Нормостенический тип характеризуется пропорциональностью длины и поперечных размеров тела, достаточно широкими плечами и развитой грудной клеткой с прямым эпигастральным углом, хорошо развитой мускулатурой и умеренным жиротложением.

Гиперстенический тип характеризуется относительным преобладанием поперечных размеров над продольными: туловище длинное и плотное, конечности и пальцы рук относительно короткие и толстые, плечи широкие, грудная клетка короткая и широкая, эпигастральный угол тупой, таз широкий, мышечная система развита хорошо, костяк широкий.

В настоящее время не вызывает сомнений, что люди определенного телосложения более склонны к некоторым заболеваниям. Это заключение основывается на многочисленных наблюдениях, сделанных М.В. Черноруцким и рядом других авторов. Связь между типами конституции и соматическими заболеваниями отражена в таблице 1.6.

Таблица 1.6 – Особенности обмена веществ и предрасположенность к заболеваниям у лиц с различными типами конституции

Тип конституции	Особенности обмена веществ	Предрасположенность к заболеваниям
Астеники	Преобладание процессов диссимиляции над ассимиляцией; склонность к повышению основного обмена и алкалозу; ускоренная утилизация глюкозы при сахарной нагрузке;	Склонность к птозу органов брюшной полости, язвенной болезни, тяжелому течению туберкулеза легких, гипотонии, патологической аменорее

	содержание холестерина и липидов в крови в пределах нормы или снижено	
Гиперстеники	Преобладание процессов ассимиляции, склонность к понижению основного обмена и ацидозу; нарушение толерантности к глюкозе при сахарной нагрузке; повышенное содержание в крови липидов и холестерина	Предрасположенность к заболеваниям сердечно-сосудистой системы (атеросклерозу, инфаркту миокарда, гипертонии), сахарному диабету пожилых, ожирению, желчекаменной болезни
Нормостеники	Равновесие процессов ассимиляции и диссимиляции; показатели обмена веществ и физиологических процессов близки к средней норме	Предрасположенность к заболеваниям верхних дыхательных путей и опорно-двигательного аппарата

1.5 Определение типа телосложения

Под телосложением понимают размеры, формы, пропорции и особенности взаимного расположения частей тела, а также особенности развития костной, жировой и мышечной тканей.

Тип телосложения можно определить по характерным ярко выраженным внешним признакам. Чаще тип телосложения определяют, рассчитав индекс Соловьёва (используется только для взрослых), либо по реберному углу в области солнечного сплетения. Также определить тип соматической конституции можно и с помощью антропометрических индексов.

1. Измерение реберного угла и индекса Соловьёва

Индекс Соловьёва равен обхвату запястья в сантиметрах. Интерпретация индекса Соловьёва и величины реберного угла осуществляется по таблице 1.7.

Таблица 1.7 – Определение типа телосложения (конституции) человека по классификации В. М. Черноруцкого

Тип телосложения	Индекс Соловьёва		Реберный угол
	для мужчин	для женщин	
Астенический (тонкостенный)	менее 18 см	менее 15 см	острый (менее 90°)
Нормостенический (нормальный)	18-20 см	15-17 см	ближе к прямому (примерно равный 90°)
Гиперстенический (ширококостный)	более 20 см	более 17 см	тупой (более 90°)

2. Индекс Пинье

Индекс Пинье (ИП) – показатель крепости телосложения, выражает разницу между ростом стоя и суммой массы тела и окружности грудной клетки в фазе выдоха (формула (1.9)):

$$\text{ИП} = \text{Р} - (\text{М} + \text{ОГ}), \quad (1.9)$$

где Р – рост, см,
М – масса тела, кг,
ОГ – окружность груди, см.

Чем меньше значение индекса Пинье, тем более крепкое телосложение (при отсутствии ожирения). Оценка показателя Пинье производится по таблице 1.8.

Таблица 1.8 – Интерпретация индекса Пинье

Очень плохо	Плохо	Удовлетворительно	Хорошо	Очень хорошо	Отлично
>36	36-26	26-21	21-10	10-5	<5
Слабое телосложение		Среднее, хорошее телосложение		Крепкое телосложение	
астеник		нормостеник		гиперстеник	

При отсутствии ожирения менее высокий показатель свидетельствует о более крепком телосложении.

Если ИП более 30, то человек – астеник,
если от 10 до 30 – нормостеник,
если ИП менее 10 – гиперстеник.

1.6 Задание к выполнению

1. Заполните таблицу 1.9 (см. п. 1.1.1–1.1.7, 1.2.1). Внесите ее в отчет.

Таблица 1.9 – Данные антропометрических измерений

Показатель	Значение
Рост стоя, см	
Рост сидя, см	
Вес, кг	
ОГК пауза, см	
ОГК вдох, см	
ОГК выдох, см	
Экскурия грудной клетки	
Реберный угол	
Окружность запястья (индекс Соловьева)	
Окружность плеча при напряжении	
Окружность плеча при расслаблении	
Сила правой кисти	
Сила левой кисти	

2. Оцените экскурсию грудной клетки (см. п.1.1.4). Сделайте вывод. Внесите его в отчет.
3. Оцените силу кисти (см. п. 1.2.1). Сделайте вывод. Внесите его в отчет.
4. Рассчитайте индекс относительной силы (см. п. 1.2.2). Сделайте вывод. Внесите данные в таблицу 1.10.
5. Рассчитайте индекс Пирке (Бедузе) (см. п. 1.3.1). Сделайте вывод. Внесите данные в таблицу 1.10.
6. Рассчитайте должный вес по формуле Брока-Бругша (см. п. 1.3.2). Сделайте вывод. Внесите данные в таблицу 1.10.
7. Рассчитайте индекс Кетле (см. п. 1.3.3). Сделайте вывод. Внесите данные в таблицу 1.10.
8. Рассчитайте индекс массы тела (см. п. 1.3.4). Сделайте вывод. Внесите данные в таблицу 1.10.
9. Рассчитайте индекс Эрисмана (см. п. 1.3.5). Сделайте вывод. Внесите данные в таблицу 1.10.

10. Рассчитайте индекс развития мускулатуры (см. п. 1.3.6). Сделайте вывод. Внесите данные в таблицу 1.10.
11. Сделайте итоговый вывод о типе соматической конституции и типе телосложения (см. п. 1.4 и 1.5).

Таблица 1.10 – Антропометрические индексы

Индекс	Значение	Оценка
Индекс относительной силы		
Индекс Пирке (Бедузе)		
Индекс Брока-Бругша		
Индекс Кетле		
Индекс массы тела		
Индекс Эрисмана		
Индекс развития мускулатуры		

1.7 Требования к отчету

Отчет должен включать в себя:

Заполненные таблицы 1.9 и 1.10.

Итоговый вывод, включающий в себя:

- тип соматической конституции и телосложения,
- оценку экскурсии грудной клетки,
- оценку массы тела,
- оценку развития мускулатуры,
- оценку мышечной силы
- рекомендации для коррекции отдельных показателей.

1.8 Пример оформления отчета

1. Таблица 1.9

Показатель	Значение
Рост стоя, см	175
Рост сидя, см	91
Вес, кг	55
ОГК пауза, см	86
ОГК вдох, см	89
ОГК выдох, см	84
Экскурсия грудной клетки	5 см
Реберный угол	менее 90°
Окружность запястья (индекс Соловьева)	14,5 см
Окружность плеча при напряжении	32
Окружность плеча при расслаблении	30
Сила правой кисти	30
Сила левой кисти	27

2. Таблица 1.10

Индекс	Значение	Оценка
Индекс относительной силы	55%	Соответствует нормальному значению
Индекс Пирке (Бедузе)	96%	Непропорциональное, с относительно большой длиной ног
Индекс Брока-Бругша	87%	Вес ниже среднего
Индекс Кетле	314 г/см	Очень плохая

Индекс массы тела	18	Дефицит массы тела
Индекс Эрисмана	-1,5	Узкая грудная клетка
Индекс развития мускулатуры	6	Мускулатура развита нормально

Итоговый вывод:

Телосложение по астеническому типу (острый реберный угол, узкая грудная клетка, непропорциональное телосложение с относительно большой длиной ног). Экскурсия грудной клетки в пределах нормы. Отмечается дефицит массы тела при нормальном развитии мускулатуры и средних показателях мышечной силы.

Рекомендуется: консультация диетолога для выработки правильного рациона питания

2 Измерение артериального давления и пульса. Определение систолического и минутного объемов крови расчетным методом

Цель работы: научиться измерять частоту сердечных сокращений, определять артериальное давление, исследовать влияние физической нагрузки на величину артериального давления и пульса, научиться рассчитывать систолический и минутный объемы крови, а также должное артериальное давление.

Материальное обеспечение: электронный тонометр, стетоскоп, секундомер.

Сердечно-сосудистая система является, по определению Р. М. Баевского, является индикатором состояния всего организма, ее параметры являются ведущими для оценки функционального состояния организма. Наиболее общие и часто используемые параметры функционального состояния сердечно-сосудистой системы – это частота сердечных сокращений и артериальное давление – систолическое, диастолическое, пульсовое.

Частота сердечных сокращений (ЧСС) – важная характеристика, многосоставная компонента, динамика ее позволяет судить об адаптации системы кровообращения к потребностям организма. Частота сердечных сокращений зависит от возраста, индивидуальных особенностей, типа регуляции (у людей с преобладанием симпатической регуляции имеет место тенденция к высокой ЧСС (тахикардии), при преобладании парасимпатической регуляции – редкой ЧСС (брадикардии)), состояния здоровья и других факторов.

При каждом сокращении сердца в артерии выбрасывается определенное количество крови, которое называют **систолическим объемом крови (СО)**.

Другим важным параметром сердечно-сосудистой системы является **артериальное давление (АД)**. Артериальное давление – важнейший энергетический параметр сердечно-сосудистой системы, отражающий деятельность сердца (сердечный выброс) – давление, развиваемое кровью в артериальных сосудах организма.

Сердце, выбрасывая кровь в аорту и легочную артерию во время систолы, создает в них давление, необходимое для продвижения крови по всему сосудистому руслу. Свободному передвижению крови по сосудам препятствует ряд факторов: сопротивление периферических сосудов, трение частиц крови о стенки сосудов давление окружающих сосуды тканей и другие факторы.

Величина кровяного давления зависит главным образом от систолического объема крови и диаметра сосудов. В свою очередь, систолический объем крови зависит от силы сокращений сердца: чем сильнее сокращение, тем больше объем выбрасываемой крови.

Поэтому давление в артериях будет тем выше, чем мощнее сокращение сердца. Величина кровяного давления также будет тем выше, чем уже сосуды кровеносного русла.

Кровяное давление неодинаково в различных сосудах сосудистого русла. Самая большая величина кровяного давления в аорте, несколько меньше в крупных артериях. Кровяное давление по мере удаления сосудов от сердца постепенно снижается. Его величина тем меньше, чем дальше сосуд от артериального отдела и ближе к венозному отделу. В полых венах давление крови иногда становится даже ниже атмосферного.

Давление в артериях неодинаково в различных фазах сердечного цикла. Оно наибольшее во время систолы, в момент поступления крови из сердца в аорту и называется **систолическим (СД)** или **максимальным давлением**. В состоянии покоя у взрослого человека систолическое давление в плечевой артерии в среднем, составляет 120 мм рт. ст.

Диастолическое давление (ДД) или минимальное – наименьшая величина кровяного давления в сосудах, которая наблюдается во время диастолы (фазы сердечного цикла, связанной с расширением полостей сердца, расслаблением мышечной стенки,

наступающее вслед за ее сокращением). В среднем в плечевой артерии оно составляет 70 мм рт. ст.

Разница между систолическим и диастолическим давлением получила название **пульсового давления (ПД)**. Оно является важным показателем функционального состояния сердечно-сосудистой системы и вычисляется по формуле (2.1):

$$\text{ПД} = \text{СД} - \text{ДД} \quad (2.1)$$

У человека можно определить величину систолического и диастолического давления методом Короткова. Зная величину систолического (СД), диастолического (ДД) и пульсового (ПД) давления крови, частоту сердечных сокращений (ЧСС), можно расчетным способом (по формуле) рассчитать величину систолического (в мл) и минутного (в л) объемов крови у человека.

2.1 Измерение частоты сердечных сокращений

Пальпаторный метод позволяет оценить частоту сердечных сокращений (ЧСС) по ощущению пульсации лучевой артерии, которая находится в области запястья. Пальпация (ощупывание) осуществляется на тыльной внутренней поверхности предплечья над лучезапястным суставом в ямке между шиловидным отростком лучевой (наружной) кости и сухожилием лучевой мышцы на правой руке (рисунок 2.1). Оценка результатов измерений проводится в соответствии с таблицей 2.1.

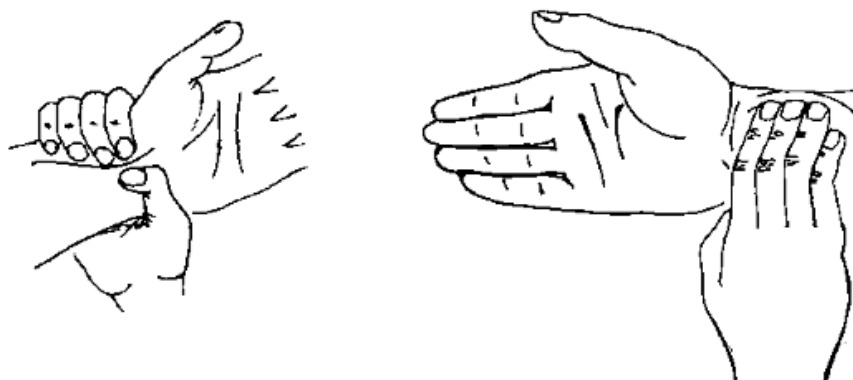


Рисунок 2.1 – Пальпация пульса на лучевой артерии

Таблица 2.1 – Оценка частоты сердечных сокращений у взрослых

ЧСС	Оценка
> 100 уд/мин	Тахикардия
100-80 уд/мин	Ускоренная
80-60 уд/мин	Нормальная
59-50 уд/мин	Замедленная

2.2 Измерение артериального давления

Работа проводится вдвоем. Ознакомьтесь с устройством прибора, применяемого для измерения кровяного давления. Обнажите левую руку испытуемого. Оберните манжету плотно вокруг середины плеча испытуемого так, чтобы ее нижний край находился на 2,5-3 см выше локтевого сгиба (рисунок 2.2). Манометр не должен находиться в поле зрения испытуемого.

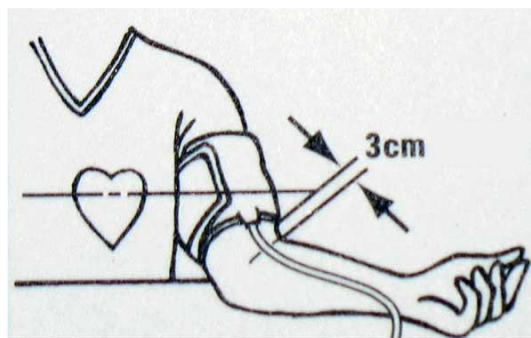


Рисунок 2.2 – Правильное положение манжеты

Манжету нужно установить таким образом, чтобы стрелка указывала на локтевую ямку (рисунок 2.3).



Рисунок 2.3 – Измерение артериального давления электронным тонометром по методу Н.С. Короткова

Включите электронный тонометр. Запустите измерение, накачав в манжету воздух. Дождитесь, когда тонометр перестанет накачивать воздух и начнет его выпускать. После окончания процесса измерения на дисплее тонометра появятся сведения о максимальном и минимальном давлении, а также о пульсе. Снимите манжету тонометра.

Результат измерений оценивается по таблице 2.2.

Таблица 2.2 – Оценка артериального давления у взрослых

Систолическое АД, мм рт. ст.	Оценка	Диастолическое АД, мм рт. ст.	Оценка
≤120	Оптимальное АД	≤80	Оптимальное АД
<130	Нормальное АД	<85	Нормальное АД
130-139	Повышенное нормальное АД	85-89	Повышенное нормальное АД
140-149	Пограничная группа	90-94	Пограничная группа
140-159	Степень 1 (мягкая)	90-99	Степень 1
160-179	Степень 2 (умеренная)	100-109	Степень 2
≥180	Степень 3 (тяжелая)	≥ 110	Степень 3
Критерии оценки артериального давления			
САД	ДАД	Оценка	
75-89	20-44	Очень низкое, рекомендовано обследование и лечение	
90-99	45-54	Пониженное, необходима консультация врача	
100-105	55-70	Склонность к понижению давления	
106-130	55-80	Физиологическая норма	
131-135	81-89	Несколько повышенное давление (зона риска)	
136-150	90-95	Значительно повышенное, рекомендована консультация врача	
150 и выше	96-110	Высокое, рекомендовано обследование и лечение	

2.3 Исследование влияния физической нагрузки на величину артериального давления и пульса

Для оценки влияния физической нагрузки на основные показатели кровообращения предлагают испытуемому сделать 20 приседаний (глубоких и быстрых), после чего в течение 10 с подсчитывают его пульс и сразу же определяют величину артериального давления. Рассчитывают частоту сердечных сокращений (ЧСС) за 1 мин, для чего полученное число ударов за 10 с умножают на 6.

2.4 Определение систолического и минутного объемов крови расчетным методом

Левый и правый желудочки при каждом сокращении сердца человека изгоняют соответственно в аорту и легочную артерию примерно 65-70 мл крови. Объем одинаков для правого и левого желудочков, если организм находится в состоянии покоя. Этот объем называется *систолическим* или *ударным объемом*.

В связи с невозможностью широкого использования существующих точных, лабораторных методов определения систолического (СО) и минутного (МОК) объемов крови, различные исследователи на основании экспериментальных данных вывели эмпирические формулы для их расчета. Широкое применение получила формула Старра (формула (2.2)):

$$CO = (101 + 0,5 \cdot ДД) - 0,6 \cdot A, \quad (2.2)$$

где СО – систолический объем;
ПД – пульсовое давление;
ДД – диастолическое давление;
А – возраст испытуемого.

Установлено, что расчетные величины СО, полученные с помощью этой формулы, достаточно хорошо совпадают с данными, полученными классическими методами.

Расчет минутного объема крови осуществляется по формуле (2.3):

$$МОК = CO \cdot ЧСС. \quad (2.3)$$

В покое минутный объем крови составляет в среднем 4,5-5 л, после нагрузки возрастает.

2.5 Расчет должных величин артериального давления и среднего давления

Величину артериального кровяного давления можно оценить, также рассчитав *должное артериальное давление*, его систолическую (САД) и диастолическую (ДАД) границы. Если Ваш возраст от 20 до 80 лет, то расчет должных величин АД осуществляется по формулам (2.4 – 2.5):

$$САД = 0,4 \cdot \text{Возраст} + 109, \quad (2.4)$$

где 109 – константа;

$$ДАД = 0,3 \cdot \text{Возраст} + 67, \quad (2.5)$$

где 67 – константа.

Среднее артериальное давление (АД_{ср}) рассчитывается по формуле (2.6):

$$АД_{ср} = ДД + \frac{ПД}{2},$$

где ДД – диастолическое давление в мм рт. ст.,
ПД – пульсовое давление в мм рт. ст.

АД_{ср.} – показатель гемодинамики, который колеблется в пределах 90–105 мм рт. ст. Если величина АД_{ср.} меньше на 10–30 мм рт. ст., это указывает на утомление (показатель перенапряжения сосудистой системы).

Нужно иметь в виду, что показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменов значительно отличаются от показателей у людей, не занимающихся спортом (таблица 2.3).

Таблица 2.3 – Средние показатели функционального состояния сердечно-сосудистой системы у спортсменов различных спортивных специализаций

Спортивная специализация	Пол	Функциональные показатели				
		ЧСС, уд. в мин	СД, мм. рт. ст.	ДД, мм рт. ст.	СО, мл	МОК, л
Гимнастика	М	73,13 ± 3,19	116,00 ± 2,59	66,30 ± 1,57	78,40 ± 3,57	5,320 ± 0,24
	Ж	73,06 ± 2,13	108,83 ± 1,83	64,44 ± 1,45	68,48 ± 3,02	4,749 ± 0,31
Лыжные гонки	М	66,10 ± 3,01	122,90 ± 4,74	74,1 ± 2,55	69,30 ± 2,31	5,062 ± 0,31
	Ж	64,50 ± 2,00	105,00 ± 2,58	64,5 ± 2,36	72,75 ± 2,20	4,700 ± 0,22
Легкая атлетика	М	65,52 ± 1,48	113,76 ± 1,23	68,64 ± 1,00	72,20 ± 1,45	4,607 ± 0,12
	Ж	66,74 ± 2,45	109,21 ± 1,96	70,53 ± 1,43	67,54 ± 1,37	4,568 ± 0,19
Спортивные игры	М	66,96 ± 1,70	117,32 ± 1,68	72,72 ± 1,86	71,96 ± 1,65	5,208 ± 0,18
	Ж	67,00 ± 2,71	113,00 ± 2,60	68,00 ± 2,91	73,28 ± 1,85	5,079 ± 0,15

2.6 Задание к выполнению

1. Измерьте ЧСС пальпаторным методом. Данные занесите в таблицу 2.4.
2. Повторите измерение ЧСС, установив стетоскоп в локтевую ямку или на сонную артерию. Данные занесите в таблицу 2.4.
3. Измерьте давление и пульс электронным тонометром 2-3 раза. Зафиксируйте средний результат в таблице 2.4. Оцените результат, сопоставив его с возрастным нормативом (таблицы 2.1 и 2.2).
4. Используя полученные вами данные при определении артериального давления, рассчитайте по формуле Старра величину СО в покое и после выполнения физической нагрузки. Данные занесите в таблицу 2.4.
5. Рассчитайте также минутный объем крови в покое и после работы по формуле (2.3). Данные занесите в таблицу 2.4.
6. Проанализируйте полученные данные, сравните со средними величинами функциональных показателей системы кровообращения у спортсменов (таблица 2.3), сделайте выводы.
7. Изучите реакцию системы кровообращения (пульс и артериальное давление) испытуемого на нагрузку. Рассчитайте МОК после нагрузки. Сделайте выводы о влиянии физической нагрузки на частоту пульса и величину кровяного давления. Занесите в таблицу 2.4 и оцените полученный результат, сопоставив его с возрастным нормативом (таблицы 2.1 и 2.2).
8. Сравните полученные данные с нормативными и сделайте выводы о состоянии сердечно-сосудистой системы.

2.7 Требования к отчету

Отчет должен включать в себя:

Заполненную таблицу 2.4.

Итоговый вывод, включающий в себя заключение о состоянии сердечно-сосудистой системы.

Таблица 2.4 – Результаты измерений и расчетов

Параметр		Результат
ЧСС, мин ⁻¹	Пальпаторный метод	
	Показания тонометра	
	С использованием стетоскопа	
Артериальное давление, мм рт. ст.	Систолическое	
	Диастолическое	
Влияние нагрузки	ЧСС, мин ⁻¹	
	Артериальное давление, мм рт. ст.	
Расчеты	Систолический объем, мл	
	Минутный объем крови, л	
	Должное артериальное давление, мм рт. ст.	
	Среднее артериальное давление, мм рт. ст.	
	Пульсовое давление, мм рт. ст.	

3 Электрокардиография

Цель работы: Ознакомление с методом электрокардиографии, освоение методики регистрации и основ расшифровки ЭКГ.

Материальное обеспечение: кушетка, электрокардиограф, электроды, спирт, вата, ножницы, клей, физиологический раствор или электродная паста, салфетки.

Сердце выполняет свою функцию, ритмически сокращаясь. Генерация импульса, вызывающего сокращение сердца, проведение его к сократительному миокарду и обеспечение определенной последовательности сокращений предсердий и желудочков – функции **проводящей системы сердца**.

Первоначально электрический импульс, запускающий процесс возбуждения и последующего сокращения сердечной мышцы возникает в **синоатриальном узле**, расположенном в правом предсердии в месте впадения полых вен. Именно этот узел проводящей системы сердца является главным водителем ритма, задает ритм сердечных сокращений. Частота образования импульсов синусовым узлом лежит в пределах от 60 до 90 в минуту, что соответствует нормальной частоте биений сердца. Поэтому нормальная ЧСС, а также наличие регулярного положительного зубца Р на электрокардиограмме (см. рисунок 3.2) перед каждым желудочковым комплексом (QRS) свидетельствует о **синусовом ритме**. Синусовый ритм – один из важнейших показателей нормальной работы сердца, который говорит о том, что источник сокращений исходит из главного, синусового, узла органа.

Изменение нормального мембранного потенциала (**деполяризация**) и возникновение электрического импульса в атипичных мышечных клетках синоатриального узла сопровождается поступлением ионов натрия в клетку и выходом ионов калия. От синоатриального узла электрический импульс быстро распространяется по миокарду предсердий, вызывая из возбуждение и, как следствие, **систолю** предсердий.

Во втором узле проводящей системы сердца – **атриовентрикулярном**, наблюдается небольшая задержка проведения возбуждения. Это позволяет сокращающимся предсердиям перекачать кровь в еще расслабленные желудочки сердца. И лишь потом начинается движение возбуждения по проводящей системе внутри желудочков. От атриовентрикулярного узла возбуждение быстро распространяется по **ножкам пучка Гисса**, идущим по межжелудочковой перегородке, а затем – по **волокнам Пуркинье**, разветвляющемся в миокарде желудочков. Процесс возбуждения достигает верхушки сердца, а затем охватывает все мышечные клетки **миокарда желудочков**. Наступает систола желудочков – желудочки выбрасывают кровь в артерии.

При переходе мышцы из состояния возбуждения в состояние покоя происходит обратное движение ионов, приводящее к восстановлению нормального потенциала на поверхности мембраны клеток, свойственного состоянию покоя, то есть происходит **реполяризация** клеток миокарда.

Биопотенциалы, возникающие в сердце, создают в окружающем пространстве динамическое электрическое поле. Живой организм – хороший проводник электричества. Поэтому электрические потенциалы клеток работающего сердца могут быть зарегистрированы, если отводящие электроды прикладывают не только непосредственно к сердцу, но и к поверхности тела. Это позволяет без сложных процедур и неприятных ощущений записывать ЭКГ человека.

Запись электрической активности сердечной мышцы называется **электрокардиограммой (ЭКГ)**, а методика ее регистрации – **электрокардиографией**.

3.1 Стандартные отведения ЭКГ

Существует три классических (стандартных) отведения ЭКГ. В I отведении регистрируется разность потенциалов между правой и левой рукой, во втором (II) – между правой рукой и левой ногой, а в III – между левой рукой и левой ногой (рисунок 3.1).

Электроды присоединяются к регистрирующему прибору – электрокардиографу, в котором слабые потенциалы сердца преобразуются в полифазную кривую, отражающую морфологическое и функциональное состояние сердечной мышцы. **Электрокардиограмма** представляет собой кривую, состоящую из ряда зубцов, отражающих электрическую активность различных отделов сердца, обозначаемых буквами **P, Q, R, S, T** (рисунок 3.2). Отрезки ЭКГ между зубцами называются **сегментами**, временные промежутки между отдельными элементами электрокардиограммы – **интервалами**; линия, проведенная через электрокардиограмму на уровне диастолического сегмента (TP), называется **изоэлектрической** (нулевой). В норме сегменты ЭКГ совпадают с уровнем изоэлектрической линии.

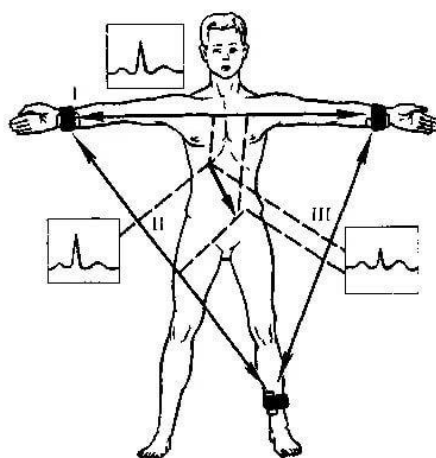


Рисунок 3.1 – Стандартные отведения ЭКГ

3.2 Основные зубцы и интервалы ЭКГ

В электрокардиограмме различают 5 зубцов: P, Q, R, S, T (рисунок 3.2).

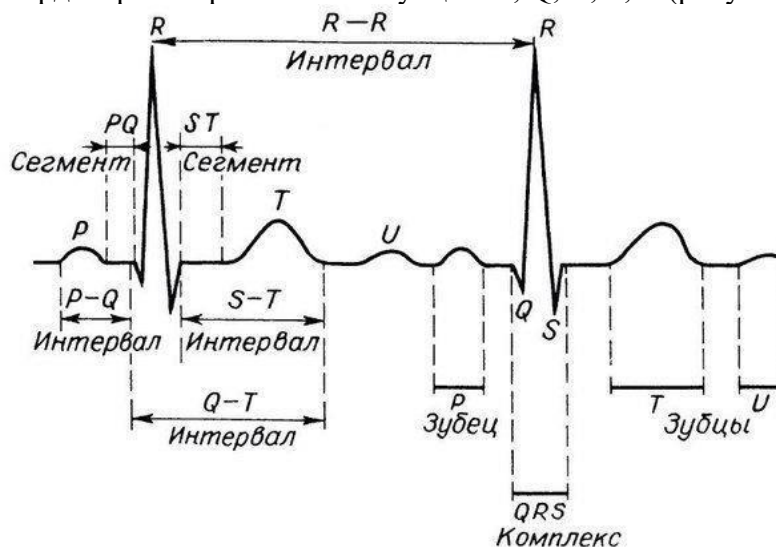


Рисунок 3.2 – Зубцы и интервалы ЭКГ

О состоянии сердца судят по амплитуде зубцов (она измеряется по вертикали – расстояние от изоэлектрической линии до вершины зубца) и интервалов (измеряются по горизонтали).

Зубец P отражает процесс распространения возбуждения по миокарду предсердий. Амплитуда зубца P колеблется от 0,5 до 3 мм.

За зубцом P следует **интервал P-Q** длительностью 0,12-0,2 с. За это время возбуждение распространяется к атриовентрикулярному узлу проводящей системы желудочков.

За ним следует **интервал QRS** (так называемый желудочковый комплекс), характеризующий возбуждение желудочков.

Зубец Q – первый зубец желудочкового комплекса, отражает распространение возбуждения по межжелудочковой перегородке и верхушке сердца. Он всегда отрицательный (обращен книзу). Это наиболее непостоянный зубец из всех зубцов ЭКГ – он может отсутствовать во всех отведениях. Его амплитуда в среднем равна 2 мм.

Зубец R – самый высокий, направленный вверх зубец желудочкового комплекса. Он отражает время распространения возбуждения по боковым стенкам и поверхности обоих желудочков и основанию левого желудочка. Его амплитуда колеблется от 3 до 10 мм.

Зубец S – третий зубец желудочкового комплекса. Он отражает распространение возбуждения по основанию желудочков. Зубец S, также, как и зубец Q, непостоянен и направлен вниз.

Весь процесс от начала и до полного возбуждения желудочков характеризуется **интервалом QRS**, так называемый желудочковый комплекс, который длится в среднем от 0,04 до 0,09 с.

По окончании комплекса QRS на ЭКГ регистрируется изоэлектрический **интервал S-T**, когда оба желудочка полностью охвачены возбуждением, характеризует исчезновение разности потенциалов на поверхности желудочков во время их полного охвата возбуждением. Длительность интервала S-T колеблется от 0,1 до 0,15 с и зависит от частоты сердечного ритма.

Зубец T – пятый зубец ЭКГ – обычно направлен вверх. Он характеризует течение восстановительных процессов в желудочках. Амплитуда зубца T колеблется от 2,5 до 7 мм. В 3-м отведении он может быть отрицательным.

Интервал Q-T от начала зубца Q до конца зубца T (электрическая систола) соответствует времени, в течение которого желудочки находятся в электрически активном состоянии. Продолжительность электрической систолы изменяется в зависимости от частоты сердечных сокращений.

Установлена математическая зависимость между частотой сокращений сердца и длительностью интервала Q-T. Это так называемая **должная электрическая систола**. Она выражается формулой Базетта (формула (3.1)):

$$QT_{\text{долж}} = K \cdot \sqrt{RR}, \quad (3.1)$$

где $QT_{\text{долж}}$ – должная электрическая систола, сек;
K – константа, равная для мужчин 0,37, а для женщин – 0,39;
RR – измеренный интервал R-R, сек.

При нормальном состоянии сердца расхождения между фактической и должной систолой составляют не более 15 % в ту или иную сторону. Если эти величины укладываются в данные параметры, то это говорит о нормальном распространении волн возбуждения по сердечной мышце.

Интервал R-R отражает длительность сердечного цикла в секундах. Несмотря на то, что зубец R находится в середине ЭКГ, его используют для расчета **длительности сердечного цикла**, так как он является наиболее выраженным.

Для определения длительности сердечного цикла измеряют расстояние между вершинами двух зубцов **R** и, в зависимости от скорости движения ленты, на которой записывают ЭКГ, рассчитывают время длительности сердечного цикла (между двумя зубцами R) в секундах. Например, расстояние между зубцами R равно 40 мм. Если скорость движения ленты 50 мм/с, то время прохождения 1 мм будет равно **0,02 с**. Следовательно, время R-R = 40 мм x 0,02 с = 0,8 с (если скорость движения ленты 25 мм/с, то время прохождения одного мм будет равно **0,04**).

Отсюда можно рассчитать и **частоту сердечных сокращений** (ЧСС). Если длительность одного сокращения сердца равна 0,8 с, то в течение 60 с сердце делает 75 сокращений ($60/0,8 = 75$).

Для статистически удовлетворительной точности измерения пульса среднюю величину интервала R-R следует рассчитывать из 10 сердечных циклов подряд.

ЧСС рассчитывают по формуле (3.2):

$$\text{ЧСС} = \frac{60}{RR}, \quad (3.2)$$

Исходя из ЧСС можно диагностировать следующие отклонения:

Брадикардия – ЧСС/мин меньше 60, иногда фиксируется увеличение P-R интервала до 0,21 секунды.

Тахикардия – ЧСС увеличивается до 90, хотя прочие признаки ритма остаются в норме. Часто может наблюдаться нисходящая депрессия PQ сегмента, а ST сегмента – восходящая.

Аритмия – это нерегулярный и нестабильный синусовый ритм сердца, когда интервалы R-R различаются сильнее, чем на 0,15 секунды. На вдохе интервалы между сокращениями уменьшаются, на выдохе – становятся более продолжительными. Физиологическая (дыхательная) аритмия является вариантом нормы. Часто встречается у детей и подростков. У взрослых синусовая дыхательная аритмия иногда сопутствует вегетососудистой дистонии, заболеваниям мозга, появляется после перенесенных тяжелых инфекций.

Ригидный ритм – излишняя регулярность сокращений. R-R различается меньше, чем на 0,05 сек. Это может происходить из-за дефекта синусового узла или нарушения его нейровегетативной регуляции.

Распространение возбуждения по сердечной мышце характеризует не только длительность электрической систолы, но и так называемый **систолический показатель** (СП), представляющий отношение длительности электрической систолы к продолжительности всего сердечного цикла в %. Вычисляется по формуле (3.3):

$$\text{СП} = \frac{QT}{RR} \cdot 100 \quad (3.3)$$

В норме систолический показатель составляет около 50 %. Отклонения от нормы, которая определяется по той же формуле с использованием T-Q_{должн}, не должно превышать 5 % в обе стороны.

Определение амплитуды основных зубцов и длительности интервалов на ЭКГ в трех стандартных отведениях дает возможность судить о состоянии сердца. Физиологический смысл и нормативные величины основных зубцов и интервалов ЭКГ представлены в таблице 3.1.

Таблица 3.1 – Параметры ЭКГ в норме

Элементы ЭКГ	Физиологический смысл	Характеристика
Зубец Р Продолжительность 0,06-0,11с Амплитуда 0,05- 2,5мм	Отражает возбуждение предсердий	Может быть положительным (+), отрицательным (-), двухфазным, изоэлектрическим. В I-м и II-м стандартных отведениях зубец Р всегда положительный, имеет амплитуду не более 2-2,5 мм. В III-м отведении может быть положительным, двухфазным, «сглаженным» или отрицательным
Интервал Р-Q Продолжительность 0,12-0,20с	Отражает время рас распространения возбуждения от предсердий к желудочкам	
Зубец Q Продолжительность <0,03с Амплитуда <2-3мм	Возбуждение межжелудочковой перегородки, верхушки сердца, правой сосочковой мышцы и внутренней поверхности желудочков	Отрицательный (-) зубец, может регистрироваться во всех трех стандартных отведениях, но чаще бывает в одном или двух (I и II или II и III, или может отсутствовать)
Зубец R Продолжительность 0,03-0,04с	Отражает распространение возбуждения на основании желудочков и их наружной поверхности	Состоит из восходящего и нисходящего колен, всегда положителен
Зубец S Продолжительность <0,03с	Отражает несколько более поздний охват возбуждением отдаленных участков миокарда, его субэпикардальных слоев	Непостоянный отрицательный зубец ЭКГ. Чаще регистрируется в двух стандартных отведениях (I и II или II и III)
Комплекс QRS Продолжительность 0,06-0,1с	Желудочковый комплекс характеризует продолжительность проведения возбуждения по миокарду желудочков. Полный охват возбуждением миокарда желудочков – когда вся поверхность сердца стала электроотрицательной и исчезла разность потенциалов между отдельными участками сердца	
Интервал Q-T Продолжительность 0,35-0,42с	Отражает процесс распространения возбуждения и превращения этого возбуждения в миокарде желудочков – т.е. длительность электрической систолы сердца	
Зубец T Продолжительность <0,16с	Отражает процесс быстрой реполяризации миокарда желудочков, т.е. восстановления мембранного потенциала клеток миокарда	Этот зубец является самой изменчивой частью ЭКГ, т. к. реполяризация происходит не одновременно в разных волокнах миокарда. Зубец T может быть положительным, отрицательным, двухфазным. Во II отведениях зубец T всегда положителен, в III может быть положительным, отрицательным или изоэлектрическим
Интервал T-P	Совпадает с периодом покоя сердца – общей паузой и диастолой	
Интервал R-R	Длительность всего сердечного цикла (систола и диастола)	

3.3 Задание к выполнению

1. Ознакомьтесь с устройством электрокардиографа и принципами его работы. Электрокардиограф включите в сеть (для прогрева) за 5-10 мин до начала работы.

2. Испытуемый во время записи ЭКГ находится в положении лежа на кушетке при полном расслаблении мышц конечностей.
3. Протрите спиртом участки кожи, к которым прикрепляются электроды (с целью их обезжиривания для уменьшения сопротивления).
4. С целью улучшения контакта электродов с кожей в подэлектродное пространство помещается салфетка, смоченная физиологическим раствором.
5. Закрепите электроды с помощью резинового бинта согласно маркировке электродов (таблица 3.2).

Таблица 3.2 – Маркировка и размещение электрокардиографических электродов

Цвет маркировки	Размещение
Красный	правая рука
Желтый	левая рука
Зеленый	левая нога
Черный	правая нога

6. Проведите калибровку прибора (запишите милливольт (мВ)), для чего после включения движения ленты подается несколько калибровочных сигналов. В зависимости от усиления, которое в приборе достигается продвижением ручки потенциометра, амплитуда колебаний писчика, а, следовательно, амплитуда калибровочного сигнала на бумаге будут различными. Постепенно увеличивая усилие, кратковременно нажимайте на кнопку калибратора прибора; записывайте амплитуду колебаний писчика до тех пор, пока она не будет равна 10 мм (это международный стандарт усиления: 1 мВ = 10 мм).
7. Установите усиление и скорость движения ленты кардиографа (25 мм/с).
8. Переключая тумблер отведений, запишите ЭКГ последовательно в трех стандартных отведениях. В каждом отведении зарегистрируйте 5-10 сердечных циклов.
9. Рассчитайте величину основных зубцов ЭКГ (Р, R, Т), для этого измерьте величину нескольких зубцов и найдите среднюю величину в мм, затем переведите мм в мВ. Для перевода мм в мВ сначала измерьте величину калибровочного сигнала в мм. Составьте и решите пропорцию (формула (3.4)):

$$X(\text{мВ}) = \frac{\text{амплитуда зубца (мм)}}{\text{калибровочный сигнал (мм)}} \quad (3.4)$$

10. Данные занесите в рабочую таблицу (таблица 3.3). Сравните полученные величины с принятыми стандартными величинами (таблица 3.1).
11. Рассчитайте по формуле должную систолу (Q-T должная) и сравните ее с величиной фактической систолы (Q-T фактическая).
12. Определите величину систолического показателя (СП) (по формуле 3.3).
13. Определите ЧСС (пульс) по данным интервала R-R, для чего измерьте величину нескольких интервалов и найдите среднюю величин в мм, затем переведите в секунды, далее вычисления по формуле (3.2).

Для получения статистически точных данных все величины рассчитывайте из 10 циклов, определите среднее значение. Сделайте общий вывод о состоянии сердца испытуемого.

Таблица 3.3 – Основные показатели ЭКГ испытуемого в трех стандартных отведениях

Стандартное отведение	P	R	T	P-Q	QRS	Q-T фактическая	Q-T должная	СП	R-R	ЧСС
I										
II										
III										

14. Регистрация изменений ЭКГ под влиянием физической нагрузки. Запишите ЭКГ у испытуемого в трех стандартных отведениях в положении лежа. Не

снимая электродов с испытуемого, предложите ему выполнить дозированную физическую нагрузку.

В качестве дозированной нагрузки испытуемым может быть выполнен степ-тест в течение 3 мин. В качестве тестовой нагрузки может также применяться проба Мартинэ с 20 приседаниями за 30 секунд или функциональная проба с двухминутным бегом на месте в темпе 180 шагов в минуту.

Сразу после прекращения работы запишите ЭКГ в трех стандартных отведениях. Расшифруйте, как описано выше показатели ЭКГ и занесите их в таблицу 3.4.

Проанализируйте полученные результаты. Анализ осуществляется в соответствии со схемой, представленной в таблице 3.5. Сделайте выводы.

Таблица 3.4 – Основные показатели ЭКГ испытуемого до и после физической нагрузки

Основные показатели ЭКГ	Стандартное отведение	P	R	T	P-Q	QRS	Q-T фактическая	Q-T должная	СП	R-R	ЧСС
До нагрузки	I										
	II										
	III										
После нагрузки	I										
	II										
	III										

Таблица 3.5 – Физиологические и патологические изменения ЭКГ после функциональной пробы с физической нагрузкой

Параметры ЭКГ	Характер изменений	
	Физиологический	Патологический
Ритм	Синусовый. Умеренное увеличение ЧСС на 80-100 % по сравнению с исходным	Значительное учащение сердечного ритма (более, чем на 100 %). Экстрасистолия
P-Q	Не изменяется или незначительно уменьшается	Увеличивается
QRS	Не изменяется или незначительно уменьшается	Увеличивается
S-T	Остается на уровне изоэлектрической линии или смещается книзу не более, чем на 0,5 мм	Смещается книзу более чем на 0,5 мм
Q-T	Не отличается от "должной" величины более, чем на $\pm 0,04$ с	Увеличивается по сравнению с "должной" величиной более чем на 0,04 с
P	Уплощается в 1-м отведении	Увеличение в 1-м и 2-м отведениях более чем на 3 мм
T	Увеличение амплитуды в стандартных и грудных отведениях	Уплотнение, расщепление, появление отрицательных зубцов
Восстановление	В течение 3-5 мин	Более 5 мин

3.4 Требования к отчету

Отчет должен включать в себя:

Заполненные таблицы 3.3 и 3.4.

Итоговый вывод, включающий в себя заключение о состоянии сердечно-сосудистой системы.

4 Анализ остроты зрения, поля зрения и цветового зрения

Цель работы: ознакомление с методикой определения остроты зрения по таблице Головина-Сивцева; освоение методики определения поля зрения.

Материальное обеспечение: аппарат для измерения остроты зрения, рулетка, указка, глазной экранчик; периметр для определения поля зрения "Перискан", полихроматические таблицы Рабкина.

Согласно современным представлениям, не менее 90% всей информации об окружающем мире человек получает с помощью зрения. Размеры предметов, степень их освещенности, окраска, форма, т. е. почти все, что мы ценим, чем любимся, чего пугаемся, по чему скучаем, мы воспринимаем с помощью зрения.

Зрение также играет решающую роль в развитии пространственных представлений и совершенствовании двигательных реакций человека. Ни одно сложное движение не обходится без зрительного контроля. Именно зрительно-пространственные представления имеют ведущее значение при обучении ребенка письму, чтению, арифметике, рисованию и т. д. Органом зрения у человека и животных служит глаз.

4.1 Исследование остроты зрения

О состоянии зрения говорят показатели остроты зрения. Исследование центрального зрения проводится с помощью специальных таблиц, чаще всего Головина-Сивцева (рисунок 4.1).



Рисунок 4.1 – Таблица Головина-Сивцева

На правой половине этих таблиц помещены буквы, на левой – кольца Ландольта. С правой стороны у каждой строки букв или колец имеются цифры, обозначающие остроту зрения при правильном распознавании букв данной строки, с левой стороны – цифры (около буквы *D*), которые показывают, с какого расстояния исследуемый должен распознавать буквы этой строки, если у него острота зрения 1,0.

У каждой строки стоит число, означающее то расстояние (в метрах), на котором нормальный глаз должен видеть детали знаков данной строки. Справа от строки указана острота зрения, которая рассчитана по формуле (4.1):

$$V = \frac{a}{d}, \quad (4.1)$$

где V – острота зрения;
 a – расстояние исследуемого глаза от таблицы, м;

d – расстояние, с которого прочитанная строка должна быть видна нормальному глазу, м.

Проверяют остроту зрения каждого глаза в отдельности (сначала правого, затем левого). Исследуемый находится на расстоянии 5 м от таблицы.

Указкой показывают буквы таблицы. Можно сначала показывать крупные буквы или знаки, постепенно переходя к более мелким, можно и наоборот. Для экономии времени в случаях, когда нет оснований ожидать понижения остроты зрения, в начале исследования можно показывать буквы или кольца 10-й строчки.

Для того чтобы остроту зрения оценить цифрами 0,1; 0,2; 0,3 и т. д. до 1,0, исследуемый должен распознавать все буквы или кольца соответствующей строчки. Если он неправильно называет буквы или не узнает одного знака в рядах таблиц, соответствующих остроте зрения 0,3; 0,4; 0,5; 0,6, и двух букв или знаков в рядах, соответствующих остроте зрения 0,7; 0,8; 0,9; 1,0, последняя оценивается по данному ряду, но с примечанием «неполная».

Средние количественные показатели остроты зрения:

- нормальная – 1,0 и выше;
- пониженная – от 0,8 и ниже;
- повышенная – 1,5–2,0.

4.2 Исследование поля зрения

Поле зрения называется пространство, в пределах которого видны все его точки при фиксированном положении глаза. Наиболее распространенный, простой и достаточно совершенный метод исследования периферического зрения – метод периметрии. Определение поля зрения проводится с помощью периметра (рисунок 4.2). Основной деталью наиболее распространенного в настоящее время настольного периметра Форстера является дуга шириной 50 мм и радиусом кривизны 333 мм. В середине этой дуги расположен белый неподвижный объект (зеркальце), служащий для исследуемого глаза точкой фиксации. Центр дуги соединен с подставкой осью, вокруг которой дуга свободно вращается, что позволяет придать ей любой наклон для исследования поля зрения в разных меридианах.

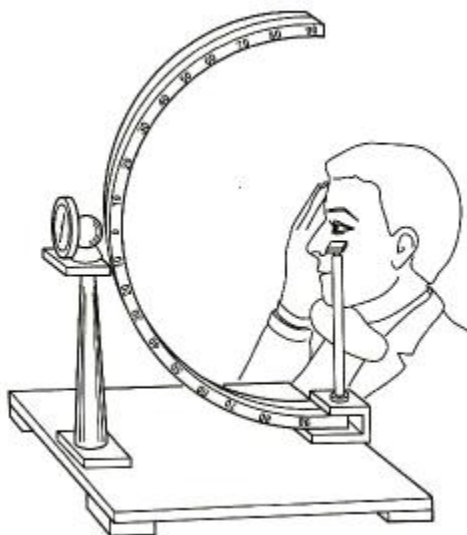


Рисунок 4.2 – Периметр

Меридиан исследования определяется по диску, разделенному на градусы и расположенному позади дуги. Внутренняя поверхность дуги покрыта черной матовой краской, а на наружной с интервалами 5° нанесены деления от 0 до 90° . В центре кривизны

дуги расположена подставка для головы, где по обе стороны от центрального стержня имеются упоры для подбородка, позволяющие ставить исследуемый глаз в центр дуги. Для исследования используют белые или цветные объекты, укрепленные на длинных стержнях черного цвета, хорошо сливающихся с фоном дуги периметра.

Достоинствами периметра Форстера являются простота в обращении и дешевизна прибора, а недостатком – непостоянство освещения дуги и объектов, контроль за фиксацией глаза. На нем трудно обнаружить небольшие дефекты поля зрения (скотомы).

Методика периметрии. Поле зрения исследуют поочередно для каждого глаза. Второй глаз выключают с помощью экранчика. Обследуемого в удобной позе усаживают у периметра спиной к свету. Регулируя высоту подголовника, устанавливают исследуемый глаз в центре кривизны дуги периметра против фиксационной точки. Определение границ поля зрения на белый цвет осуществляется объектами диаметром 3 мм, а измерение дефектов внутри поля зрения – объектами в 1 мм. При плохом зрении можно увеличить величину и яркость объектов. Периметрию на цвета проводят объектами диаметром 5 мм. Перемещая объект по дуге периметра от периферии к центру, отмечают по градусной шкале дуги момент, когда обследуемый человек констатирует появление объекта. При этом необходимо следить, чтобы он не двигал глазом и постоянно фиксировал неподвижную точку в центре дуги периметра. Движение объекта следует проводить с постоянной скоростью 2–3 см в секунду.

Поворачивая дугу периметра вокруг оси, последовательно измеряют поле зрения в 8–12 меридианах с интервалами 30 или 45°. Увеличение числа меридианов исследования повышает точность периметрии, но вместе с тем прогрессивно возрастает время, затрачиваемое на исследование. Так, для измерения поля зрения с интервалом 1° требуется около 27 часов.

Периметрия одним объектом позволяет дать только качественную оценку периферического зрения, довольно грубо отделяя видимые участки от невидимых. Более дифференцированную оценку периферического зрения можно получить при периметрии объектами разной величины и яркости. Этот метод называется количественной (квантитативной) периметрией. Метод позволяет улавливать патологические изменения поля зрения на ранних стадиях заболевания, когда обычная периметрия не выявляет отклонений от нормы.

Результаты измерений заносят в специальные стандартные бланки отдельно для каждого глаза. Бланк состоит из серии концентрических кругов с интервалом 10°, которые через центр поля зрения пересекает координатная сетка, обозначающая меридианы исследования. Последние наносят через 10 или 15°. Схемы полей зрения принято располагать для правого глаза справа, для левого – слева; при этом височные половины поля зрения обращены наружу, а носовые – внутрь. В норме средние границы для белой метки 5 мм и периметра с радиусом дуги 33 см (333 мм) следующие: кнаружи – 90°, книзу кнаружи – 90°, книзу – 600, книзу кнутри – 50, кнутри – 600, кверху кнутри – 55°, кверху – 50° и кверху кнаружи – 700. Сильно выступающие надбровные дуги, глубоко посаженные глаза, опущенные верхние веки и т. п. могут обусловить сужение границ поля зрения.

4.3 Исследование цветового зрения

Цветовое зрение – способность глаза к восприятию цветов на основе чувствительности к различным диапазонам излучения видимого спектра. Это функция колбочкового аппарата сетчатки.

Человек с нормальным цветовосприятием – нормальный **трихромат**. Полное невосприятие одного из трех цветов делает человека **дихроматом**. Дихроматия делится на протанопию (не распознавание красного цвета), дейтеранопию (не распознавание зеленого цвета) и тританопию (не распознавание синего цвета). **Монохроматизм** –

восприятие только одного из трех основных цветов. При грубой патологии колбочкового аппарата отмечается **ахромазия** – черно-белое восприятие.

Исследование цветовосприятия проводят с помощью аномалоскопа или полихроматических таблиц Е.Б. Рабкина. Метод определения по полихроматическим таблицам основан на использовании основных свойств цвета. Цвет характеризуется тремя качествами:

- **Цветовым тоном**, который является основным признаком цвета и зависит от длины световой волны;
- **Насыщенностью**, определяемой долей основного тона среди примесей другого цвета;
- **Яркостью**, или светлотой, которая проявляется степенью близости к белому цвету.

Диагностические таблицы построены по принципу уравнивания кружочков разного цвета по яркости и насыщенности. С их помощью обозначены геометрические фигуры и цифры («ловушки»), которые видят и читают цветоаномалы. В то же время они не замечают цифру или фигуру, выделенную кружочками одного цвета. Это и есть тот цвет, который не воспринимает обследуемый. Оценка цветоощущения проводится бинокулярно (при выявлении врожденного расстройства) или монокулярно (при приобретенном) в условиях естественного освещения.

Врожденные расстройства цветоощущения всегда двусторонние, не сопровождаются нарушением других зрительных функций и обнаруживаются только при специальном исследовании.

Приобретенные расстройства цветоощущения встречаются при заболеваниях сетчатки, зрительного нерва и центральной нервной системы. Они бывают в одном или обоих глазах, выражаются в нарушении восприятия всех трех цветов, обычно сопровождаются расстройствами других зрительных функций и в отличие от врожденных расстройств могут претерпевать изменения в процессе заболевания и его лечения.

Исследование с помощью таблиц Рабкина позволяет выявить врожденные и приобретенные расстройства цветоощущения.

Критерии оценки.

1. В случае, если все ответы испытуемого правильные, нарушения цветового зрения отсутствуют (т.н. нормальная трихромазия).
2. В случае регистрации неправильных ответов результаты сравнивают с эталонами ответов, представленными в таблицах, что позволяет выявить тип и степень нарушения цветоощущения.

4.4 Задание к выполнению

1. Испытуемого усаживают на стул на расстоянии 5 метров. Определение остроты зрения проводят для каждого глаза отдельно.
2. Предлагают закрыть левый глаз экранчиком, а правым – смотреть на таблицу.
3. Экспериментатор указкой показывает буквы (кольца) и предлагает их назвать испытуемому. Начинают с крупных и постепенно переходят к более мелким объектам. Необходимо правильно назвать не менее трёх букв каждого ряда, затем переходят к следующему ряду более мелких букв.
4. Последняя строка, которая была прочтена испытуемым без ошибок, служит показателем остроты зрения данного глаза (эта величина в единицах указана с правой стороны каждой строки таблицы Сивцева). Аналогично определяют остроту зрения левого глаза.
5. Оформление результатов:
показатели остроты зрения записать в виде дроби:

$$\frac{OD(\text{острота зрения правого глаза})}{OS(\text{острота зрения левого глаза})}$$

6. Сделать вывод о состоянии зрения.
7. Исследование поля зрения: испытуемый садится спиной к свету так, чтобы он падал на внутреннюю поверхность металлического полукруга.
8. Экспериментатор устанавливает штатив для подбородка так, чтобы верхняя часть штатива была на уровне нижнего края глазницы. При исследовании левого глаза подбородок фиксируют на правой выемке штатива. Как правило, определяют величину поля зрения одного глаза. Другой глаз закрывают.
9. Полукруг ставят в горизонтальное положение и предлагают испытуемому смотреть точно на белый кружок (зеркальце) в центре дуги.
10. Экспериментатор медленно передвигает бесцветный объект от периферии к центру и отмечает точку на шкале периметра, в которой испытуемый впервые увидел объект. Линия, проведенная от глаза через эту точку, и зрительная ось при фиксации зрения на центральном пятне периметра характеризуют наружную и внутреннюю границы поля зрения.
11. Затем дугу периметра устанавливают вертикально и тем же способом определяют верхнюю и нижнюю границы поля зрения.
12. Потом бесцветный объект заменяют цветным и еще раз измеряют границы поля зрения. Цвет можно менять неоднократно.
13. Предложить испытуемому положить подбородок на пластинку периметра, один глаз закрыть, а другим фиксировать зеркальце. Ведите по шкале периметра от периферии к центру, сначала сверху вниз, а затем снизу вверх ползунок с цветным кружком. Отметьте, на каком градусе испытуемый начал отчетливо видеть предлагаемый ему для различения цвет.
14. Опыт проводят сначала при вертикальном положении полукруга, а затем при повороте его на 45, 90, 135, 180°. Исследуемые цвета: зеленый, красный, синий, белый. Испытуемый не должен знать заранее, какого цвета ползунок ведет по шкале.
15. На занятиях ограничиваются измерением наружной, внутренней, верхней и нижней границ поля зрения и наносят соответствующие точки на чертеж.
16. Средние количественные показатели границы поля зрения для бесцветных объектов и зеленого цвета представлены в таблице 4.1.
17. На схеме точками отметить соответственно ответам испытуемого те расстояния от центра в градусах, на которых он смог определить тот или иной цвет. Соединить между собой точки, найденные для каждого цвета, чтобы получить кривые, ограничивающие поле зрения для исследованных цветов (рисунок 4.3). Повторить опыт для другого глаза.

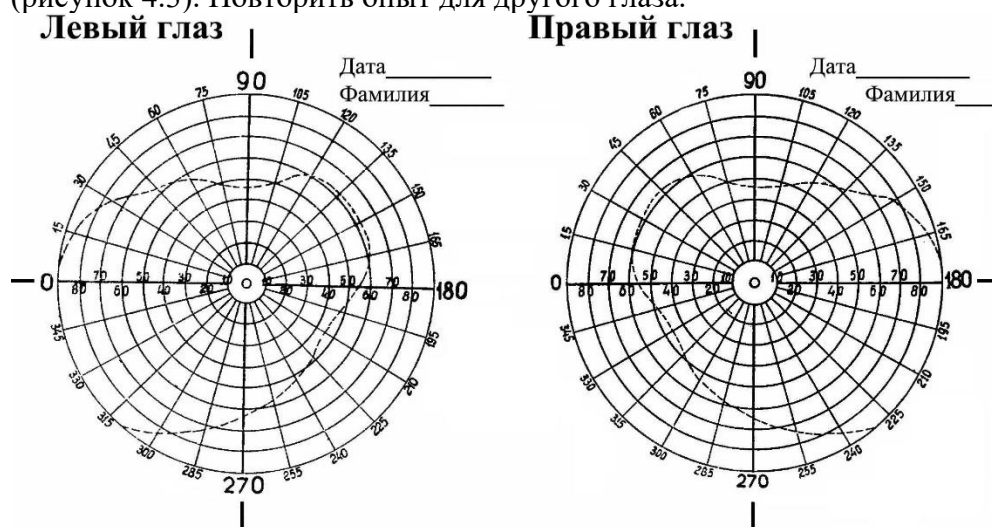


Рисунок 4.3 – Схема для исследования полей зрения. Пример оформления

18. Исследовать цветовое зрение: посадить испытуемого спиной к окну или лампам дневного света.
19. Расположить полихроматические таблицы напротив испытуемого на расстоянии 50 см – 1 м.
20. Предъявить таблицу № 1 и объяснить принцип исследования.
21. Показать таблицу № 2 и спросить, какие фигуры видит испытуемый, чтобы убедиться, что он понял суть метода исследования.
22. Сначала провести исследование при двух открытых глазах и повторить его для каждого глаза отдельно только в случае появления ошибочных ответов.
23. Показать основную серию таблиц (по 5-10 секунд каждую) и записать ответы. Правильный ответ отмечать знаком «+», неправильный «-» (с расшифровкой).
24. Провести анализ результатов исследования.

Таблица 4.1 – Средние количественные показатели границы поля зрения

Для бесцветных объектов	Для зеленого цвета
наружная – 90°	наружная – 40°
внутренняя – 60°	внутренняя – 30°
верхняя – 55°	верхняя – 22°
нижняя – 60°	нижняя – 20°

4.5 Требования к отчету

Отчет должен включать в себя:

Результаты измерения остроты зрения.

Схема с границами полей зрения.

Результаты исследования цветового зрения.

Итоговый вывод, включающий в себя заключение о состоянии зрения.

5 Спирометрия. Определение с помощью спирометра жизненной емкости легких и составляющих ее объемов

Цель работы: ознакомление с методом спирометрии, определение жизненной емкости легких и других дыхательных объемов с помощью электронного спирометра.

Материальное обеспечение: электронный спирометр, спирт, вата, зажимы для носа.

При спокойном дыхании во время каждого дыхательного движения обменивается небольшая часть находящегося в легких воздуха – 300-500 мл. Это дыхательный объем (ДО). **Дыхательный объем** – количество воздуха, которое человек вдыхает и выдыхает при спокойном дыхании. Величина ДО тесно связана с **частотой дыхания** (ЧД). Частота дыхания – это количество дыхательных движений, совершаемых человеком в 1 мин. Причем вдох-выдох – это одно дыхательное движение. Обычно глубокое дыхание бывает редким, а поверхностное – частым.

При усиленном вдохе в легкие можно ввести помимо дыхательного объема еще дополнительно 1500-2000 мл воздуха – это резервный объем вдоха (Ровд). **Резервный объем вдоха** – максимальное количество воздуха, которое человек может вдохнуть после спокойного вдоха. А после спокойного выдоха также можно усиленно выдохнуть еще 1000-1500 мл – это резервный объем выдоха (Ровыд). **Резервный объем выдоха** – максимальный объем воздуха, который человек может выдохнуть после спокойного выдоха.

Важной функциональной характеристикой дыхания является **жизненная емкость легких** (ЖЕЛ) – тот максимальный объем воздуха, который можно выдохнуть после максимального вдоха. Жизненная емкость легких складывается из дыхательного объема, резервного объема вдоха и резервного объема выдоха. Величина ЖЕЛ у здорового человека среднего возраста в состоянии покоя колеблется в пределах 3500-5500 мл.

Но даже после максимального выдоха в легких остается объем воздуха, который их всегда заполняет – это **остаточный объем** (ОО). Остаточный объем воздуха остается в легких даже умершего человека и животного. Но при спокойном дыхании в легких остается значительно больше воздуха, чем остаточный объем. То количество воздуха, которое остается в легких после спокойного выдоха, называется **функциональной остаточной емкостью** (ФОЕ). Она состоит из остаточного объема воздуха и резервного объема выдоха.

То наибольшее количество воздуха, которое полностью заполняет легкие, называется **общей емкостью легких** (ОЕЛ). Она включает жизненную емкость легких и остаточный объем воздуха.

Помимо обычной спирометрии ЖЕЛ исследуется также методом форсированной спирометрии, т. е, при максимально быстром выдохе (проба Вотчала). Определенная таким методом **форсированная жизненная емкость легких** (ФЖЕЛ) обычно на 200-300 мл меньше, чем при обычном исследовании. Увеличение разницы между ЖЕЛ и ФЖЕЛ (больше, чем на 200-300 мл) свидетельствует о сужении просвета мелких бронхов.

При изучении ФЖЕЛ широко используется определение объема воздуха, выдохнутого при форсированном выдохе за 1 с – **объем форсированного выдоха** (ОФВ 1). Для этого во время записи спирограммы испытуемый должен сделать максимально глубокий вдох, задержать дыхание на вдохе, затем максимально быстро и как можно глубже выдохнуть. Это так называемая **проба Тиффно**. После проведения пробы Тиффно рассчитывается показатель Тиффно по формуле (5.1):

$$\text{Показатель Тиффно} = \frac{\text{ОФВ}}{\text{ЖЕЛ}} \cdot 100 \quad (5.1)$$

При этом исследовании в норме объем воздуха, выдохнутого за 1 с, составляет 82-88 % ЖЕЛ исследуемого лица.

Максимальная вентиляция легких (МВЛ), максимальный минутный объем дыхания – показатель резервных возможностей дыхательной системы, отражающий то максимально возможное количество воздуха, которое может быть провентирировано через легкое за 1 мин при максимально частом и глубоком дыхании. За нормальную величину МВЛ для здорового человека среднего возраста обычно принимают величину 70-100 л в мин; у тренированных спортсменов величина МВЛ находится в пределах 120-150 л в мин.

Показатели вентиляционной способности легких у здоровых взрослых людей приведены в таблице 5.1

Таблица 5.1 – Показатели вентиляционной способности легких у взрослых людей

Показатели вентиляционной способности	Значения	
Частота дыхания (ЧД)	11-18 в мин (у лиц пожилого возраста дыхание учащается)	
Дыхательный объем (ДО)	0,3-0,6 л (у мужчин несколько выше, чем у женщин)	
Минутный объем дыхания (МОД)	В покое 5-6 л в мин, при работе 12 л в мин и более (у мужчин несколько выше, чем у женщин)	
Жизненная емкость легких (ЖЕЛ)	3,0-6,0 л	
Максимальная вентиляция легких (МВЛ)	60-180 л в мин (зависит от пола, возраста и роста)	
Показатель Тиффно	>65% (ОФВ 1 находится в тесной зависимости от ЖЕЛ и бронхиального сопротивления)	
Остаточный объем легких (ООЛ)	1,5-2,5 л	
Общая емкость легких (ОЕЛ)	5-7 л (в зависимости от антропометрических данных)	
	Мужчины	Женщины
Емкость вдоха, л	3,79	2,42
Резервный объем выдоха (РОВвд), л	0,98	0,73
Функциональная остаточная емкость легких (ФОБ), л	2,18	1,82
Максимальная вентиляция легких (МВЛ)	114	125

5.1 Определение жизненной емкости легких и других дыхательных объемов

1. Подготовка к работе. Выньте спирометр из футляра. Обработайте мундштук спиртом. Плотно наденьте мундштук на фланец спирометра. Измерения спирометром дыхательных объемов нужно производить в положении пациента стоя.
2. Определение дыхательного объема – произведите спокойный вдох, возьмите мундштук в рот, зажмите нос зажимом и спокойно выдохните воздух в прибор. Сделайте несколько попыток с интервалами в полминуты.
3. Для определения жизненной емкости легких произведите максимально глубокий вдох, зажмите нос зажимом для носа или пальцами, возьмите мундштук в рот, плотно, обхватив его губами, и сделайте равномерный максимально глубокий выдох в течение около 3 с. Измерение повторяют трижды с интервалами в полминуты. Регистрируется наибольший показатель.
4. Для подсчета частоты дыхания в 1 мин (ЧД) нужно положить ладонь так, чтобы она захватывала нижнюю часть грудной клетки и верхнюю часть живота, и подсчитать количество дыхательных движений за 15 с (подъем и опускание грудной клетки или живота (вдох-выдох) считают за один дыхательный цикл). Умножая полученную цифру на 4, получаем частоту дыхания (ЧД) в минуту.
5. Рассчитать величину минутного объема дыхания (МОД) можно по формуле (5.2):

$$\text{МОД} = \text{ДО} \cdot \text{ЧД} \quad (5.2)$$

6. Рассчитать должную величину ЖЕЛ по можно формулам (5.3) и (5.4):

$$\text{ДЖЕЛмуж} = [(\text{рост(см)} \cdot 0,052) - (\text{возраст(лет)} \cdot 0,022)] - 3,6 \quad (5.3)$$

$$\text{ДЖЕЛжен} = [(\text{рост(см)} \cdot 0,041) - (\text{возраст(лет)} \cdot 0,018)] - 2,68$$

ДЖЕЛ и фактическая ЖЕЛ в норме не должны существенно отличаться. Если фактическая ЖЕЛ меньше, чем ДЖЕЛ на 300 и более мл, то можно говорить о сниженной ЖЕЛ.

Должную величину жизненной емкости легких (ДЖЕЛ) можно также рассчитать по формулам Людвига (5.5) и (5.6):

$$\text{ДЖЕЛмуж} = [(40 \cdot \text{рост(см)}) + (30 \cdot \text{вес(кг)})] - 4400 \quad (5.5)$$

$$\text{ДЖЕЛжен} = [(40 \cdot \text{рост(см)}) + (10 \cdot \text{вес(кг)})] - 3800 \quad (5.6)$$

7. Для оценки функциональных резервов системы внешнего дыхания используют величину максимальной вентиляции легких, которая рассчитывается по формулам (5.7) и (5.8):

$$\text{МВЛмуж} = [(\text{рост(см)} \cdot 1,34) - (\text{возраст(лет)} \cdot 1,26)] - 21,4$$

$$\text{МВЛжен} = [(71,3 - \text{возраст(лет)}) \cdot \text{площадь поверхности тела(м}^2)] \quad (5.7)$$

Площадь поверхности тела рассчитывается по формуле Дю-Буа (5.9):

$$S_{\text{тела}} = \text{вес тела (кг)}^{0,425} \cdot \text{рост (см)}^{0,725} \cdot 0,007184 \quad (5.9)$$

При вычислении степеней массы и роста можно использовать таблицы 5.2 и 5.3.

Таблица 5.2 – Возведение веса тела в степень 0,425

Масса	Масса ^{0,425}	Масса	Масса ^{0,425}	Масса	Масса ^{0,425}	Масса	Масса ^{0,425}
50	5,273	70	6,084	90	6,769	110	7,372
51	5,318	71	6,120	91	6,801	111	7,401
52	5,362	72	6,157	92	6,833	112	7,429
53	5,405	73	6,193	93	6,864	113	7,457
54	5,448	74	6,229	94	6,896	114	7,485
55	5,491	75	6,265	95	6,927	115	7,513
56	5,533	76	6,300	96	6,958	116	7,540
57	5,575	77	6,335	97	6,988	117	7,568
58	5,616	78	6,370	98	7,019	118	7,595
59	5,657	79	6,405	99	7,049	119	7,623
60	5,698	80	6,439	100	7,079	120	7,650
61	5,738	81	6,473	101	7,109	121	7,677
62	5,778	82	6,507	102	7,139	122	7,704
63	5,817	83	6,540	103	7,169	123	7,731
64	5,856	84	6,574	104	7,198	124	7,757
65	5,895	85	6,607	105	7,228	125	7,784
66	5,933	86	6,640	106	7,257	126	7,810
67	5,971	87	6,673	107	7,286	127	7,836
68	6,009	88	6,705	108	7,315	128	7,863
69	6,047	89	6,737	109	7,344	129	7,889

Таблица 5.3 – Возведение роста в степень 0,725

Рост	Рост ^{0,725}	Рост	Рост ^{0,725}	Рост	Рост ^{0,725}	Рост	Рост ^{0,725}
140	35,970	160	39,627	180	43,159	200	46,585
141	36,156	161	39,806	181	43,333	201	46,754
142	36,342	162	39,985	182	43,506	202	46,922
143	36,527	163	40,164	183	43,679	203	47,091
144	36,712	164	40,342	184	43,852	204	47,259
145	36,897	165	40,521	185	44,025	205	47,427
146	37,081	166	40,698	186	44,197	206	47,594
147	37,265	167	40,876	187	44,370	207	47,762
148	37,449	168	41,053	188	44,541	208	47,929
149	37,632	169	41,230	189	44,713	209	48,096
150	37,815	170	41,407	190	44,884	210	48,262
151	37,998	171	41,584	191	45,056	211	48,429
152	38,180	172	41,760	192	45,227	212	48,595
153	38,362	173	41,936	193	45,397	213	48,761
154	38,544	174	42,111	194	45,568	214	48,927
155	38,725	175	42,287	195	45,738	215	49,093
156	38,906	176	42,462	196	45,908	216	49,258
157	39,087	177	42,636	197	46,077	217	49,423
158	39,267	178	42,811	198	46,247	218	49,588
159	39,447	179	42,985	199	46,416	219	49,753

8. Для определения форсированной жизненной емкости легких (ФЖЕЛ) произведите максимально глубокий вдох, зажмите нос зажимом для носа или пальцами, возьмите мундштук спирометра в рот, плотно обхватив его губами, и сделайте форсированный выдох (максимально быстрый и сильный, примерно в течение 1,5 с). С интервалами отдыха сделайте несколько попыток. Регистрируется лучший результат.
9. Неплохим показателем функциональных резервов легких является **жизненный индекс (ЖИ)**, который вычисляется по формуле (5.10):

$$\text{ЖИ} = \frac{\text{ЖЕЛ(мл)}}{\text{вес тела (кг)}} \quad (5.10)$$

Средняя величина показателя для мужчин – 65-70 мл/кг, для женщин – 55-60 мл/кг, для спортсменов – 75-80 мл/кг, для спортсменок – 65-70 мл/кг.

10. О функциональных возможностях системы внешнего дыхания дает косвенное представление также коэффициент Спеля (КС), определяемый по формуле (5.11).

$$\text{КС} = \frac{\text{ЖЕЛ(л)} \cdot \text{рост(см)}}{\text{вес тела (кг)}} \quad (5.11)$$

Показано, что чем больше коэффициент, тем выше выносливость человека. В норме коэффициент Спеля составляет от 7 до 13 л·см/кг.

5.2 Задание к выполнению

1. Определите дыхательный объем.
2. Определите жизненную емкость легких.
3. Выполните подсчет частоты дыхания.
4. Рассчитайте величину минутного объема дыхания.
5. Рассчитайте должную величину ЖЕЛ.

6. Рассчитайте должную величину максимальной вентиляции легких.
7. Определите форсированную жизненную емкость легких.
8. Внесите все результаты в таблицу 5.4.

Таблица 5.4 – Показатели функции внешнего дыхания

Показатель	Значение
Возраст, лет	
ЧД, мин ⁻¹	
ДО, мл	
МОД, л/мин	
Масса тела, кг	
Длина тела, см	
Площадь поверхности тела, м ²	
ЖЕЛ фактическая, л	
ЖЕЛ должная, л	
МВЛ должная, л	
ФЖЕЛ, л	
ЖИ, мл/кг	
Коэффициент Спеля	

9. Проанализируйте результаты, сравните их со средними показателями состояния респираторной системы спортсменов разных спортивных специализаций (таблица 5.5).

Таблица 5.5 – Средние показатели функционального состояния респираторной системы спортсменов различных специализаций

Спортивная специализация	Пол	Функциональные показатели					
		ЧД, мин ⁻¹	ДО, мл	ЖЕЛ, л	МВЛ, л	ЖИ, у.е.	Коэфф. Спеля
Гимнастика	М	14,0±1,13	500,2±56,7	4,100±0,29	171,5±13,5	60,3±2,0	10,2±0,49
	Ж	17,7±0,79	435,8± 29,0	3,450±0,17	92,29±8,28	63,0±1,6	9,37±0,37
Льжные гонки	М	16,6±0,85	447,8±37,9	4,677±0,21	158,0±13,7	61,8±1,6	10,2±0,33
	Ж	16,6±1,07	430,1±21,5	3,480±0,24	81,41±2,09	60,4 ±2,3	9,51±0,37
Легкая атлетика	М	15,8±0,53	434,1±21,4	4,519±0,14	182,85±2,00	65,9±1,4	13,9±1,80
	Ж	16,3±0,57	394,2±23,9	3,973±0,25	141,5±3,85	61,9±1,5	10,3±0,29
Спортивные игры	М	14,4±0,58	403,5±28,9	5,186±0,17	192,6±7,16	68,31±1,5	12,3±0,36
	Ж	15,9±0,69	455,0±38,3	3,700±0,16	155,9±3,94	53,4±3,1	10,4±0,27

5.3 Требования к отчету

Отчет должен включать в себя:

Заполненную таблицу 5.4.

Итоговый вывод, включающий в себя заключение о состоянии дыхательной системы.

6 Изучение влияния физических нагрузок на функцию внешнего дыхания. Оценка функционального состояния дыхательной системы. Контроль насыщения крови кислородом. Измерение уровня СО в выдыхаемом воздухе

Цель работы: изучение влияния физических нагрузок на функцию внешнего дыхания, оценка функционального состояния дыхательной системы, анализ содержания СО в выдыхаемом воздухе, изучение работы и применения пульсоксиметра, анализ насыщения крови кислородом.

Материальное обеспечение: электронный спирометр, спирт, вата, зажимы для носа, анализатор СО, пульсоксиметр, секундомер.

6.1 Изучение влияния физических нагрузок на функцию внешнего дыхания

Величину ЖЕЛ используют в различных пробах, результаты которых дают дополнительную информацию о функциональном состоянии системы дыхания. **Проба Розенталя** представляет собой пятикратное измерение ЖЕЛ с 15-секундными интервалами отдыха. У тренированных цифры ЖЕЛ от первой к пятой попытке увеличиваются. Снижение показателей ЖЕЛ отмечается при переутомлении и перетренированности.

Проба Шафрановского заключается в определении ЖЕЛ до и после 2-минутного бега на месте, высоко поднимая колени, в темпе 180 шагов в минуту. У тренированных после бега ЖЕЛ увеличивается. При переутомлении и при наличии скрытого бронхоспазма ЖЕЛ после бега снижается.

6.2 Оценка функционального состояния дыхательной системы

Пробы Штанге и Генчи заключаются в произвольной задержке внешнего дыхания на вдохе и выдохе и позволяют оценивать состояние механизмов регуляции систем энергообеспечения.

1. **Проба Штанге.** После глубокого вдоха и выдоха сделать глубокий вдох и задержать дыхание, одновременно включив секундомер, а при окончании задержки дыхания секундомер остановить.

Зафиксировать время в секундах. Полученный результат позволяет определить уровень гипоксической устойчивости.

Существуют такие уровни устойчивости:

- низкий уровень устойчивости: задержка дыхания возможна на время не более 30с;
- умеренный: задержка дыхания возможна на время в интервале 31-60 с;
- высокий: задержка дыхания возможна на время в интервале 61-90 с;
- очень высокий уровень гипоксической устойчивости: задержка дыхания возможна на время более 90 с;

2. **Проба Генчи.** Проба производится при задержке дыхания после выдоха. Надо сделать глубокий вдох и выдох с одновременным включением секундомера после выдоха. Задержать дыхание и выключить секундомер после прекращения задержки дыхания.

Результаты по пробе Генчи дают основание оценить способность человека противостоять недостатку кислорода в организме за счет волевых усилий. У взрослых в норме проба Генчи составляет 30- 45 с. Время, в течение которого человек может задерживать дыхание, преодолевая желание вдохнуть, индивидуально, зависит от состояния аппарата внешнего дыхания и системы кровообращения.

6.3 Контроль насыщения крови кислородом. Сатурация

Уровень насыщения артериальной крови кислородом – жизненно важный показатель. **Сатурацией** называют количественный показатель насыщения крови кислородом в процентах от максимально возможного.

Кислород поставляется в ткани и органы эритроцитами – обладателями гемоглобина. Одна молекула гемоглобина способна связать до четырех молекул кислорода. Если в подконтрольном образце крови все молекулы гемоглобина всех эритроцитов несут по четыре молекулы кислорода, то уровень насыщения кислородом крови составляет 100 %. Об этом говорят так: сатурация равна 100 %.

Строго говоря, сатурация – термин, обозначающий *процесс насыщения* кислородом, но постепенно сатурация стала термином, обозначающим *достигнутый результат этого процесса*.

Максимально возможная сатурация артериальной крови равна 100 %. Вполне комфортным и для взрослого, и для ребенка является уровень 98 – 95%.

Однако уход сатурации на уровень 94 % – уже серьезный повод для беспокойства: пора принимать серьезные меры защиты от начинающейся гипоксии.

Критической считается сатурация 90 %, поскольку, если ничего не предпринимать, то начинаются необратимые изменения в тканях и органах.

Наиболее чувствительны к кислородному голоданию головной мозг, миокард, ткани почек и печени.

Тот факт, что рабочий диапазон значений сатурации – лишь верхние 10 % от стоградусной шкалы, подчеркивает жизненную важность поддержания этого показателя на высоком уровне.

6.4 Принцип работы пульсоксиметра

Название «пульсоксиметрия» отражает то обстоятельство, что для оксиметрии – измерения уровня содержания кислорода – в этом методе принципиально важны пульсации давления крови в капиллярах: слабые отголоски пульсовой волны, уловимые только оптическими методами.

Работа пульсоксиметров основана на определении уровня сатурации крови в капиллярах по результатам просвечивания сравнительно тонких участков тела (мочка уха, нос, палец) видимым светом и инфракрасным излучением.

Пульсоксиметр, применяемый в данной работе, надевается на палец руки и упруго прижимается двумя половинками корпуса к тканям пальца в районе ногтя. В одной половине корпуса находятся источники излучения, в другой – датчики регистрации излучения, прошедшего сквозь ткани пальца.

Источники излучения:

- светодиод красного света; излучает в диапазоне длин волн 600-750 нм;
- инфракрасный светодиод; излучает в диапазоне 850-1000 нм.

Неожиданным для большинства оказывается тот факт, что красный свет (а тем более – инфракрасный) способен проходить сквозь такую внешне непрозрачную преграду, как палец (да еще и с ногтем). Но, оказывается, видимый свет способен проходить сквозь такие не слишком толстые преграды. Разумеется, он при этом, подчиняясь закону Бугера-Ламберта, многократно ослабляется, но – не до нуля! Имея достаточно чувствительные датчики, удается надежно регистрировать слабые световые потоки на выходе из пальца.

На рисунке 6.1 представлены спектры поглощения гемоглобина, насыщенного и не насыщенного кислородом.

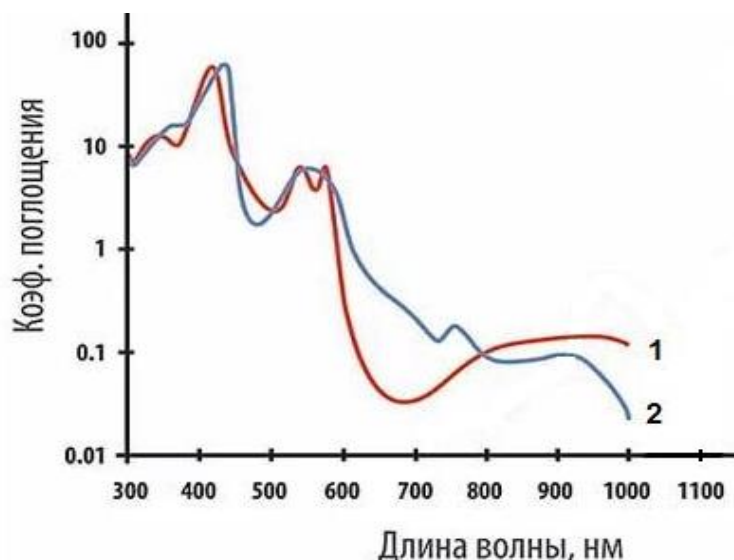


Рисунок 6.1 – Спектры поглощения гемоглобина (логарифмическая шкала по оси ординат)
1 – оксигенированного; 2 – деоксигенированного.

Из графиков на рисунка 6.1 следует:

- **оксигенированный гемоглобин** (насыщенный кислородом) в диапазоне 850-1000 нм инфракрасное излучение поглощает лучше, чем красный свет (кривая 1 проходит здесь несколько выше, чем кривая 2).
- **деоксигенированный гемоглобин** (не насыщенный кислородом) в диапазоне 600-750 нм, наоборот, красный свет поглощается лучше, чем инфракрасный: на этом участке кривая 2 значительно выше, чем кривая 1.

Кривые 1 и 2 характеризуют гемоглобин как индивидуальное вещество в двух крайних состояниях. С одной молекулой гемоглобина может быть связано от нуля до четырех молекул кислорода. Гемоглобин в крови человека всегда частично оксигенирован.

При работе пульсоксиметра поглощение света происходит обеими формами гемоглобина на обоих рабочих диапазонах длин волн пульсоксиметра. Речь идет об избирательности поглощения: оксигенированный гемоглобин лучше поглощает инфракрасное излучение, а деоксигенированный – красный свет.

6.5 Измерение уровня СО в выдыхаемом воздухе

Угарный газ или монооксид углерода (СО) – бесцветный токсичный газ без вкуса и запаха. Он образуется в результате неполного сгорания органических материалов при высоких температурах и недостатке кислорода. Когда вы вдыхаете сигаретный дым, СО абсорбируется в кровь через легкие. Красные кровяные тельца переносят кислород по всему организму. Угарный газ связывается с гемоглобином крови, образуя карбоксигемоглобин (СОНЬ), который мешает красным кровяным тельцам переносить кислород. В России, где в настоящее время курят 65 % мужчин и до 30 % женщин, курение является самой распространенной вредной привычкой. Табак является причиной смертности от рака легкого в 90 % всех случаев, от бронхита и эмфиземы – в 75 % и от болезни сердца – примерно в 25 % всех случаев. Измерение угарного газа в выдыхаемом воздухе – быстрый, неинвазивный и эффективный метод выявления зависимости. Определение уровня СО пациентов помогает определить степень никотиновой зависимости: чем больше они курят, тем выше будут их показания, а, следовательно, и выше никотиновая зависимость.

Техника проведения измерения СО – испытуемый делает глубокий вдох и задерживает дыхание на 15-20 сек, а затем с определенной скоростью плавно выдыхает в

трубочку. Прибор выдаст данные в виде цифр, цвета (от зеленого до красного) и звука показателя выдоха.

6.6 Задание к выполнению

1. Выполнить функциональные пробы (Розенталя, Шафрановского, Штанге, Генчи), результаты занесите в таблицу 6.1, сделайте выводы. Оцените функциональное состояние дыхательной системы.

Таблица 6.1 – Результаты выполнения функциональных проб

Проба	Результат измерений	
	Розенталя	Измерение № 1
Измерение № 2		
Измерение № 3		
Измерение № 4		
Измерение № 5		
Шафрановского	До нагрузки	
	После нагрузки	
Штанге		
Генчи		

2. Измерить в спокойном состоянии, до физической нагрузки, уровень сатурации и ЧСС.
3. Выполнить 20 приседаний.
4. Повторно измерить уровень сатурации и ЧСС. Каждое измерение выполнить 4 раза. Результаты зафиксировать. Заполнить таблицу 6.2.

Таблица 6.2 – Результаты измерений

Показатель	До нагрузки	После нагрузки			
		Сразу после приседаний	Измерение № 1	Измерение № 2	Измерение № 3
Время					
Сатурация					
ЧСС					

5. Построить график зависимости ЧСС и сатурации от времени эксперимента.
6. Сделать вывод об изменении уровня сатурации и ЧСС, происшедшие в ходе выполнения работы и о длительности восстановления параметров до уровня преднагрузочных значений.
7. Провести проверку концентрации угарного газа в выдыхаемом воздухе. Сделать выводы

6.7 Требования к отчету

Отчет должен включать в себя:
Заполненные таблицы 6.1 и 6.2.

Итоговый вывод, включающий в себя заключение о состоянии дыхательной системы.

7 Регистрация электрической активности головного мозга при функциональных пробах

Цель работы: овладение навыками правильной постановки электродов, запись ЭЭГ, проведение функциональных проб при записи ЭЭГ.

Материальное обеспечение: электроэнцефалограф, кушетка, вата, спирт, физиологический раствор, электропроводный гель, марлевая прокладка, дистиллированная вода.

Регистрацию ЭЭГ осуществляют монополярно (биполярно), с помощью неполяризующихся хлорсеребряных электродов от 8 энцефалографических отведений, установленных в соответствии с международной схемой 10-20%. В качестве референтного электрода используют ушные электроды (A1, A2).

7.1 Правила наложения электродов

1. Разместите испытуемого в кресле (кушетке в сложенном состоянии) для регистрации ЭЭГ. Наденьте на его голову шлем для электродов так, чтобы он прилегал к голове плотно, но не давил и не причинял неудобств.
2. Раздвиньте волосы в месте постановки электродов. Обезжиривание кожи под электродами проведите ваткой, смоченной спиртом. Установите под резинками шлема заранее промоченные в физиологическом растворе электроды. Под электродами поместите специальный электропроводный гель на марлевой прокладке. Закрепите клипсы референтных электродов на мочках ушной раковины.
3. Подключите электроды к коммутационному блоку электроэнцефалографа согласно маркировке.
4. Проверьте правильность установки каналов на панели электроэнцефалографа. Измерьте уровень переходного сопротивления электродов. Нажмите кнопку «Импеданс» на панели инструментов, в окне «Монтажи» выберите «Монополярное 8». После этого на экране появится окно с результатами измерения подэлектродного импеданса. Для регистрации ЭЭГ приемлемыми считаются значения импеданса, не превышающие 30 кОм. На рисунке монтажа схемы наложения электродов точки под электродами будут зеленого (или желтого) цвета. Если они красные, проверьте наложение электрода в соответствующей точке.
5. Убедившись в отсутствии выраженных артефактов в ЭЭГ, проведите мониторинг записи. Во время записи в лаборатории должна соблюдаться полная тишина. Испытуемого просят во время записи не совершать никаких движений. Исключение составляют естественные движения моргания, дыхания, глотания, которые должны совершаться в естественном ритме. Зарегистрируйте калибровочный сигнал, и переходите к регистрации ЭЭГ.
6. Выполните функциональные пробы открывания и закрывания глаз. В ходе записи ЭЭГ испытуемого периодически просят открыть (на 3-4 с) и через 10 с – закрыть глаза. Момент открывания и закрывания глаз обозначают специальными маркерами. В период записи выставьте соответствующие маркеры.
7. По окончании регистрации сохраните запись на компьютере.
8. Отсоедините электроды от шлема на голове испытуемого. Промойте многоразовые электроды в проточной и дистиллированной воде. Разложите их для просушки.

7.2 Анализ электроэнцефалограммы

Визуальный метод анализа ЭЭГ в настоящее время применяется в основном при проведении клинических обследований больных, при этом наибольшее значение имеет выявление в ЭЭГ так называемых патологических знаков (изменений потенциала в форме острых волн и комплексов «пик-волна»).

При анализе ЭЭГ выделяют стационарные участки записи для последующего анализа. Такие участки называют *эпохами анализа*. При анализе электроэнцефалограммы принято принимать во внимание стационарные участки записи, отмеченные как эпохи анализа.

Экспресс-анализ используется, когда требуется быстро оценить параметры некоторого фрагмента записи ЭЭГ. Анализ в реальном времени также можно отнести к экспресс-анализу.

Спектральный анализ ЭЭГ, проводимый с помощью быстрого преобразования Фурье, позволяет перенести зарегистрированный сигнал из временной области в частотную. Использование частотного представления сигнала является неотъемлемой частью современного математического анализа ЭЭГ.

7.3 Расшифровка электроэнцефалограммы

Расшифровка электроэнцефалограммы представляет собой процесс ее интерпретации с учетом клинических симптомов, имеющих у пациента. В процессе расшифровки обязательно учитывают базальный ритм, уровень симметричности в электрической активности нейронов головного мозга левого и правого полушарий, спайки, изменения ЭЭГ на фоне функциональных тестов (открытие – закрытие глаз и др.).

ПРИМЕР ЗАКЛЮЧЕНИЯ.

ЭЭГ № 3021 от 05.02.87. И-ов Ю.С., 42 года. Обследование. Альфа-ритм выражен регулярной компонентой, распределен правильно, доминирует в затылочных отделах мозга, симметричный, веретенообразный, с хорошо выраженными веретенами, не искажен, без вспышек гиперсинхронизации, частотой 10,5 колеб./с., амплитудой до 80 мкВ, индексом 85 %. Заключение: ЭЭГ в пределах нормы.

7.4 Задание к выполнению

1. Выполните наложение электродов электроэнцефалографа.
2. Проведите снятие ЭЭГ.
3. Выполните функциональные пробы открывания и закрывания глаз.
4. Отсоедините электроды.
5. Установите эпохи анализа ручным способом.
6. Проанализируйте любой выделенный фрагмент записи или текущую страницу ЭЭГ, видимую на экране.
7. Проведите экспресс-анализ выделенного фрагмента записи ЭЭГ.
8. Используя панель инструментов, отобразите в таблице средние, максимальные, минимальные амплитуды ритмов волн или межполушарную асимметрию амплитуды ритмов волн в процентах. Используя контекстное меню, скопируйте результаты анализа в текущий протокол обследования.
9. Проанализируйте графики спектров.
10. Сравните частотные спектры ЭЭГ во время «Фоновой записи» и «Открывания глаз»
11. Проанализируйте частотные характеристики отдельно по ритмам и весь диапазон частот по амплитуде и мощности.
12. Проведите расшифровку ЭЭГ.

7.5 Требования к отчету

Отчет должен включать в себя:

Результаты анализа ЭЭГ.

Результаты функциональных проб.

Расшифровку ЭЭГ.

Итоговый вывод, включающий в себя заключение о состоянии нервной системы.

8 Регистрация суммарной электрической активности мышц плеча при разной интенсивности напряжения. Электронеуромиография

Цель работы: регистрация ЭМГ в мышцах-антагонистах (плеча или предплечья), изучить проводящую функцию моторных нервов (n. medianus).

Материальное обеспечение: электронеуромиостимулятор «Магنون», спирт, физиологический раствор, электродный гель, кушетка, вата; линейка

Электронеуромиографическое обследование является примером прикладной нейрофизиологии и, следовательно, функциональным исследованием, отвечающим на определенные клинические вопросы. Прежде всего, это касается патофизиологического состояния нервно-мышечного аппарата в целом с преобладанием поражения тех или иных элементов двигательных единиц.

Электронеуромиография – метод электрофизиологической диагностики поражений нервно-мышечной системы, состоящий в регистрации электрической активности (биопотенциалов) скелетных мышц. Методика основана на регистрации биоэлектрической активности мышц с помощью поверхностных (накожных) электродов. В литературе до настоящего времени встречаются термины "глобальная ЭМГ", "суммарная ЭМГ" или интерференционная поверхностная ЭМГ.

Исследование поверхностной ЭМГ позволяет ориентировочно оценить сократительную способность группы мышц. Достоинством метода является его неинвазивность, простота исследования, возможность суммарной оценки одновременно нескольких мышц (агонистов и антагонистов) в процессе движения. Данная методика широко используется в различных системах анализа движения, для оценки выраженности тремора, в динамике восстановительного лечения у больных с травматическим поражением конечностей.

8.1 Электронеуромиография в мышцах-антагонистах

Исследование проводится с помощью поверхностных электродов, которые представляют собой металлические диски или пластины площадью до 1 см², чаще вмонтированные в фиксирующую колодку для обеспечения постоянного расстояния между ними (15-20 мм); если применяются электроды со свободными пластинами, желательно сохранять рекомендуемое межэлектродное расстояние. Использование электродов с фиксированным расстоянием более предпочтительно, т.к. позволяет стандартизировать проведение методики. Накладывают две пары электродов на двуглавую и трехглавую мышцы плеча.

Кожа пациента обрабатывается спиртом и смачивается изотоническим раствором хлорида натрия. В случае длительного исследования лучше наносить электродные гели или пасты. При использовании электродов с произвольным межэлектродным расстоянием активный электрод располагается над брюшком мышцы (в проекции двигательной зоны), референтный – над сухожилием или костным выступом. Заземляющий электрод можно помещать на противоположной стороне конечности.

Основными параметрами поверхностной ЭМГ являются максимальная амплитуда сигнала при измерении ее от пика до пика, средняя амплитуда, средняя частота секундной реализации. Важным является такой показатель, как амплитудно-частотный коэффициент.

До сих пор остается актуальной визуальная оценка рисунка кривых. Ю.С. Юсевич (1958) были выделены основные типы поверхностной ЭМГ. Регистрация интерференционной активности с симметричных точек позволяет оценить способность мышцы к сокращению. При выраженном поражении мышц данное исследование может иметь дифференциальное диагностическое значение.

8.2 Исследование моторного проведения по срединному нерву

В основе стимуляционной ЭМГ лежит регистрация суммарного ответа мышцы (М-ответа), возникающего в мышце при электрическом раздражении её двигательного нерва. Показанием к исследованию является подозрение на заболевания, связанные с нарушением функции двигательных волокон периферических нервов или нервно-мышечной передачи. Каких-либо особых противопоказаний (в том числе наличие имплантатов, кардиостимуляторов, эпилепсии) к проведению стимуляционной ЭМГ нет.

Данная методика является наиболее распространенной, поскольку позволяет:

- 1) оценивать состояние нерва на разных его участках;
- 2) судить о характере поражения нерва (аксональное, демиелинизирующее);
- 3) выявить степень поражения нерва;
- 4) определять состояние терминалей аксонов;
- 5) оценивать состояние самой мышцы.

Скорость распространения возбуждения (СРВ) определяют как расстояние, которое проходит импульс по нервному волокну за единицу времени, и выражают в метрах в секунду (м/с). Время между подачей электрического стимула и началом М-ответа называется терминальной латентностью М-ответа.

Понятием **резидуальной латентности** называют рассчитываемое время прохождения импульса по терминалям аксонов. На дистальном отрезке аксоны двигательных волокон ветвятся на терминали. Так как терминали не имеют миелиновой оболочки, СРВ по ним значительно ниже, чем по миелинизированным волокнам. Время между стимулом и началом М-ответа при стимуляции в дистальной точке складывается из времени прохождения по миелинизированным волокнам и времени прохождения по терминалям аксона.

8.3 Методика исследования моторного проведения по срединному нерву

Регистрация потенциалов проводится с помощью накожных электродов. Кожа в месте наложения электродов обезжиривается спиртом. Активный электрод накладывают на моторную точку мышцы, референтный – на область сухожилия этой мышцы или на костный выступ, расположенный дистальнее активного электрода ("мышца-сухожилие" – "belli-tendon").

Для правильной установки активного электрода можно использовать костные ориентиры: головка головчатой кости на уровне запястья, передняя поверхность первого пястно-фалангового сустава. Референтный электрод (красный) накладывают дистальнее, на проксимальную фалангу большого пальца.

Заземляющий электрод размещается между отводящим и стимулирующим электродами. Импеданс под электродами рекомендуется установить от 5 до 10 кОм.

Стимулирующий биполярный электрод накладывают в проекции нерва, иннервирующего данную мышцу, в месте наиболее поверхностного его расположения. При этом катод (–) располагают дистальнее, а анод (+) проксимальнее, так как протекающий под анодом процесс деполяризации может вызывать "анодический блок", препятствующий распространению возбуждения к мышце (рисунок 8.1). Заземляющий электрод можно поместить либо на середину ладони (если вы используете одноразовый электрод, G), либо на середину предплечья (если вы используете многоразовый электрод). Кабель от электродов подключается к каналу 1.

После установки электродов проверьте качество их наложения. Для этого нажмите кнопку «Z» на функциональной клавиатуре. На экране появится окно измерения импеданса. Все индикаторы должны быть подсвечены зеленым.

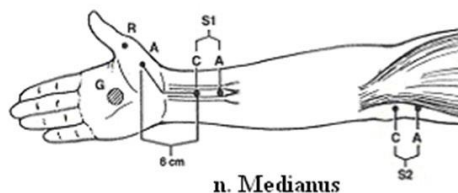


Рисунок 8.1 – Наложение электродов:

A — активный электрод (черный); R — референтный электрод (красный).

После проверки импеданса проведите электрическую стимуляцию для получения ответов. Первая точка стимуляции находится на уровне запястья. Стимулирующий электрод накладывают катодом более дистально. Для проведения стимуляции удобно использовать функциональную клавиатуру. Основные кнопки: кнопка одиночной стимуляции, ручка управления силой стимула, кнопка сохранения кривой.

Стимуляцию проводят прямоугольными импульсами обычно длительностью 0,2 мс, частотой 1 Гц, постепенно увеличивая силу тока, пока амплитуда получаемого М-ответа не перестанет нарастать. Определенная таким образом сила тока является максимальной. Для правильной оценки амплитудных и скоростных показателей используется супрамаксимальное (на 25-30 % больше максимального) значение стимула. Необходимо получить стойкий по амплитуде и латентности вызванный ответ мышц.

Проведите одиночную стимуляцию, постепенно увеличивая силу стимула с шагом 1 мА, до получения максимального М-ответа. Средняя сила стимула — 20–30 мА, длительность стимула — 200 мкс. Сохраните полученный М-ответ кнопкой «ОК» на функциональной клавиатуре. Обозначьте точку положения катода маркером.

Проведите стимуляцию в следующей точке на уровне локтевого сустава. Установите стимулирующий электрод таким образом, чтобы углубить его под связку Пирогова. Подберите силу стимула до достижения максимального М-ответа. Обозначьте точку положения катода маркером.

Проведите стимуляцию на уровне нижней трети плеча по медиальной биципитальной борозде. Обозначьте точку положения катода маркером.

Проведите измерение расстояния последовательно от дистальной точки стимуляции до активного электрода, между точками стимуляции. Точность измерения расстояния – ± 5 мм. D3, D2, D1 (рисунок 8.2).

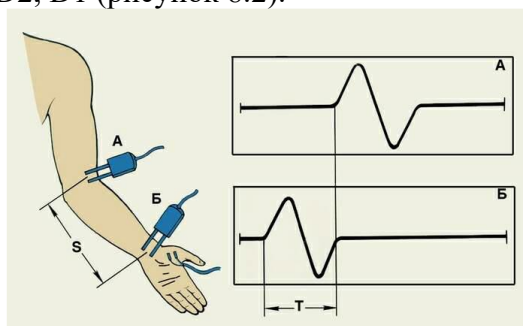


Рисунок 8.2 – Методика определения скорости проведения импульса по двигательным волокнам срединного нерва.

A, B – точки стимуляции нерва; S – расстояние между электродами; T – разность латентных периодов

Введите расстояния в таблицу. Для ввода расстояния удобно использовать кнопку «F2» функциональной клавиатуры. После активации первого места в таблице можно отредактировать указанное расстояние. Для этого используйте цифровые клавиши клавиатуры компьютера или энкодеры функциональной клавиатуры, которые управляют маркерами и проводят выбор кривой. При активации места в таблице ручка управления маркерами меняет десятичные значения, ручка выбора кривых – единичные значения.

Проведите коррекцию маркеров. Необходимо точно указать начало М-ответа на всех трех кривых. Рекомендуемые параметры приведены в таблице 8.1.

На мониторе выведите две-три кривые одиночных ответов мышцы и определите латентные периоды каждого сокращения. Рассчитайте разницу между латентными периодами и запишите ее. Линейкой измерьте расстояние между точками стимуляции, предварительно отмеченными на руке маркером.

Рассчитайте СРВ на участке нерва по формуле (8.1):

$$CPB = V = \frac{S}{L2 - L1'} \quad (8.1)$$

где V – скорость проведения по двигательным волокнам;

S – расстояние между точками стимуляции;

$L1$ – латентность в первой точке стимуляции;

$L2$ – латентность во второй точке стимуляции

Таблица 8.1 – Рекомендуемые нормативные параметры

Нерв	Место регистрации	Амплитуда при дистальной стимуляции, мВ	Терминальная латентность, мс	Резидуальная латентность, мс	СРВ, м/с
Срединный	Abductor pollicis brevis	>3,5	Расстояние 8 см 3,7 ± 0,31 (3,3 ± 0,4)	<2,7	>50

Снижение СРВ является маркёром процесса полной или сегментарной демиелинизации нервных волокон при невритах, полиневропатиях, таких как острая и хроническая демиелинизирующие полиневропатии, наследственные полиневропатии (болезнь Шарко-Мари-Тус, кроме её аксональных форм), диабетическая полиневропатия, компрессия нерва (туннельные синдромы, травмы). Определение СРВ позволяет выяснить, на каком участке нерва (дистальном, среднем или проксимальном) имеют место патологические изменения.

Чтобы вычислить время прохождения импульса по терминалям (резидуальная латентность), нужно из дистальной латентности в первой точке стимуляции вычесть время прохождения импульса по миелинизированной части. Это время можно рассчитать, приняв допущение, что СРВ на дистальном участке приблизительно равна СРВ на сегменте между первой и второй точками стимуляции.

Таким образом, приняв допущение, изложенное выше, формула расчёта резидуальной латентности примет вид (8.2):

$$R = L - \frac{D}{V_{1-2}}, \quad (8.2)$$

где R – резидуальная латентность;

L – дистальная латентность (время от стимула до начала М-ответа при стимуляции в дистальной точке);

D – дистанция (расстояние между активным отводящим электродом и катодом стимулирующего электрода);

V_{1-2} – СРВ на сегменте между первой и второй точками стимуляции.

Изолированное увеличение резидуальной латентности на одном из нервов считают признаком туннельных синдромов. Наиболее частый туннельный синдром для срединного нерва – запястный туннельный синдром.

Критерии нормальных значений М – ответа приведены в таблице 8.2. В клинической практике удобно использовать нижние границы нормы для амплитуды М-ответа и СРВ, и верхние границы нормы для резидуальной латентности и порога вызывания М-ответа

Таблица 8.2 – Критерии нормальных значений М – ответа

Амплитуда М-ответа	СРВ, мс	Резидуальная латентность, мс	Порог вызывания М-ответа
--------------------	---------	------------------------------	--------------------------

>3,5 мВ (срединный, лучевой) >6,0 мВ (локтевой)	45-50	<2,5	<15 мА (200 мс)
--	-------	------	-----------------

8.4 Задание к выполнению

1. Наложите электроды.
2. Зарегистрируйте ЭМГ при сгибании и разгибании руки в локтевом суставе у нескольких человек. Полученные результаты представьте в отчете. Проведите анализ ЭМГ, сделайте выводы.
3. Зарегистрируйте и проведите анализ следующих параметров: амплитуда и латентность М-ответа, скорость распространения возбуждения (СРВ) по моторным волокнам срединного нерва.
4. Выполните исследование моторного проведения по срединному нерву по указанной выше методике.
5. Сравните результаты с нормативными значениями.
6. Сделайте выводы.