



ДОНСКОЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ТЕХНИЧЕСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ
УПРАВЛЕНИЕ ДИСТАНЦИОННОГО ОБУЧЕНИЯ И ПОВЫШЕНИЯ
КВАЛИФИКАЦИИ

Кафедра «Производственная безопасность»

УЧЕБНОЕ ПОСОБИЕ

по дисциплине

«Физиология человека»

Автор
Киреева В.В.

Ростов-на-Дону, 2014



Аннотация

Учебное пособие по дисциплине «Физиология человека» подготовлено в соответствии с требованиями основной образовательной программы, сформированной на основе ФГОС высшего профессионального образования по направлению подготовки бакалавров 280700 «Техносферная безопасность».

В учебном пособии рассмотрен круг вопросов, касающихся физиологии человека. Большое внимание уделено центральной и вегетативной нервной системам, процессам обмена веществ, энергии и теплообмена, сенсорным системам, системам дыхания, кроветворения, кровообращения. Рассмотрены вопросы, связанные с изменениями в системах организма человека в результате выполнения трудовой деятельности. Приведены рисунки, схемы и таблицы, иллюстрирующие основные разделы курса физиологии человека.

Материалы пособия могут служить основой для самостоятельной подготовки обучающихся к занятиям, экзамену по указанному курсу, а также использоваться преподавателями при проведении тестирования студентов.

Учебное пособие предназначено для бакалавров всех форм обучения по направлению 280700 «Техносферная безопасность» профиля «Безопасность жизнедеятельности в техносфере».

Автор

д.б.н., доцент Киреева В.В.





Оглавление

ВВЕДЕНИЕ.....	5
ГЛАВА 1. ФИЗИОЛОГИЯ, ЕЕ ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ	6
И ОБЪЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ	6
ГЛАВА 2. ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ОСНОВНЫЕ	
ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ.....	8
2.1. Организм как единое целое	8
2.2. Основные физиологические функции организма	9
ГЛАВА 3. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ.....	13
3.1. Обмен белков	13
3.2. Обмен жиров	14
3.3. Обмен углеводов	15
3.4. Обмен воды, минеральных веществ и витаминов.....	16
3.5. Обмен энергии при профессиональной деятельности	
.....	17
ГЛАВА 4. ФИЗИОЛОГИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО	
АППАРАТА.....	20
4.1. Скелет человека	20
4.2. Мышечная система	25
4.3. Физиология мышечной деятельности.....	28
ГЛАВА 5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ	
В СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЕ	31
5.1. Состав и функции крови	31
5.2. Физиология кровообращения.....	33
5.3. Сердце и его физиологические функции.....	35
5.4. Группы крови человека. Резус-фактор.....	40
ГЛАВА 6. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ	
В ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ	45
6.1. Внешнее дыхание	45
6.2. Обмен газов в легких и их перенос кровью.....	48
6.3. Регуляция дыхания.	53
ГЛАВА 7. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ	



В ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЧЕЛОВЕКА	55
7.1. Общая характеристика пищеварительных процессов	55
7.2. Пищеварение в желудке	58
7.3. Пищеварение в тонком кишечнике	60
7.4. Всасывание в толстом кишечнике	63
ГЛАВА 8. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА	66
8.1. Физиологическая роль желез внутренней секреции.	66
8.2. Общая характеристика желез внутренней секреции	66
ГЛАВА 9. ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ	72
9.1. Основные функции нервной системы	72
9.2. Физиология центральной нервной системы	73
9.3. Вегетативная нервная система	81
ГЛАВА 10. СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА, ОРГАНЫ ЧУВСТВ	85
10.1. Зрительная сенсорная система.....	86
10.2. Слуховой анализатор	89
10.3. Вестибулярный анализатор	90
10.4. Обонятельный анализатор	92
10.5. Вкусовой анализатор.....	92
10.6. Температурный анализатор	93
10.7.Тактильный анализатор	93
10.8. Двигательный анализатор.....	94
10.9. Висцеральный анализатор	95
ГЛАВА 11. ФИЗИОЛОГИЯ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ.....	97
11.1. Механизм регуляции физиологических функций при физических нагрузках	97
11.2. Функциональное состояние центральной нервной системы при умственной деятельности	100
11.3. Физиологическая активность у лиц малоподвижных профессий.....	101
11.4. Физиология процесса трудового обучения и формирования трудовых навыков	103
Заключение	107
Библиографический список	108



ВВЕДЕНИЕ

Физиология - это наука о функциях и механизмах деятельности клеток, тканей, органов, систем и всего организма в целом.

Без понимания нормального течения физиологических процессов и характеризующих их параметров нельзя правильно оценить функциональное состояние организма человека и его работоспособность в различных условиях деятельности. Знание физиологических механизмов регуляции различных функций организма имеет важное значение в понимании хода восстановительных процессов во время и после выполнения трудовой деятельности .

Основной задачей дисциплины «Физиология человека» является ознакомление обучающихся с основными физиологическими функциями организма человека; обменом веществ, развитием и ростом организма как целого; единством функций и форм; высшей и низшей нервной деятельностью, их единством: органами чувств; физиологией двигательного аппарата и физиологией трудовой деятельности.



ГЛАВА 1. ФИЗИОЛОГИЯ, ЕЕ ОСНОВНЫЕ РАЗДЕЛЫ И ОБЪЕКТЫ ИЗУЧЕНИЯ

Физиология (от греч. «physis» - природа и «logos» - учение) - наука о функциях и процессах, протекающих в организме или его составляющих системах, органах, тканях, клетках и механизмах их регуляции, обеспечивающих жизнедеятельность человека и животного в их взаимодействии с окружающей средой.

Инженеру, в чьи профессиональные обязанности входит ответственность за безопасность жизнедеятельности рабочих и служащих, необходимо знать не только основные понятия и физиологическую терминологию, которая будет встречаться на всем протяжении трудовой и научной деятельности специалиста, но и ученых, внесших огромный вклад в познания функциональных возможностей человека.

Хотя физиология является единой и целостной наукой о функциях организмов животного и человека, ее подразделяют на несколько в значительной степени самостоятельных, но тесно связанных между собой областей. В этом плане обычно выделяют общую и частную физиологию, сравнительную и эволюционную, а также специальную (прикладную) физиологию и физиологию человека.

Общая физиология исследует природу процессов, общих для организмов различных видов, а также закономерности реакций организма и его структур на воздействия внешней среды. В связи с этим изучаются такие процессы и свойства, как сократимость, возбудимость, раздражимость, торможение, энергетические и метаболические процессы, общие свойства мембран, клеток, тканей.

Частная физиология изучает функции тканей (мышечной, нервной и др.), органов (мозга, сердца, почек и др.), систем (пищеварения, кровообращения, дыхания).

Сравнительная физиология посвящена изучению сходства и различия каких-либо представителей животного мира с целью выявления причин и общих закономерностей изменения функций или появления новых. Особое внимание при этом уделяется выяснению механизмов качественных и количественных изменений физиологических процессов, появившихся в течение видового и индивидуального развития живых существ.

Эволюционная физиология объединяет исследования обще-



Физиология человека

биологических закономерностей и механизмов появления, развития и становления физиологических функций у человека и животных в онтогенезе (индивидуальное развитие у человека) и филогенезе (историческое эволюционное развитие человека).

Специальная (прикладная) физиология изучает закономерности изменения функций организма в связи с его специфической деятельностью, практическими задачами или конкретными условиями обитания. К проблемам специальной физиологии иногда относят некоторые разделы физиологии человека (авиационную, космическую, подводную, физиологию труда, спорта, военную физиологию, возрастную, клиническую или патологическую физиологию, психофизиологию и т.д.). Отсюда возникли и соответствующие разделы гигиены, которые устанавливают необходимые требования к окружающей среде, нормативы, обеспечивающие оптимальные условия деятельности человека и способствующие сохранению нормативных физиологических функций организма, а также предупреждающие возникновение и развитие заболеваний.

Со специальной физиологией тесно связана экологическая физиология, которая объединяет исследования особенностей жизнедеятельности человека в зависимости от климатических и географических условий и конкретной среды обитания.

Физиологической регуляцией называется активное управление функциями организма и его поведением для обеспечения требуемого обмена веществ, гомеостаза (постоянства внутренней среды) и оптимального уровня жизнедеятельности с целью приспособления к меняющимся условиям внешней среды.

Способы регулирования процесса или функции называют механизмами. В физиологии принято рассматривать следующие механизмы регуляции:

местный (расширение сосудов при повышении артериального давления);

гуморальный (влияние на функции организма и происходящие в нем процессы, например выработка гормонов роста);

нервный (усиление или ослабление процессов при возбуждении или торможении);

центральный (командные послышки из ЦНС, например ауто-тренинг).

Минимизацию отклонения функций либо их изменение с целью обеспечения нормальной деятельности органов и систем организма человека называют регуляцией.



ГЛАВА 2. ОРГАНИЗМ ЧЕЛОВЕКА И ЕГО ОСНОВНЫЕ ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ФУНКЦИИ

2.1. Организм как единое целое

Организм человека представляет собой целостный механизм, в котором все органы тесно связаны между собой и находятся в сложном взаимодействии. В теле человека содержится более 35% из 105 известных науке химических элементов. Две трети веса составляет вода, содержание углерода - 18,5%, азота 3,3%, кальция 1,5%, фосфора 1%, на остальные элементы (калий, натрий, магний, железо, йод и др.) приходится чуть более 1,2%.

Как и другие живые организмы, тело человека имеет клеточное строение. Клетка является химическим соединением (нуклеиновые кислоты, белки и вода). Клетки находятся в межклеточном веществе, обеспечивающем их защиту и прочность, питание и дыхание. Они разнообразны по строению, форме и функциям, но все имеют цитоплазму и ядро. В ядрах клеток (кроме половых) содержится по 46 хромосом, которые являются носителями генетического кода человека. Количество клеток в теле человека около 10 миллиардов.

Организм является саморегулирующейся системой. В нем поддерживаются постоянные значения огромного числа параметров, меняющихся в зависимости от потребностей, что позволяет обеспечивать оптимальный характер функционирования.

Для биологических систем свойственна надежность - свойство клеток, органов, систем организма выполнять специфические функции, сохраняя характерные для них величины в течение определенного времени, как правило, составляющего продолжительность жизни человека. Так, важной особенностью человека и высших животных является постоянство химического состава и физико-химических свойств внутренней среды организма (совокупность жидкостей: крови, лимфы, тканевой жидкости). Для обозначения этого постоянства используется понятие гомеостаз (от греч. *homoiós* – подобный, одинаковый и *stasis* – неподвижность) - совокупность физиологических механизмов, поддерживающих относительное динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды и устойчивость основных физиологических функций организма.

Гомеостаз - результат сложных координационных и регуляторных взаимоотношений, осуществляемых как в целом организ-



ме, так и на органном, клеточном и молекулярном уровнях. Благодаря приспособительным (адаптационным) механизмам физические и химические параметры, определяющие жизнедеятельность организма, меняются в сравнительно узких пределах, несмотря на значительные изменения внешних условий. У человека, млекопитающих, птиц гомеостаз включает поддержание постоянства концентрации водородных ионов (рН) и состава крови, осмотического давления крови и тканевой жидкости, температуры тела, кровяного давления и др.

Основной характеристикой надежности систем служит вероятность безотказной работы. Организм повышает свою надежность различными способами:

путем усиления регенеративных процессов, восстанавливающих погибшие клетки (заживление ран);

парностью органов (органы слуха, зрения, почки, доли легкого);

использованием клеток и капилляров в работающем и неработающем режиме: по мере нарастания функции;

использованием охранительного торможения (сон);

5) достижением одного и того же результата равными поведенческими действиями (замена физического воздействия умственным).

Физической регуляцией называется активное управление функциями организма и его поведением для обеспечения требуемого обмена веществ, гомеостаза и оптимального уровня жизнедеятельности с целью приспособления к меняющимся условиям внешней среды.

2.2. Основные физиологические функции организма

Процесс приспособления организма к меняющимся условиям среды означает возможность приспособления человека к природным, производственным или социальным условиям. Это свойство организма человека называется адаптацией. Она обеспечивает работоспособность, максимальную продолжительность жизни и репродуктивность в неадекватных условиях среды.

Одним из установленных механизмов системной организации процессов регуляции жизнедеятельности является общий адаптационный синдром, или стресс, представляющий собой совокупность неспецифических и физиологических функций. Системный уровень регуляции жизнедеятельности проявляется при стрессе в виде повышения устойчивости организма в целом к действию факторов окружающей среды, в том числе и вредных



для организма.

Адаптивная роль неспецифических реакций заключается в их способности повышать резистентность (сопротивляемость организма к различным факторам среды). Адаптивные реакции, направленные на устранение или ослабление функциональных сдвигов в организме, вызванных неадекватными факторами среды, называют компенсаторными механизмами.

Компенсаторные механизмы - это динамичные, быстро возникающие физиологические средства аварийного обеспечения жизнедеятельности организма. Они мобилизуются, как только организм попадает в неадекватные условия, и постепенно затухают по мере развития адаптационного процесса. Так, под действием холода усиливаются процессы производства и сохранения тепловой энергии, обмена веществ, в результате рефлекторного сужения периферических сосудов (особенно кожи) уменьшается теплоотдача.

Компенсаторные механизмы служат составной частью резервных сил организма. Обладая высокой эффективностью для развития устойчивых форм адаптационного процесса, они могут поддерживать относительно стабильный гомеостазис достаточно долго.

Одной из характерных защитных реакций организма является иммунитет, под которым понимается способность организма защищаться от генетически чужеродных тел и веществ. У человека иммунная система представлена группой органов (лимфатические узлы, вилочковая железа, селезенка, костный мозг) и специализированными клетками (микро- и макрофаги: Т и В - лимфоциты крови).

Для осуществления функций организма в целом необходима взаимосвязь и взаимозависимость функций составляющих его систем. Поэтому наряду с внутренними механизмами саморегуляции систем в организме должны существовать и внешние механизмы регуляции каждой из них, механизмы регуляции, соподчиняющие и координирующие их деятельность. Например, для реализации функции перемещения в пространстве необходимо изменение деятельности не только скелетных мышц, но и кровообращения, дыхания, обмена веществ и т.п. Эти механизмы реализуются сформировавшейся в процессе эволюции специализированной системой регуляции.

Функцией биологических систем, в том числе и организма в целом, называют их деятельность, направленную на сохранение целостности и свойств системы. Этой деятельности (функции)



свойственны определенные количественные и качественные характеристики (параметры), меняющиеся для приспособления к условиям среды. Приспособительные изменения параметров функции имеют определенные границы гомеостаза (постоянства внутренней среды), за пределами которых происходит нарушение свойств системы или даже ее распад и гибель.

Ткань — это сходные по строению клетки, выполняющие общие функции. Существует четыре типа тканей: эпителиальная — она образует покровы тела, железы и выстилает полости внутренних органов; соединительная — костная, хрящевая — обеспечивает опору органов; мышечная — образует скелетные мышцы и мышцы внутренних органов; нервная — образует массу головного, спинного мозга и нервов.

Группа тканей, выполняющих общую функцию, образует орган. А органы, совместно выполняющие общие функции в организме, образуют систему органов.

Все системы, благодаря которым работает целый организм, взаимосвязаны и зависят друг от друга.

В организме человека выделяют следующие системы органов:

Система органов движения - выполняет функции опоры и защиты органов от повреждения, перемещения тела и его частей в пространстве. В ее состав входят костная и мышечная системы. Кости, связки, суставы и фасции (суставные сумки) составляют пассивную часть опорно-двигательного аппарата, а мышцы, состоящие в основном из мышечной ткани, - активную.

2. Пищеварительная система - объединяет органы, при помощи которых организм осуществляет функцию пищеварения.

3. Дыхательная система включает органы дыхания, обеспечивающие обмен газов между организмом и окружающей средой.

Мочевыделительная система - это органы, осуществляющие выделение из организма конечных (отработанных) продуктов обмена веществ.

Половая система - объединяет органы размножения для продолжения рода и сохранения вида. Мочевая и половая системы тесно связаны между собой по развитию и строению, поэтому их часто объединяют в единую мочеполовую систему.

Сердечно-сосудистая система - объединяет сердце и сосуды (кровеносные и лимфатические), обеспечивающие циркуляцию крови по всему организму и снабжение крупных венозных сосудов.

Система органов чувств — воспринимает раздражения из



Физиология человека

внешней и внутренней среды; к ней относятся органы зрения, слуха, обоняния, вкуса, осязания (кожа).

Эндокринная система (система органов желез внутренней секреции) — осуществляет химическую связь и регуляцию всех процессов в организме.

Иммунная система - свойства живой системы отвечать (реагировать) на воздействие различных факторов внешней и внутренней среды.

Нервная система - объединяет все органы и системы в единый целостный организм, связанный с окружающей средой. Последнее время ученые все чаще стали выделять и признавать



ГЛАВА 3. ОБМЕН ВЕЩЕСТВ И ЭНЕРГИИ

Обмен веществ (метаболизм) - сложная совокупность поступления и превращения питательных веществ в организм, использования их в процессе ассимиляции и диссимиляции и выведении шлаков в окружающую среду.

Обмен веществ в клетках происходит в процессе биосинтеза жиров, белков, углеводов. При этом происходит всасывание питательных субстратов, необходимых для функционирования органов и систем организма и образования энергии.

Поступающие в организм продукты питания расщепляются в пищевом канале до более простых веществ и затем всасываются в кровь и лимфу. Далее они поступают в клетки, где происходит биосинтез белков, жиров и углеводов. Выведение шлаков (конечных продуктов обмена) происходит постоянно в процессе дыхания и выделения.

Организм как термодинамическая система обменивается с внешней средой веществами и энергией, которые накапливаются, осуществляя рост и жизнедеятельность всех систем организма. Накопление энергии происходит за счет ассимиляции (анаболизм), которая ответственна за формирование тканей, развитие и рост организма. Диссимиляция (катаболизм) — это процесс распада веществ с выделением энергии.

Пища является пластическим и энергетическим материалом. Белки, жиры и углеводы рассматриваются и как пластический, и как энергетический материал, витамины, соли и вода являются только пластическим материалом.

3.1. Обмен белков

Белки (протеины) расщепляются в пищеварительной системе до аминокислот. В организме они выполняют многочисленные функции: структурную - являются строительным материалом клеток, транспортную - перенос с кровью кислорода, гормональную, ферментативную - катализ протекания химических реакций, защитную - участие в иммунных процессах организма и др.

Основным показателем в нормальной потребности белка является азотистое равновесие (количество поступившего и организм азота соответствует количеству азота, выводимого с мочой). При увеличении содержания белка (содержание азота в нем составляет 16 %) в организме может наступить состояние, когда поступивший в организм азот превышает количество азота, выводимого с мочой, в таком случае говорят о положительном азоти-



стом балансе. Такие периоды, как рост организма, состояние после голода, при беременности, после большой физической нагрузки и после болезни, соответствуют данному состоянию. Когда поступившего в организм азота меньше выводимого, речь идет об отрицательном азотистом балансе. Такое состояние наблюдается при истощениях, в старости и при голодании.

Белковый минимум — количество белка в пище, при котором поддерживается азотистое равновесие. В условиях покоя он равен 40 г в сутки. Под белковым оптимумом понимается полное обеспечение с пищей белка, которое гарантирует высокую работоспособность и повышенный иммунный вариант защиты организма при экстремальных ситуациях. Он равен не менее 1 г на кг массы в сутки.

Количество белка животного происхождения, необходимое для нормального функционирования организма, должно быть 55-60% от общего количества белка.

Регуляцию обмена веществ осуществляют гормоны щитовидной железы. Инсулин, тестостерон и эстроген также стимулируют синтез белка в организме. Глюкокортикоиды усиливают распад белков и стимулируют синтез белка в печени. Высшим подкорковым центром регуляции обмена веществ является гипоталамус, который через систему гипоталамус—гипофиз — щитовидная железа регулирует белковый обмен.

3.2. Обмен жиров

Жиры, поступающие в организм с пищей, расщепляются в пищеварительном тракте до глицерина и жирных кислот. Затем они попадают в лимфу и кровь. Основные функции жиров: энергетическая (освобождение энергии при окислении), пластическая (входят в состав клеточных структур, гормонов, витаминов А и Д), защитная (предохраняют кожу от высыхания, переохлаждения и механического воздействия), депонирования (резерв энергии и воды). Известно, что при окислении 100 г жира образуется 110 г воды и освобождается 930 ккал энергии.

Потребность в жирах составляет около 110 г в сутки. Энергозатраты организма должны покрываться в 30% случаев за счет жиров. Организм человека имеет потребность как в растительных жирах, так и в жирах животного происхождения. Оптимальное соотношение: 70% животных жиров и 30% растительных. Недостаток жиров в организме грозит поражением кожи и волос, нарушаются функции органов и систем. Существует угроза развития атеросклеротических изменений сосудов при избыточном потреб-



лении жиров. Ожирение — это фактор риска сердечно-сосудистых заболеваний и их осложнений.

Адреналин, норадреналин, тироксин, гормон роста, глюкокортикоиды мобилизуют депонированный жир, особенно в период больших физических нагрузок. Высшим подкорковым центром регуляции жиров является гипоталамус, который оказывает влияние на гормональную функцию гипофиза, щитовидной, поджелудочной и половых желез, участвующих в жировом обмене в организме.

3.3. Обмен углеводов

Углеводы выполняют энергетическую и пластическую функции в организме. Они служат источником энергии для клеток мозга, мышц, покрывают энергетический расход организма за счет окисления. Сложные углеводы расщепляются в пищеварительном тракте до простых моносахаридов (глюкозы) и всасываются в кровь. Уровень содержания глюкозы в крови регулируется гормоном поджелудочной железы - инсулином. Если существует избыток сахара в крови с помощью инсулина он превращается в животный крахмал гликоген, запасы которого содержатся в депонированном состоянии в печени и мышцах. При недостатке инсулина происходит скопление глюкозы в крови, что грозит тяжелыми последствиями для организма в виде сахарного диабета. При данном заболевании введение инсулина является обязательным и спасительным актом.

Потребность организма в углеводах составляет около 400 г в утки. При больших физических нагрузках, когда возрастает энергетическая потребность в белках, жирах и углеводах углеводов требуется больше. Если углеводы поступают в недостаточном количестве, происходит снижение уровня глюкозы в крови. Это первые симптомы (чувство голода, снижение работоспособности, вялость) того, что организм нуждается в пополнении запасов углеводов, и если этого не происходит, может наступить гипогликемическая кома.

Как правило, с учетом возраста, специфики труда, антропометрических данных и климатических условий соотношение белков, жиров и углеводов в пищевом рационе 1:1,2:4 и более. При четырехразовом питании на завтрак приходится — 25%, второй завтрак — 15%, обед — 45% и ужин — 15% по количеству всех пищевых ингредиентов с учетом соотношения белков, жиров и углеводов. В табл. 3.1 представлены средние величины потребления питательных веществ в зависимости от возраста.



Таблица 3.1. Рекомендуемые средние величины потребления питательных веществ в зависимости от возраста

Возраст, лет	Белки, г/сут		Жиры, г/сут		Углеводы, г/сут (для женщин)
	Всего (для женщин)	В том числе животного происхождения (для женщин)	Всего (для женщин)	В том числе животного происхождения (для женщин)	
1-3	53	37	53	5	212
4-6	68	44	68	10	272
7-10	79	47	79	16	315
11-13	93 (85)	56 (51)	93 (85)	19(17)	370 (340)
14-17	100 (90)	60 (54)	100(20)	20(18)	400 (360)
60-74	69 (63)	38 (35)	77 (70)	–	333 (305)
75	60 (57)	33 (31)	67 (63)	-	290 (275)

Регуляции обмена углеводов способствует инсулин, который повышает проницаемость мембранных клеток для глюкозы, стимулируя синтез гликогена в печени и мышцах. Он же способствует синтезу жиров из углеводов, снижая содержание глюкозы в крови. Гормоны адреналин, норадреналин, тироксин и др., увеличивают содержание глюкозы в крови. Таким образом, за регуляцию обмена углеводов, а именно за процесс катаболизма, ответственна симпатическая, а за процесс анаболизма — парасимпатическая нервная система.

3.4. Обмен воды, минеральных веществ и витаминов

Масса человека на две трети состоит из воды и на 0,9% — из минеральных веществ. Вода содержится в лимфе, крови, тканевой жидкости и пищеварительных соках. Вода и минеральные вещества, хотя и не являются источником энергии для организма, обеспечивают постоянство внутренней среды и процесс жизнедеятельности.

Такие соли, как натрий хлор, играют значительную роль в поддержании кислотного равновесия крови. Суточная по-



требность составляет 10-12 г поваренной соли. Половина натрия, которую мы принимаем с пищей, выводится с мочой. Избыток депонируется в коже и подкожной жировой клетчатке.

Кальций и фосфор являются составляющими костной ткани. Недостаток этих веществ ощущается в детстве (рахит), при беременности и в старости (ломкость-хрупкость костей), поэтому в данные периоды необходимо увеличение поступления кальция с 1 г до 4-5 г в сутки. Фосфор участвует в окислительных процессах, например глюкозы. Потребность его в сутки колеблется от 1,5 до 2 г.

Калий содержится в цитоплазме клеток и формирует ее живой потенциал. Недостаток калия (гипокалиемия) приводит к нарушениям сократительных свойств сердечной мышцы. Суточная потребность его составляет 2-3 г. Основные микроэлементы (медь, железо, цинк, фтор, йод, бор, кобальт и др.), необходимые организму, поступают с пищей.

Для поддержания водного баланса ежедневно необходимо 2,5-3,0 л воды. При ее избытке усиливается нагрузка на сердце из-за увеличения объема циркулирующей крови. Усиливается потоотделение и мочеиспускание, происходит потеря солей и витаминов.

Витамины участвуют в различных химических реакциях, лежащих в основе обмена веществ. Содержание витаминов в организме обеспечивает нормальное функционирование всех систем, их недостаток ведет к развитию нарушений обмена веществ.

3.5. Обмен энергии при профессиональной деятельности

Процесс обмена веществ в организме происходит при превращении высокомолекулярных соединений в низкомолекулярные. Освобождающаяся при гидролизе углеводов, жиров и белков энергия используется для процессов, происходящих в организме, и отложения ее запасов. Часть энергии расходуется на сохранения тепла и зависит от характера обмена веществ, а также от температуры среды обитания, вида выполняемой деятельности. Только 40% энергии используется для химических связей (окисления), а 60% рассеивается при деятельности. При окислении 1 г белка в организме освобождается — 17,16 кДж, 1 г жира — 38,94 кДж и 1 г углеводов 17,16 кДж энергии. Эти величины характеризуют калорический коэффициент питательных веществ. Поэтому для сохранения энергетического баланса организм должен пополняться калорийными питательными веществами в нуж-



ном объеме для осуществления профессиональной деятельности человека.

Существует два вида оценки энергетического обмена при профессиональной деятельности. Основной обмен — это энергетические затраты в условиях покоя, 12-16 час после приема пищи, в положении лежа. Энергия основного обмена, таким образом, расходуется только на обеспечение жизнедеятельности организма и поддержания температуры тела. Он равен, как правило, 4,2 кДж на 1 кг массы тела. На основной обмен влияют нарушения пищевого достатка, температура среды, ответственные производственные работы и переживания. Величина основного обмена у мужчин (в процессе деятельности) составляет 1500-1700 ккал (до 7140 кДж), у женщин ниже примерно на 10-12% (табл. 3.2).

Рабочим обменом называют основной обмен и дополнительный расход энергии, с учетом различных неординарных ситуаций, обеспечивающий при этом нормальное функционирование организма. Тяжелый физический труд, эмоционально насыщенная деятельность, изменение температурных условий и другие факторы увеличивают (до 35%) расход энергии.

Таблица 3.2. Рекомендуемые величины калорийности пищи для людей в зависимости от вида профессиональной деятельности, возраста и пола (ккал в сутки)

Характер трудовой деятельности	Возраст (годы)	Мужчины	Женщины
Умственный труд, небольшая физическая нагрузка (педагоги, большинство врачей, диспетчеры, секретари и т.п.)	18-30	2800	2400
	30-40	2700	2300
	40-60	2550	2200
Легкий физический труд (работники сферы обслуживания, медсестры, агрономы)	18-30	3000	2550
	30-40	2900	2450
	40-60	2750	2350



Физиология человека

Среднетяжелый физический труд (станочники, слесари наладчики, продавцы продовольственных магазинов, водители транспорта, хирурги)	18-30	3200	2700
	30-40	3100	2600
	40-60	2950	2500
Тяжелый физический труд (с/х и строительные рабочие, работники нефтяной и газовой промышленности)	18-30	3700	3150
	30-40	3600	3050
	40-60	3450	2900
Очень тяжелый физический труд (шахтеры, грузчики, каменщики, сталевары)	18-30	4300	-
	30-40	4100	-
	40-60	3900	-

При тяжелом физическом труде с учетом, например, метеопараметров Арктического шельфа энерготраты увеличиваются в 5-6 раз. Марафонец, который пробегает 42 км 195 м примерно за 2,5 часа тратит энергии до 16000-18000 кДж, т.е. при сверхтяжелой нагрузке величина энергетических затрат в десятки раз превышает уровень основного обмена.

Как видно из таблицы, суточная потребность пищи строго дифференцирована и зависит от возраста, пола и характера профессиональной деятельности. Восполнение затраченной энергии (в ккал в сутки) зависит от калорийности и сбалансированности питания с большим содержанием количества воды, минеральных солей и витаминов.



ГЛАВА 4. ФИЗИОЛОГИЯ ОПОРНО-ДВИГАТЕЛЬНОГО АППАРАТА

4.1. Скелет человека

Скелет человека (др.-греч.σκελετος— «высушенный») — совокупность костей, пассивная часть опорно-двигательного аппарата. Служит опорой мягким тканям, точкой приложения мышц (рычажная система), вместилищем и защитой внутренних органов.

Скелет человека состоит из более чем 200 костей, соединенных между собой подвижными, неподвижными или полуподвижными швами. Кости состоят из 50% воды, 12,4% органических веществ, 15,7% жиров, 21,8% — хлористый натрий, известь, фосфора и др. В костях есть кровеносные сосуды, нервы и лимфатические сосуды. Кость за счет специальных клеток (остеобластов) способна к восстановлению разрушенной ткани. Например, при сложных открытых переломах, удлинении костей, рассчитывают на данный физиологический процесс. За весь период роста масса скелета увеличивается в 24 раза и, как правило, рост прекращается к 20 годам. Подвижные соединения костей называют суставами (бедренный, коленный, голеностопный и т.д.). Они соединены между собой связками и покрыты суставной сумкой, в которой находится суставная жидкость, выполняющая функции «смазки», питания и обеспечения скольжения сустава.

Суставы бывают трех видов: фиксированные, синовиальные и хрящевые. К фиксированным соединениям относятся кости черепа, голени и предплечья. Синовиальные — это подвижные суставы (в суставной сумке которых находится синовиальная жидкость). К ним относятся плечевой, тазобедренный и коленный суставы. Хрящевые суставы, которые располагаются между основаниями позвоночного столба, не только крепкие, но и весьма пластичные и гибкие. По движениям суставы различают как - вращательные (соединение черепа с позвоночником, локтевой сустав); блоковидные - работают на сгибание-разгибание (локтевой, коленный и между фалангами пальцев) и шаровидные - обладающие относительной свободой движения (плечевой и тазобедренный).

В течение жизни скелет постоянно претерпевает изменения. Во время внутриутробного развития хрящевой скелет плода постепенно замещается костным. Этот процесс продолжается также и в течение нескольких лет после рождения. У новорож-



дённного ребенка в скелете почти 270 костей, что намного больше чем у взрослого. Такое различие возникло из-за того, что детский скелет содержит большое количество мелких косточек, которые срастаются в крупные кости только к определённому возрасту. Это, например, кости черепа, таза и позвоночника. Крестцовые позвонки, например, срастаются в единую кость (крестец) только в возрасте 18-25 лет.

Скелет включает длинные кости, работающие как рычаги, плоские - выполняющие защитную функцию, короткие и массивные - удерживающие массу тела. У скелета две основные части - осевой и добавочный. Осевой скелет представлен центральной частью, куда входят скелет черепа, позвоночника и грудной клетки. Добавочный - это кости конечностей и их поясов.

Череп человека состоит из 29 костей, которые образуют структуру в виде купола, защищающего головной мозг.

Мозговой отдел черепа образован парными теменными, височными, клиновидными и непарными - лобной и затылочной - костями. Через отверстие височной кости (слуховой проход) проходят ветви от органа слуха в центральный анализатор слуха, а через затылочную кость (большое затылочное отверстие) проходит позвоночный канал. Черепно-мозговые нервы и многочисленные кровеносные сосуды пронизывают основания черепа через специальные отверстия.

Лицевой отдел состоит из 14 костей - глазные, носовые, скуловые, верхнечелюстная, нижнечелюстная. Нижнечелюстная наиболее крепкая, сильная кость обладает высокой подвижностью (вверх-вниз, из стороны в сторону). В ячейках нижней и верхнечелюстной кости расположены корни зубов. Они определяют форму лица и челюсти. Кроме этого, 6 самых маленьких косточек находятся во внутреннем ухе и одна у основания языка (рис. 4.1).

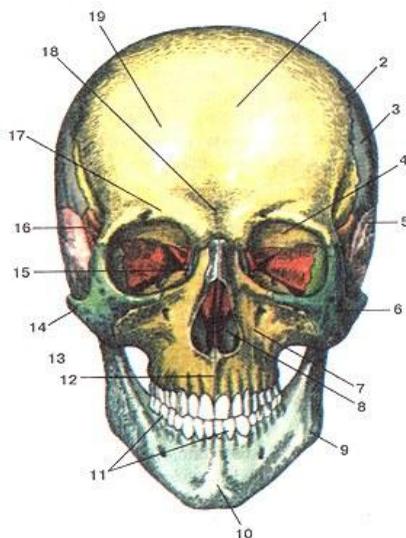


Рис. 4.1. Кости черепа человека.

- 1-лобная кость;
- 2-венечный шов;
- 3-теменная кость;



- 4-глазница;
- 5-чешуя височной кости;
- 6-скуловая кость;
- 7-верхняя челюсть;
- 8-фушевидное отверстие;
- 9-нижняя челюсть;
- 10-подбородочная буфистость; 11-зубы нижней челюсти;
- 12-межверхнечелюстной шов;
- 13-носовая кость;
- 14-скуловая дуга;
- 15-слезная кость;
- 16-большое крыло клиновидной кости;
- 17-надбровная дуга;
- 18-глабелла (надпереносье);
- 19-лобный бугор.

Позвоночник, или позвоночный столб человека состоит из 33-34 позвонков. Каждый позвонок состоит из тела и дуги, которые ограничивают позвоночное отверстие, а также отростков – остистого, поперечных и суставных. Вместе отверстия позвонков формируют позвоночный канал, являющийся вместилищем спинного мозга. Упругие хрящевые прослойки между позвонками – межпозвоночные диски - выполняют функцию амортизаторов и обеспечивают гибкость позвоночника. Внутри позвонка в позвоночном канале расположен спинной мозг. Длина позвоночного столба у мужчин в среднем составляет 70-73 см (40% от роста), у женщин - 35% от роста.

В связи с прямохождением, позвоночный столб у человека имеет анатомические S-образные изгибы: 2 выпуклой кривизной вперед (шейный и поясничный лордозы) и 2 – назад (грудной и крестцово-копчиковый кифозы).

Это помогает поддерживать вес тела в вертикальном положении, и смягчает (пружинит) при ходьбе.

Позвоночный столб имеет 5 отделов:

1) шейный, состоящий у всех млекопитающих из 7 позвонков, поддерживающих голову, и создающий дополнительную опору для плеч и рук;

2) грудной - 12 позвонков, поддерживающих верхнюю часть спины; являющихся основой грудной клетки. Грудная клетка образована 12-ю парами ребер, сзади сочленяющихся с грудным отделом позвоночника, а спереди – с грудиной. Причем только первые 7 пар (истинные ребра) соединены непосредственно с грудиной, 8-10 пара прикреплены к хрящам других ребер (лож-



ные ребра), а 11 и 12 (блуждающие ребра) свободно оканчиваются в мягких тканях. Данное сочленение защищает легкие, сердце, приподнимая грудную клетку при вдохе и опуская ее при выдохе;

3) поясничный отдел состоит из 5 позвонков, являющихся наиболее массивными и обеспечивающими поддержание нижней части спины,

4) крестцовый - состоит из 5 сросшихся позвонков, поддерживающих весь верхний нес;

5) копчиковый отдел, входящий в структуру крестцового, представлен 4-5-ю сросшимися позвонками в так называемой «копчик».

Пояс верхних конечностей (плечевой пояс) образуют 2 ключицы S-образной формы и 2 лопатки треугольной формы. Ключица одним концом прикреплена к лопатке, другим – к груди-не и выполняет роль распорки, отодвигая плечевой сустав от грудной клетки.

На лопатке имеется суставная поверхность, которая вместе с плечевой костью образует шаровидный плечевой сустав.

Свободные конечности человека имеют ту же общую схему строения, что и конечности других позвоночных. Скелет верхней конечности состоит из костей плеча, предплечья и кисти. Пред-плечье состоит из 2 костей - лучевой и локтевой. Далее идут кости запястья, пясти и фаланги пальцев. Основу кисти составляют 27 костей:

кости пясти, образующие ладонь руки – их 5,

кости запястья -их 8;

кости фаланг пальцев - их 14. Самый подвижный - большой палец, на него ложатся основные функции, он сильнее, в сравнении с другими пальцами кисти и только у человека отстоит от остальных костей ладони на 90 °.

Пояс нижних конечностей (тазовый пояс) формирован 3-мя парными костями – подвздошной, лобковой и седалищной, кото-рые сращены между собой и образуют 2 тазовые кости, прочно соединенные с крестцом. В вертлужную впадину тазовой кости входит головка бедренной кости.



Скелет нижней конечности состоит из бедренной кости, ниже коленного сустава с надколенником находятся большая и малая берцовые кости, далее кости предплюсны, плюсны и фаланг пальцев. Кости стопы, состоящие из 26 костей, выполняют главную для человека функцию — поддержание тела в вертикальном положении и ходьбе. Помощь в этом оказывают 33 сустава стопы и более 100 связок. В связи с прямохождением у человека кости предплюсны и плюсны формируют своды стопы (продольный и поперечный) и обеспечивают стопе упругость и амортизацию (рис. 4.2).

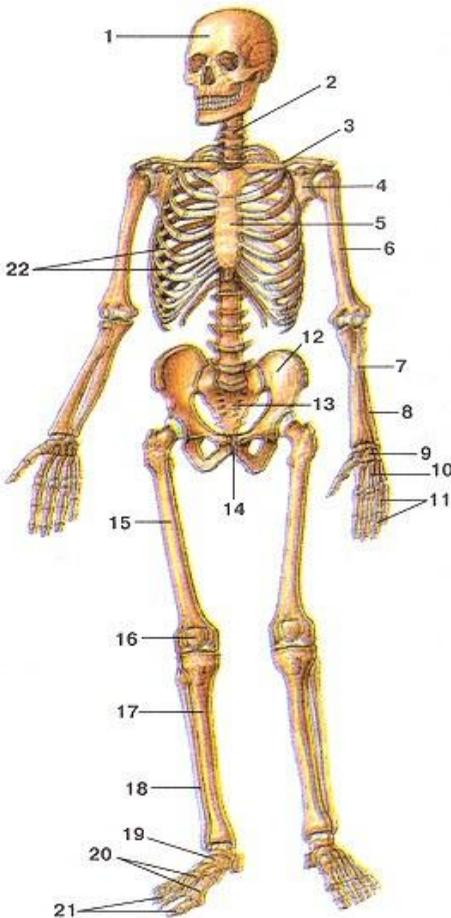


Рис. 4.2. Скелет человека. Вид спереди.

1-череп;

2-позвоночный столб;

3-ключица;

4-лопатка;

5-грудина;

6-плечевая кость;

7-лучевая кость;

8-локтевая кость;

9-кости запястья;

10-кости пясти;

11-фаланги пальцев кисти;

12-тазовая кость;

13-крестец;

14-лобковый симфиз;

15-бедренная кость;

16-надколенник;

17-большеберцовая кость;

18-малоберцовая кость;

19-кости предплюсны;

20-кости плюсны;

21-фаланги пальцев стопы;



22-ребра (грудная клетка).

Непосредственно к скелету не относятся 6 особых косточек (по три с каждой стороны), расположенных в среднем ухе (молоток, наковальня и стремечко); слуховые косточки соединяются только друг с другом и участвуют в работе органа слуха, осуществляя передачу колебаний от барабанной перепонки во внутреннее ухо.

Подъязычная кость — единственная косточка непосредственно не связанная с другими,— топографически находится на шее, но традиционно относится к костям лицевого отдела черепа. Она подвешена мышцами к костям черепа и соединена с гортанью.

Самая длинная кость скелета — бедренная кость, а самая маленькая — стремечко в среднем ухе.

Трубчатые кости состоят из удлинённой цилиндрической части - диафиза, на концах которой располагаются шарообразные головки – эпифизы. Диафиз состоит из компактного костного вещества, а эпифизы – из губчатого. В губчатом костном веществе содержится красный костный мозг основной орган кроветворения. В нем находятся клетки, из которых образуются форменные элементы крови. Полые трубки диафиза заполнены желтым костным мозгом.

Поверхность кости покрыта надкостницей, в которой проходят кровеносные и лимфатические сосуды, нервные волокна. Рост кости в толщину осуществляется за счет деятельности клеточных элементов надкостницы.

В длину кость растет благодаря наличию между эпифизами и диафизом слоя хрящевой ткани (эпифизарного хряща) который функционирует примерно до 23 лет, а потом замещается костной тканью.

4.2. Мышечная система

Мышцы - это органы тела, состоящие из мышечной ткани, способной сокращаться под влиянием нервных импульсов. Они являются активным элементом опорно-двигательной системы.

Общее число мышц около 600, доля их от массы тела человека составляет в среднем около 30%

Мышцы состоят из пучков поперечнополосатых мышечных волокон, покрыты соединительной тканью и прикрепляются к кости с помощью сухожилий. Каждая мышца снабжена кровеносными сосудами и нервами.

Существует три типа мышц — скелетные, гладкие и сердеч-



ные. Скелетные (поперечнополосатые) — состоят из волокон, собранных в пучки. Внутри этих пучков проходят белковые нити, и благодаря физико-химическим процессам мышцы способны к сокращениям.

Гладкие мышцы образуют стенки внутренних органов (кишечник, желудок, кровеносные сосуды, мочевой пузырь). Они работают автоматически, и сокращение их медленное.

Сердечная мышца образует стенки сердца. Состоит, как и скелетная, из переплетающихся волокон. Благодаря данной специфической особенности она быстро сокращается.

По расположению мышцы подразделяют на следующие группы (рис. 4.3):

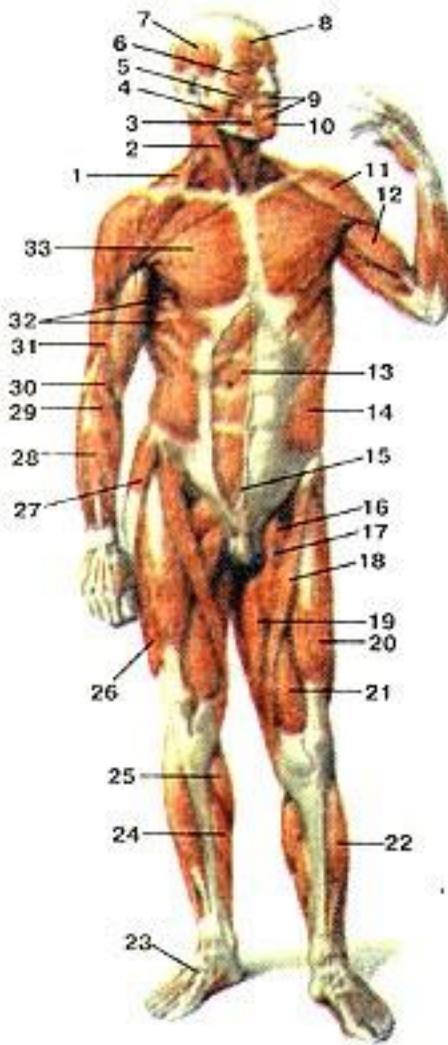
- мышцы головы: жевательные, (жевательная мышца, височная мышца);
- мимические (мышца, сморщивающая бровь, щечная, мышца смеха;
- мышцы шеи – грудино-ключично-сосцевидная;
- мышцы туловища:
 - мышцы спины – поверхностные – трапециевидная, широчайшая; глубокие – мышца, выпрямляющая позвоночник;
 - мышцы груди : поверхностные – большая и малая грудные мышцы, глубокие - наружные и внутренние межреберные;
 - мышцы живота: прямая мышца живота, наружная и внутренняя косые мышцы живота;
 - мышцы конечностей: дельтовидная, двуглавая мышца плеча (бицепс), трехглавая мышца плеча (трицепс), портняжная мышца, четырехглавая мышца бедра (квадрицепс) и др.

Рис. 4.3. Мышцы передней поверхности тела человека.

1 -трапециевидная мышца;



2-грудино-ключично-сосцевидная;



- 3-мышца. опускающая угол рта;
- 4-жевательная мышца;
- 5-большая скуловая мышца;
- 6-круговая мышца глаза;
- 7-височная мышца;
- 8- надчерепная мышца;
- 9-круговая мышца рта;
- 10-мышца, опускающая нижнюю губу;
- 11-дельтовидная мышца,
- 12-двуглавая мышца плеча;
- 13-прямая мышца живота;
- 14-наружная косая мышца живота;
- 15-пирамидальная мышца;
- 16-гребенчатая мышца;
- 17-длинная приводящая мышца бедра;
- 18-портняжная мышца;
- 19-большая приводящая мышца бедра;
- 20-прямая мышца бедра;
- 21-медиальная широкая мышца бедра;
- 22-передняя большеберцовая мышца;
- 23-сухожилия длинной мышцы, разгибающей пальцы стопы;
- 24-камбаловидная мышца;
- 25-икроножная мышца;
- 26-латеральная широкая мышца бедра;
- 27-мышца, напрягающая ши-

рокую фасцию бедра;

- 28-мышца, разгибающая пальцы кисти;
- 29-длинная лучевая мышца, разгибающая запястье;
- 30-плече-лучевая мышца;
- 31-плечевая мышца;
- 32-передняя зубчатая мышца



Функции мышц человека разнообразны. Они обеспечивают перемещение тела в пространстве, защищают внутренние органы, удерживают тело в вертикальном положении, снабжают кровью (с помощью сосудов) и питательными веществами мышечные волокна и суставы, «выводят» продукты расщепления, сохраняют образовавшееся тепло и т.д.

Так, функции челюстной мышцы — жевания, трапецевидной — поддержка головы сзади, дельтовидной — подъем руки, трехглавой (трицепс) — сгибание руки, двухглавой (бицепс) — сгибание руки, мышц спины — поддержка спины, межреберных мышц — движение ребер (акт вдоха и выдоха), ягодичной — движение при подъеме, бедренной — выпрямление ноги, икроножной — движение при ходьбе.

В любом движении принимают участие группы противоположно действующих (антагонисты) мышц сгибателей и разгибателей. Например, при сгибании в суставе мышцы-сгибатели находятся в сокращенном состоянии, а разгибатели — в расслабленном. Данная согласованность — это чередование физиологических процессов возбуждения и торможения, происходящих в спинном мозге, хотя мышцы могут одновременно быть и в расслабленном состоянии (в покое), или при удержании на весу предмета рукой, когда и сгибатели, и разгибатели находятся в стадии сокращения.

4.3. Физиология мышечной деятельности

Двигательный акт человека осуществляется при возбуждении и сократительной деятельности скелетных мышц. При этом в мышечных волокнах, из которых состоит мышца, происходят физико-химические изменения специфических ферментов, белков (миозина, актина, тропомиозина и тропина). Предварительно в ткань поступают нервные импульсы из ЦНС. Сокращение и расслабление мышц происходит за счет химической энергии, освобождающейся при расщеплении богатых энергией органических веществ с активным участием аденозинтрифосфорной кислоты (АТФ).

Для восстановления затраченной АТФ, а значит и энергии, нужны белки, жиры и углеводы, которые поступают с пищей в желудочно-кишечный тракт, расщепляются до глюкозы, поступают в кровь и лимфу. В результате биохимических превращений образуется АТФ, которая, находясь в клетках, используется при сокращении мышц, участвуя в различных двигательных актах.

После физической работы организм «требует» восполнения



затраченной энергии путем приема пищи. Отсюда и большая потребность в белках, жирах, углеводах и питьевой воде у лиц, испытывающих большие физические нагрузки или пребывающих в экстремальных климатических условиях, особенно связанных с воздействием холода.

При аэробном окислении глюкозы и жирных кислот в процессе длительной работы (например, вынужденная рабочая поза при работе с ПЭВМ) в организме накапливаются недоокисленные продукты (молочная кислота) — создается кислородная задолженность. Включаются компенсаторные системы организма, но появляется одышка, повышается артериальное давление, тахикардия и, как следствие, физиологическое утомление. У тренированных людей (спортсмены, космонавты, подводники, спасатели) мобилизуются резервные пути кровообращения и дыхания и наступает так называемое «второе дыхание» — своеобразный физиологический прорыв сил, энергии и психологической мобилизации. У ослабленных людей происходят различные дисфункции в позвоночнике, суставах, вызывающие развитие различных заболеваний (остеохондроз, атеросклеротические изменения, болевые синдромы и др.).

При длительной физической нагрузке в зависимости от особенностей энергетического обеспечения (аэробное и анаэробное) и необходимого отдыха на восстановление постепенно в организме происходит снижение работоспособности мышц. Временное снижение работоспособности мышц носит название утомления. При ритмической работе утомление наступает позднее, так как своеобразная пауза дает возможность частичному восстановлению. Чем больше нагрузка, тем скорее наступает утомление. Утомление мышц и влияние на их работоспособность ритма сокращений и величины нагрузки были обоснованы академиком И.М. Сеченовым, который доказал, что наиболее производительной считается физическая нагрузка выполнения по средним величинам и ритмам, свойственным данному человеку. Активный отдых, т.е. смена одной деятельности другой, является наиболее благоприятным фактором снятия усложнения.

Мышцы, выстилающие внутренние органы, носят название гладких и в отличие от поперечнополосатых (скелетных) сокращаются произвольно, обладая рядом физиологических свойств: а) пластичностью (способностью сохранять измененную форму) - например, поддерживая давление в мочевом пузыре, но до определенного предела; б) высокой чувствительностью к химическим агентам (реакция внутренних органов и артериальных сосудов



Физиология человека

при воздействии гормонов и медиаторов нервной системы); в) автоматизмом висцеральных мышц, например, при ритмическом сокращении желудка и протоков желез внутренней секреции. По сократительной способности гладкие мышцы намного «быстрее», чем поперечнополосатые.



ГЛАВА 5. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В СЕРДЕЧНО-СОСУДИСТОЙ СИСТЕМЕ

5.1. Состав и функции крови

Сердечно-сосудистая система (ССС) — система органов, которые обеспечивают циркуляцию крови по организму человека.

В состав сердечно-сосудистой системы входят кровеносные сосуды и главный орган кровообращения — сердце.

Основной функцией сердечно-сосудистой системы человека является распространение по организму крови, содержащей питательные и биологически активные вещества, газы, продукты метаболизма.

Кровь состоит из плазмы и взвешенных в ней форменных элементов: эритроцитов (красных кровяных телец), лейкоцитов (белых кровяных телец) и тромбоцитов (красных пластинок). Объем крови у взрослого человека в среднем составляет 4-6 л.

Плазма крови на 90-91 % состоит из воды, 6-8 % составляют белки и около 2 % - различные низкомолекулярные вещества (электролиты, глюкоза, мочевины и др.). Плазмой переносятся питательные вещества, витамины и микроэлементы, продукты промежуточного обмена (молочная, пировиноградная кислоты), гормоны, ферменты, различные шлаки (аммиак, мочевая кислота).

Электролитный состав плазмы представлен катионами Ca^{2+} , K^+ , Na^+ , Mg^{2+} , анионами SO_4^{2-} , Cl^- , HCO_3^- , HPO_4^{2-} и остатками органических кислот. Электролиты создают осмотическое давление крови и являются компонентами буферных систем, участвуя в поддержании постоянного pH крови.

Белки крови выполняют ряд важных функций:

- трофическую – служат источником аминокислот;
- транспортную;
- биферную;

-защитную – являются факторами иммунитета, участвуют в свертывании крови.

Они также обеспечивают вязкость крови, что имеет важное значение в поддержании артериального давления; обуславливают осмотическое давление, определяющее уровень обмена жидкостью между кровью и тканями.

Белки разделяются на ряд фракций – это альбумины, глобулины и фибриноген.



Альбумины выполняют, в основном, функции переносчиков многих веществ, транспортируемых кровью. В состав глобулинов входят белки, являющиеся переносчиками липидов (жиров) и полисахаридов, циркулирующих в крови. Гамма-глобулины осуществляют защитные реакции организма.

Фибриноген участвует в процессах свертывания крови. Он представляет собой растворимый предшественник фибрина, выпадающего в осадок с образованием сгустка крови.

Эритроциты – самые многочисленные клетки крови. У мужчин в среднем их содержится 5,1 млн, у женщин – 4,5 млн в 1 мкл. Они образуются в костном мозге плоских костей. Эритроциты не содержат ядер, а по форме представляют собой двояковогнутый диск, что увеличивает величину их поверхности и обратной деформации, что способствует выполнению ими функции транспорта дыхательных газов. Пластичность и отсутствие ядра позволяет им проходить через узкие изогнутые капилляры, диаметр которых меньше поперечника эритроцитов.

Основной частью состава эритроцитов является гемоглобин – дыхательный пигмент, способный связывать кислород в капиллярах легких и освобождать его в капиллярах тканей. Гемоглобин состоит из белка глобина и 4 молекул гема, в состав которого входят атомы железа, которые могут присоединять и отдавать молекулы кислорода. Гемоглобин участвует в транспорте CO_2 от клеток тканей, где он образуется в процессе метаболизма, к легким.

При проведении лабораторных исследований физико-химических свойств крови измеряют СОЭ – скорость оседания эритроцитов. Если лишить кровь способности свертываться путем добавления антикоагулянтов, то вследствие большого удельного веса эритроцитов по сравнению с плазмой они медленно оседают на дно. Скорость этой реакции зависит от содержания белков в плазме. СОЭ резко повышается при повышении в крови фибриногена и глобулинов, что часто наблюдается при развитии воспалительных процессов. СОЭ повышается также при уменьшении числа эритроцитов.

Лейкоциты образуются в костном мозге, часть лейкоцитов – лимфоциты образуются в лимфатических узлах, миндалинах, селезенке, аппендиксе. В отличие от эритроцитов, число которых в крови относительно постоянно, количество лейкоцитов подвержено колебаниям. В зависимости от времени суток и функционального состояния оно может быть в пределах 4000-10000 на 1 мкл.



Все виды лейкоцитов имеют способность:

- к амёбoidному движению, благодаря которому могут мигрировать через стенки кровеносных сосудов и выходить в межклеточные пространства; в организме около 50 % лейкоцитов находится за пределами сосудистого русла;

- к фагоцитозу. Обладая положительным хемотаксисом по отношению к разного рода инородным агентам, токсинам и продуктам распада клеток лейкоцитов участвуют в обеспечении иммунной реакции организма, обволакивая и разрушая инородные тела.

Тромбоциты – плоские безъядерные образования неправильной формы, подвижны. Образуются в костном мозге. Их основная роль связана с участием в процессах остановки кровотечения и иммунных реакциях организма. Последние обеспечиваются благодаря способности тромбоцитов образовывать псевдоподии и фагоцитировать инородные тела и вирусы.

5.2. Физиология кровообращения

Все основные функции крови реализуются благодаря ее постоянной циркуляции в организме по системе кровообращения, которая состоит из нагнетательного органа – сердца, выполняющего функции насоса, и сосудов, доставляющих кровь к различным органам и тканям (рис. 5.1).

Кровеносная система представлена большим и малым кругами кровообращения.

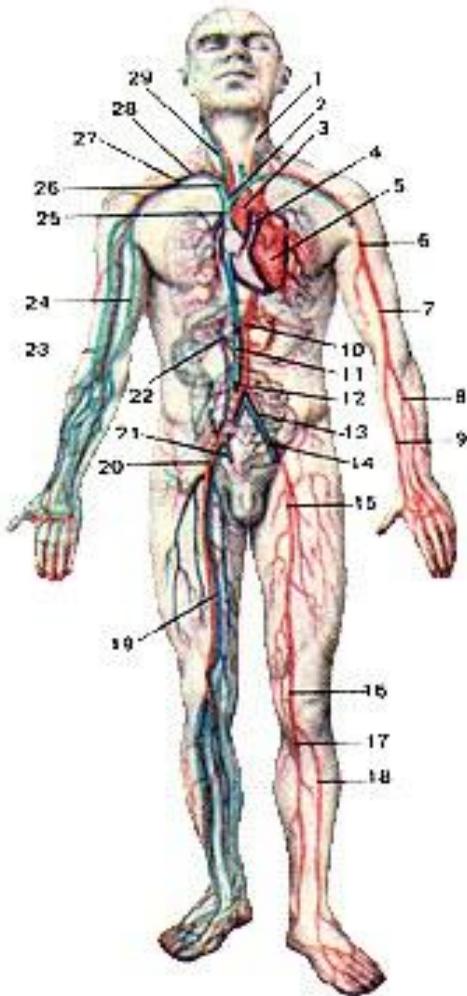
Большой круг начинается с левого желудочка сердца, из которого кровь выбрасывается в аорту, распадающуюся на артерии. Артерии делятся, образуя более мелкие сосуды – артериолы. Из них кровь поступает в капилляры всех органов и тканей, обогащается углекислым газом, собирается в венулы, затем в вены и притекает к правому предсердию, через верхнюю и нижнюю полые вены.

Отсюда кровь попадает в правый желудочек, с которого начинается малый круг кровообращения. Из правого желудочка кровь поступает в легочную артерию и далее в легочные артериолы и капилляры. Здесь она отдает углекислый газ и насыщается кислородом. По легочным капиллярам, венулам и венам кровь вновь попадает в сердце (левое предсердие, затем в левый желудочек) и снова в большой круг кровообращения.

Рис. 5.1 Кровеносная система человека. вид спереди.



1-общая сонная артерия; 2-левая плечеголовная вена; 3- дуга аорты; 4-легочный ствол; 5-сердце; 6- подмышечная артерия; 7-плечевая артерия; 8- локтевая артерия; 9- лучевая артерия; 10- брюшная часть аорты; 11-нижняя полая вена; 12-бифуркация аорты; 13-общая подвздошная артерия; 14-общая подвздошная вена; 15-бедренная артерия; 16-подколенная вена; 17-задняя большеберцовая артерия; 18-передняя большеберцовая артерия; 19-бедренная вена; 20-наружная подвздошная артерия; 21-внутренняя подвздошная вена; 22-воротная вена (печени); 23-латеральная подкожная вена руки; 24-медиальная подкожная вена руки; 25-верхняя полая вена; 26-правая плечеголовная вена; 27-подключичная вена; 28-подключичная артерия; 29-внутренняя яремная вена.



Таким образом, кровь по артериям доставляется к органам, а по венам оттекает от них. Исключением является печень, которая помимо артериальной крови, поступающей по печеночной артерии, получает и венозную из воротной вены. Воротная вена



печени берет начало от капиллярных сетей кишечника. селезенки и поджелудочной железы и вновь распадается на капилляры в ткани печени. Печень осуществляет барьерную функцию, предотвращая интоксикацию организма вредными веществами, попадающими в кровь через капилляры пищеварительной системы.

5.3. Сердце и его физиологические функции

Центральный элемент системы кровообращения — сердце — полый мышечный орган, способный к ритмическим сокращениям, обеспечивающим непрерывное движение крови внутри сосудов. Сердце человека состоит из двух полностью разделённых половин, в каждой из которых выделяется желудочек и предсердие (рис. 5.2). Правая половина сердца полностью отделена от левой.

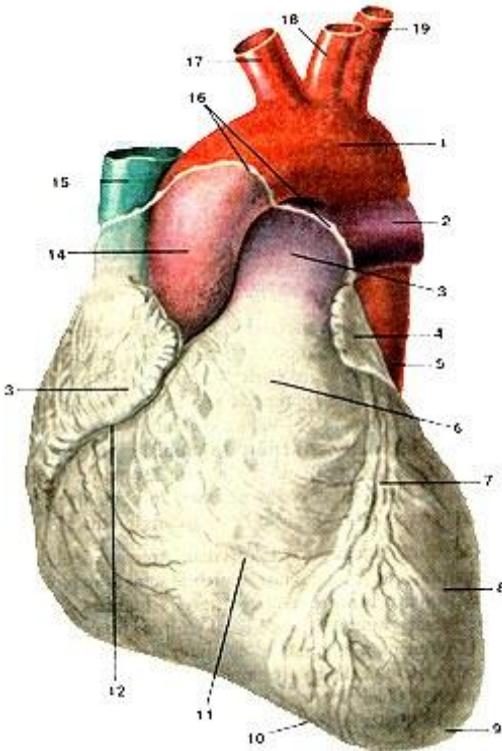


Рис. 5.2.
Сердце. Вид спереди.

1-дуга аорты;
2-левая легочная артерия;
3-легочный ствол;
4-левое ушко;
5-нисходящая часть аорты;

6-артериальный конус;
7-передняя межжелудочковая борозда;

8-левый желудочек;

9-верхушка сердца;

10-вырезка верхушки сердца;

11-правый желудочек;

12-венечная борозда; 13-правое ушко;

часть аорты;

14-восходящая

15-верхняя

16-место

перехода

перикарда

в

эпикард;



17-плечеголовной ствол;

18-левая общая сонная артерия;

19-левая подключичная артерия.

Стенка сердца состоит из 3 оболочек. Внутренняя оболочка – эндокард – выстилает полость органа. Она образована главным образом соединительной тканью, покрытой эндотелием.

Средняя оболочка – миокард – представляет собой мускулатуру сердца. Миокард левого желудочка более развит, чем миокард правого, т.к. для движения крови по большому кругу кровообращения требуется больше усилий, чем по малому.

Наружная оболочка – эпикард – состоит из соединительной ткани. У основания сердца эпикард загибается и переходит в перикард, образуя околосердечную сумку. Пространство между эпикардом и перикардом заполнено жидкостью, уменьшающей трение стенок сердца во время его работы.

Однонаправленное движение крови от предсердий к желудочкам обеспечивается благодаря наличию между ними атриовентрикулярных клапанов. Левое предсердие отделено от левого желудочка двустворчатым (митральным) клапаном, правое предсердие от правого желудочка – трехстворчатым.

При сокращении предсердий кровь через открытые клапаны попадает в желудочки. При сокращении желудочков клапаны захлопываются, предотвращая обратный ток. Для того, чтобы клапаны не выворачивались под давлением крови, они соединены с мышцами стенок желудочков сухожильными нитями. На выходе из сердца у основания аорты и легочной артерии расположены полулунные клапаны, каждый из которых представляет собой 3 соединительнотканых кармана, окружающих устье сосуда.

Во время расслабления желудочков кровь из артериальных сосудов устремляется в обратном направлении, и клапаны смыкаются. Это препятствует возвращению крови в сердце.

Ритмическое сокращение (систола) и расслабление (диастола) сердечной мышцы обеспечивают безостановочное движение крови по сосудам. Период, включающий 1 сокращение и 1 последующее расслабление называют сердечным циклом. Он длится около 0,8 с и состоит из последовательных событий. Принято выделять 3 фазы сердечного цикла:

-систоле предсердий – около 0,1 с;

-систоле желудочков – 0,4 с;

-общую паузу – 0,8 с.

Систола предсердий длится около 0,1 с. В это время кровь через открытые атриовентрикулярные клапаны свободно посту-



пает в расслабленные желудочки. По окончании систолы предсердий начинается систола желудочков, длящаяся около 0,4 с. Под напором крови атриовентрикулярные клапаны захлопываются. Когда давление желудочков начинает превышать давление в аорте, кровь изгоняется из сердца. Затем желудочки расслабляются, давление в них снова падает, полулунные клапаны закрываются.

Во время диастолы предсердия наполняются кровью, которая пассивно начинает притекать в желудочки. Потом следует новое сокращение предсердий, и цикл повторяется.

Способность сердца сокращаться без всяких воздействий извне под влиянием возбуждения, возникающего в самом сердце, называется автоматией. У всех позвоночных животных она имеет миогенную природу, связанную с наличием в миокарде видоизмененных мышечных волокон, осуществляющих спонтанную генерацию ритмических электрических импульсов. Такие участки носят название водителей ритма или пейсмекеров. В сердце человека их несколько.

Кроме того, регуляция работы сердца осуществляется нервной системой (нервная регуляция) и при помощи биологически активных веществ (гуморальная регуляция). Нервная регуляция осуществляется через волокна симпатической и пара симпатической нервной системы.

При раздражении симпатических нервов (их центры, регулирующие работу сердца находятся в верхних грудных сегментах спинного мозга) наблюдается усиление работы миокарда – усиливается сила и частота сокращений, повышается возбудимость сердечной мышцы. Раздражение блуждающего нерва (его ядра расположены в продолговатом мозге) оказывает противоположный эффект.

Нервные влияния на сердечную мышцу опосредуются особыми веществами – медиаторами, которые и вызывают усиление или торможение деятельности сердца. В окончаниях симпатических нервов выделяется норадреналин, в окончаниях блуждающего нерва – ацетилхолин. Поскольку норадреналин разрушается значительно медленнее, чем ацетилхолин, эффект симпатической нервной системы несколько дольше и продолжается еще некоторое время после окончания действия раздражителя. Вообще же симпатические влияния используются для мобилизации организма в экстренных случаях, в то время как в норме регуляция деятельности сердца осуществляется парасимпатической нервной системой.



Ряд биологически активных веществ, выделяющихся в кровь осуществляют гуморальную регуляцию. Стимулирующий эффект оказывают:

- адреналин (выделяется корой надпочечников);
- глюкагон (гормон поджелудочной железы);
- тироксин (гормон щитовидной железы);
- ионы Ca^{2+} .

Ацетилхолин и ионы K^+ угнетают деятельность сердца.

Сосуды представляют собой систему полых эластичных трубок различного строения, диаметра и механических свойств, заполненных кровью. В общем случае в зависимости от направления движения крови сосуды делятся на: артерии, по которым кровь отводится от сердца и поступает к органам, и вены — сосуды, кровь в которых течёт по направлению к сердцу.

По мере удаления от сердца сосуды веерообразно разделяются на всё более мелкие, образуя в итоге артериолы. Между артериями и венами находится микроциркуляторное русло, формирующее периферическую часть сердечно-сосудистой системы. Микроциркуляторное русло представляет систему мелких сосудов, включающую артериолы, капилляры, венулы, а также артериоло-венулярные анастомозы. Именно здесь происходят процессы обмена между кровью и тканями. Далее, приближаясь к сердцу, вены вновь сливаются, образуя более крупные сосуды.

Стенки артерий состоят из 3 слоев:

- внутреннего, представленного 1 слоем плоских эндотелиальных клеток;
- среднего, в состав которого входят эластические волокна и гладкая мускулатура;
- наружного, состоящего из соединительной ткани, главным компонентом которой является коллаген.

Благодаря наличию эластических волокон в стенках, артерии и артериолы обладают растяжимостью. Во время систолического выброса крови в аорту ее стенки растягиваются под напором жидкости. В этой части создается область с повышенным давлением, затем этот участок возвращается в исходное состояние, а следующий за ним расширяется и заполняется кровью. Таким образом распространяется волна колебаний стенок артерий и артериол, обусловленная повышением давления во время систолы. Она называется пульсовой волной, ее без труда можно обнаружить, прощупывая доступные артерии, например, сонную или лучевую (в области запястья).

При исследовании пульса специальными датчиками оцени-



вают его параметры:

- частоту,
- ритмичность (ритмичный или аритмичный);
- амплитуду;
- крутизну нарастания пульсовой волны.

Эластические свойства артериальных сосудов обеспечивают превращение в периферических артериях пульсирующего кровотока в непрерывный.

Давление в артериальной системе во время сердечного цикла колеблется около некоторой средней величины, принимая максимальное значение во время систолы (систолическое давление) и снижается во время диастолы (диастолическое давление). Измерение давления в артериях производится при помощи аппарата, представляющего собой резиновую манжету и грушу для нагнетания воздуха, соединенную с манометром.

В норме у человека систолическое давление в плечевой артерии составляет 100-120 мм рт. ст, а диасистолическое - 70-80 мм рт.ст. Разница между систолическим и диасистолическим давлением называется пульсовым давлением.

Давление крови в артериях может колебаться благодаря изменениям просвета сосудов в результате сокращения гладкой мускулатуры их стенок, иннервация которой осуществляется симпатической нервной системой. Чем дальше от сердца расположена артерия, тем больше гладкомышечных волокон находится в ее стенках. Основное сопротивление кровотоку оказывают артериолы. Изменяя величину просвета, они выполняют две основные функции: регулируют уровень артериального давления и обеспечивают необходимую величину снабжения кровью капилляров органов и тканей.

Капилляры представляют собой тончайшие сосуды, состоящие из одного слоя эндотелиальных клеток. Скорость движения крови в капиллярах низка, что способствует протеканию обмена веществ между кровью и тканевой жидкостью благодаря диффузии, фильтрации и реабсорбции.

Мельчайшие поры клеток стенок капилляров делают его проницаемым для воды и низкомолекулярных соединений, таких как глюкоза, минеральные соли. Проще всего осуществляется транспорт жирорастворимых веществ и дыхательных газов.

Строение вен отличается от строения артерий гораздо менее развитым мышечным слоем, вследствие чего их стенки имеют большую способность растягиваться. Поэтому при повышении давления в венах может накапливаться значительное количество



крови, из-за чего их называют емкостными сосудами. Сила систолического выброса не способна обеспечить поступление венозной крови обратно в сердце, кроме того, этому препятствует достаточно высокое гидростатическое давление в венозных сосудах при вертикальном положении тела. Считается, что движение крови в венах обусловлено, главным образом, действием трех факторов:

1. Сокращение скелетных мышц, которые сдавливают стенки сосудов. Этот факт делает понятным то значение, которое имеют физические упражнения в профилактике сердечно-сосудистых заболеваний. Наличие клапанов препятствует обратному току крови.

2. Наличие дыхательного насоса – во время вдоха давление в грудной клетке падает, и это способствует поступлению крови в верхнюю полую вену из соседних сосудов.

3. Присасывающее действие сердца. В момент систолы желудочков и изгнании из них крови, перегородка, разделяющая предсердие и желудочек, отклоняется, подсасывая поступающую в сердце кровь.

5.4. Группы крови человека. Резус-фактор

Группа крови здорового человека остается неизменной на протяжении всей его жизни, так же как и отпечатки пальцев. Группа крови — это своеобразный идентификатор личности, который передается от родителей к детям. При этом группа крови — категория более древняя, чем раса, а самое главное различие между людьми нашей планеты состоит не в этническом происхождении, а в составе крови.

Группа крови представляет собой определенный этап многотысячелетней эволюции пищеварительной и иммунной систем, итог адаптации наших предков к изменяющимся природным условиям. Согласно теории польского ученого Людвиг Хирсцфельда, у древних людей всех трех рас была одна и та же группа крови — первая O(I). Пищеварительный тракт их был наилучшим образом приспособлен для переваривания мясной пищи. Вот почему даже у современного человека с первой группой крови кислотность желудочного сока выше, чем у других. По этой же причине язвенная болезнь встречается наиболее часто у людей с первой группой. Остальные группы крови выделились посредством мутации из «первокрови» наших первобытных предков.

С увеличением количества населения и изменением окружающей среды уменьшается возможность добывать мясную пищу.



Постепенно основным источником энергии для человека становится растительный белок. В итоге это и привело к возникновению «вегетарианской» второй группы крови, А(II). Переселение народов в Европу является причиной преобладания там людей со второй группой крови в настоящее время. Ее обладатели более приспособлены к выживанию в плотно заселенных районах. Ген А — это признак типично городского жителя. Кстати, считается, что именно он был гарантией выживания во время средневековых эпидемий чумы и холеры в Западной Европе, уносящих жизни жителей целых городов. У обладателей группы крови, А (II) на генном уровне заложены умение и необходимость существовать в сообществе, меньшая агрессивность, большая контактность.

Считается, что родина гена третьей группы В(III) находится в предгорьях Гималаев, на территории нынешних Индии и Пакистана. Ведение скотоводческого хозяйства с использованием в пищу молочных продуктов предопределило очередную эволюцию пищеварительной системы. Суровые климатические условия способствовали появлению таких черт характера, как терпение, целеустремленность и невозмутимость.

Четвертая группа крови АВ(IV) возникла в результате смешения обладателей гена, А и носителей гена В. На сегодняшний день всего лишь 6% европейцев имеют четвертую группу крови, которая является самой молодой в системе АВО. Уникальность этой группы в унаследовании высокой иммунологической защиты, которая проявляется в устойчивости к аутоиммунным и аллергическим заболеваниям.

В 1891 году австралийский ученый Карл Ландштайнер проводил исследование эритроцитов. Он обнаружил любопытную закономерность: в красных кровяных клетках (эритроцитах) некоторых людей может быть специальный маркер, который ученый обозначил буквой, А, у других — маркер В, у третьих не обнаруживались ни, А, ни В. Чуть позже выяснилось, что описанные Ландштайнером маркеры являются особыми белками, определяющими видовую специфичность клеток, т.е. антигенами. Фактически исследования Карла Ландштайнера поделили все человечество на три группы по свойствам крови: О(I), А(II), В(III). Четвертая группа АВ(IV) была описана ученым Декастелло в 1902 году. Совместное открытие двух ученых получило название системы АВО.

В 1927 году ученые обнаружили еще четыре антигена — М, N, P, p на поверхности эритроцита. Позже оказалось, что



на совместимость крови разных людей эти четыре антигена никакого влияния не оказывали.

А в 1940 году был описан еще один антиген, получивший название резус-фактора. В его системе существуют шесть антигенов — C, D, E, c, d, e. Резус-положительными считаются люди, в крови которых содержится главный антиген системы Резус — D, обнаруженный у макака Резус. Резус-фактор, в отличие от антигенов группы крови, расположен внутри эритроцита и не зависит от наличия или отсутствия других факторов крови. Резус-фактор также передается по наследству и сохраняется в течение всей жизни человека. Он находится в эритроцитах 85% людей, их кровь называется резус-положительной (Rh+). Кровь остальных людей не содержит резус-фактор и называется резус-отрицательной (Rh-).

В последствие учеными было обнаружено еще 19 систем антигенов эритроцитов. Всего на сегодняшний день их известно уже более 120, но при этом важнейшими для человека и медицины все же остаются группы крови по системе ABO и резус-фактор.

Эритроцит любого человека имеет большой набор антигенов. Их обычно называют агглютиногенами (от слова агглютинация — склеивание) — веществами, вызывающими склеивание. Однако далеко не все агглютиногены имеют клиническое значение и учитываются при делении крови на группы. Наиболее распространены и важны являются два вида — A и B, различные сочетания которых определяют группу крови по системе ABO. Особенности агглютиногенов, A и B обусловлена тем, что только к ним в плазме крови имеются специальные врожденные агглютинины a и b (вещества, которые склеиваются).

По сочетанию агглютиногенов в крови и агглютининов в плазме кровь всех людей и делится на четыре группы.

Во всем мире кровь широко применяется с лечебной целью. Однако несоблюдение правил переливания крови может стоить человеку жизни. При переливании необходимо предварительно определить группу крови, произвести пробу на совместимость. Главное правило — эритроциты донора (содержащие антигены — агглютиногены) не должны агглютинироваться (сворачиваться) плазмой реципиента (принимающей стороны), в которой содержатся агглютинины. При встрече одноименного агглютиногена с одноименным агглютинином (A+a, B+b) происходит реакция оседания эритроцитов с последующим их разрушением (гемолизом). Учитывая, что эритроциты являются основными переносчиками



кислорода, кровь перестает выполнять свою дыхательную функцию.

Люди с первой группой крови O(I) — универсальные доноры, так как их кровь с учетом системы ABO можно переливать лицам с любой группой крови. Обладатели четвертой группы крови AB(IV) относятся к категории универсальных реципиентов — им можно переливать кровь любой группы. Необходимо отметить, что медики стараются не использовать принцип универсальности при процедурах переливания крови, а переливать одногруппную кровь и при этом обязательно учитывать резус-фактор. Остальные антигены системы крови при переливании не учитываются.

Резус-фактор имеет такое же большое значение, как и группа крови. Если резус-фактор попадает в организм людей, у которых он отсутствует, то в их крови начинается иммунологическая реакция, в результате которой появляются приобретенные разрушающие белки (агглютинины) к резус-фактору. При повторном попадании эритроцитов, содержащих резус-фактор, в кровь резус-отрицательных людей происходит склеивание и разрушение эритроцитов.

Резус-фактор учитывают не только при переливании крови, но и при беременности. У резус-отрицательной матери и резус-положительного плода (который он может унаследовать от отца) в период беременности эритроциты ребенка будут вызывать появление в крови соответствующих агглютининов. Как правило, выработка агглютининов к резус-фактору при первой беременности протекает достаточно медленно и к концу беременности их концентрация в крови редко достигает опасных для ребенка величин, способных вызвать разрушение его эритроцитов. Поэтому первая беременность чаще всего заканчивается благополучно. Но, раз появившись, агглютинины могут долго сохраняться в плазме крови, что делает намного опасней новую встречу резус-отрицательной женщины с резус-фактором ребенка во время беременности, вызывая резус-конфликтные состояния. У ребенка они проявляются гемолитической болезнью во внутриутробном периоде или после рождения, которая заключается в интенсивном распаде эритроцитов под влиянием антител матери. Чтобы остановить запущенный механизм, детям не редко проводят заменное переливание крови, в результате которого у них становится отрицательный резус-фактор.

В настоящее время резус-отрицательным женщинам после родов, выкидышей, абортс рекомендуется введение антирезусного глобулина, который разрывает иммунологическую цепь и не



дает вырабатываться антирезусным антителам. Своевременное введение антирезусного глобулина с высокой степенью вероятности предупреждает развитие резус-конфликта при последующей беременности.

Группы крови у человека определяются тремя альтернативными вариантами одного гена (A, B, O), расположенного в 9-й хромосоме. Эта система групп крови наследуется по множественному принципу, при котором действие различных вариантов одного гена проявляется в равной степени, независимо друг от друга. Парное сочетание этих генов определяет одну из четырех групп крови.

Знание наследования групп крови может помочь при установлении родительства. Например, женщина по фамилии Смит в роддоме получила ребенка, у которого была бирка с фамилией Джонс. Возник вопрос: что было перепутано — бирки или дети? Определили группы крови родителей. Оказалось, что у Джонсов была первая группа крови, соответственно они могли иметь ребенка только с первой группой крови. У миссис Смит была первая группа крови, но у ее мужа — четвертая. Значит, ребенок у Смитов должен иметь или вторую, или третью группу крови. Когда определили группы крови у детей, то выяснилось, что ребенок с биркой «Джонс» имеет группу крови, A(II), а Смит — O(I). Значит, были перепутаны бирки, а женщины получили своих детей.



ГЛАВА 6. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ДЫХАТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ

6.1. Внешнее дыхание

Дыхание – совокупность процессов, обеспечивающих поступление в организм кислорода, использование его для окисления органических веществ с освобождением энергии и выделения углекислого газа в окружающую среду.

Различают внешнее и внутреннее звенья системы дыхания. Внешнее звено системы дыхания – это совокупность легких с воздухоносными путями и грудной клетки с мышцами, приводящими её в движение. Внутреннее звено системы дыхания включает кровь, сердечнососудистую систему и органеллы клеток, обеспечивающие потребление кислорода (тканевое дыхание).

Дыхание состоит из следующих этапов:

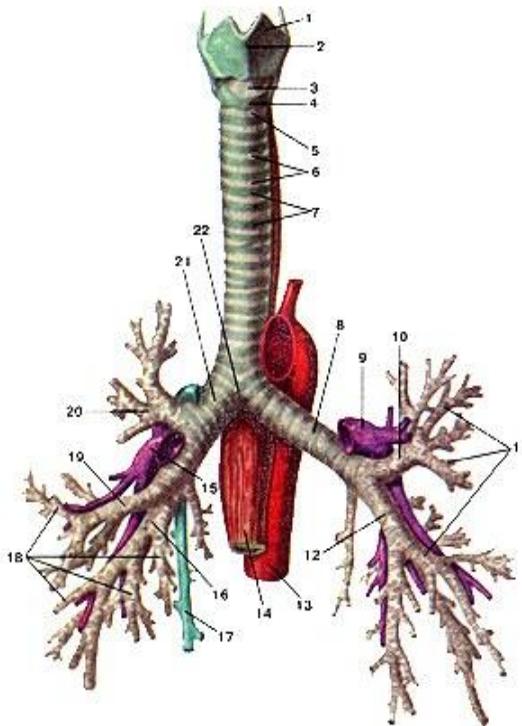
- газообмен между альвеолярной смесью газов и атмосферным воздухом;
- газообмен между альвеолярной смесью газов и притекающей к легким венозной кровью;
- транспорт кислорода и углекислого газа кровью;
- газообмен между артериальной кровью и тканями;
- тканевое дыхание.

К органам дыхания относятся легкие и связывающая их с атмосферным воздухом система воздухоносных путей. Благодаря органам дыхания кислород воздуха попадает в кровь, а углекислый газ выводится из организма. Воздухоносные пути представлены полостью носа, рта (если дыхание осуществляется через рот), глоткой, гортанью, трахеей и бронхами (рис. 6.1).



Рис. 6.1 Трахея и бронхи. вид спереди.

1-щитовидный хрящ; 2-выступ гортани; 3-перстнещитовидная связка;



4-перстневидный хрящ; 5-перстне-трахеальная связка; 6-кольцевые связки трахеи; 7-хрящи трахеи; 8-левый главный бронх; 9-левая легочная артерия;

10-левый верхний долевой бронх; 11-сегментарные бронхи; 12-левый нижний долевой бронх; 13-аорта; 14-пищевод; 15-правая легочная артерия; 16-правый нижний долевой бронх; 17-непарная вена; 18-сегментарные бронхи; 19-правый средний долевой бронх; 20-правый верхний долевой бронх; 21-правый главный бронх.

Вдыхаемый воздух из носовой или ротовой полости через глотку попадает в гортань. Голосовая щель, соединяющая их, защищена специальным хрящом – надгортанником, предотвращающим попадание пищи в дыхательные пути во время еды.

В гортани находятся располагающиеся горизонтально в 2 ряда эластичные перепонки – голосовые связки. При звукообразовании они напряжены, а голосовая щель закрыта и открывается лишь на короткое время под давлением вдыхаемого воздуха. Изменение натяжения голосовых связок вызывает изменение частоты их колебания при прохождении воздуха, а следовательно, и высоты звука.



Следующим отделом воздухоносных путей является трахея. Ее стенки укреплены хрящами в виде незамкнутых колец, разрезом обращенных к пищеводу. Трахея делится на 2 бронха, каждый из которых разветвляется на более мелкие. Правый дает начало 3-м бронхам, идущим в 3 доли правого легкого, левый 2-м, направляющимся к двум долям левого легкого (рис. 2).

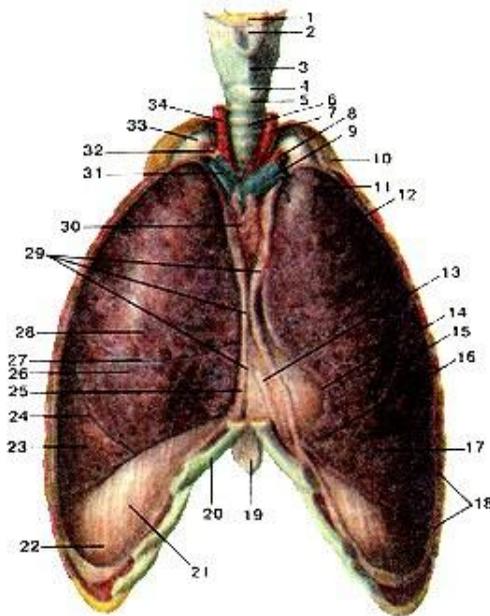


Рис 6.2. Легкие. вид спереди

1-подъязычная кость; 2-срединная щито-подъязычная связка; 3-щитовидный хрящ;

4-перстнещитовидная связка,

5-перстневидный хрящ; 6-трахея;

7-левая общая сонная артерия; 8-левая подключичная артерия; 9-левая плечеголовная вена; 10-1-е ребро (левое);

11-верхушка левого легкого;

12-верхняя доля левого легкого;

13-сердце (покрытое перикардом); 14-сердечная вырезка (левого легкого); 15-косая щель; 16-язычок левого легкого; 17-нижняя доля левого легкого; 18-париетальная плевра (реберная часть); 19-мечевидный отросток грудины; 20-хрящ 7-го ребра (правого); 21-париетальная плевра (диафрагмальная часть); 22-реберно-диафрагмальный синус 23-нижняя доля правого легкого; 24-косая щель; 25-реберно-медиастинальный синус; 26-средняя доля правого легкого; 27-горизонтальная щель; 28-верхняя доля правого легкого; 29-пристеночная (париетальная) плевра (средостенная часть); 30-тимус; 31-правая плечеголовная вена; 32 - правая подключичная артерия; 33-купол плевры; 34-правая общая сонная артерия.

В легких каждый бронх образует многочисленные бронхиолы, стенки которых, в отличие от бронхов, уже не имеют хрящей



и состоят только из гладкой мускулатуры и соединительной ткани, содержащей эластические волокна. Самые мелкие из бронхиол – респираторные переходят в альвеолярные ходы, сообщающиеся с альвеолярными мешочками, содержащими альвеолы.

Внутренняя поверхность альвеол выстлана эпителиальными клетками, покрытыми слоем жидкости (суфрактанта). Суфрактант имеет важное значение в транспорте кислорода, так как он лучше растворяется в фосфолипидах, входящих в состав суфрактанта, чем в воде. Наружная поверхность альвеол оплетена сетью многочисленных капилляров. Их стенки содержат эластические волокна и коллаген, придающие им гибкость.

6.2. Обмен газов в легких и их перенос кровью

При газообмене кислород, содержащийся в воздухе, диффундирует через клетки эпителия стенок альвеол (предварительно растворяясь в слое суфрактанта) и эндотелий капилляров и попадает в плазму крови. Там он соединяется с гемоглобином эритроцитов и в таком виде транспортируется к местам потребления.

Углекислый газ, доставляемый с кровью к легким, высвобождается там и выводится из организма во время выдоха.

Диффузия дыхательных газов и их обмен между альвеолярным воздухом и кровью осуществляется за счет разности их парциального давления в альвеолах и напряжения в крови. Парциальное давление газов в газовой смеси пропорционально его проценту содержания в ней и общему давлению в смеси. Напряжение газа в жидкости – это та сила, с которой молекулы газа стремятся выйти из раствора. Поскольку напряжение кислорода в венозной крови, поступающей к капиллярам малого круга кровообращения, ниже его парциального давления в альвеолярной смеси газов, кислород диффундирует в кровь.

Напряжение CO_2 , наоборот выше, чем его парциальное давление в альвеолах, и он переходит из крови легочных капилляров в альвеолярный воздух. Эти же механизмы лежат в основе и обмена газов между кровью капилляров большого круга кровообращения и тканями.

Та часть дыхательной системы, где не происходит газообмена, называется функционально (или физиологически) мертвым пространством. В него входит часть альвеолярного пространства, которое вентилируется, но не омывается кровью, и анатомически мертвое пространство, к которому относится просвет воздухоносных путей вплоть до перехода бронхиол в альвеолы



Несмотря на то, что в анатомически мертвом пространстве не осуществляется, собственно процесс газообмена, оно осуществляет помимо вентиляции легких, ряд важных вспомогательных функций.

Благодаря наличию ресничного эпителия, а также клеток, выделяющих слизь и серозную жидкость, в стенках воздухоносных путей происходит фильтрация воздуха и очистка его от пыли и других инородных частиц. Кроме того, воздух здесь увлажняется и согревается.

Легкие находятся в грудной клетке и отделены от ее стенок плевральной полостью, которая образована 2-мя листками тонкой эластичной оболочки – плевры. Один из них выстилает внутреннюю поверхность грудной клетки, другой покрывает сами легкие. Пространство между листками плевры непроницаемо для воздуха и заполнено жидкостью, уменьшающей трение между ними во время дыхательных движений. Давление в плевральной полости на 5-7 мм рт. ст. ниже атмосферного, поэтому легкие всегда находятся в расправленном состоянии.

Поступление воздуха в легкие и его изгнание из них происходит в результате вдоха и выдоха, осуществляемых благодаря работе дыхательной мускулатуры.

При вдохе сокращаются наружные межреберные мышцы и мышцы диафрагмы. В расслабленном состоянии диафрагма представляет собой купол с сухожильным центром, от которого радиально отходят мышечные волокна. Она отделяет полость грудной клетки от брюшной полости. При сокращении диафрагма становится более плоской, опускаясь в среднем на 3-4 см. Сокращение наружных межреберных мышц обеспечивает приподнятие ребер. Работа всей этой мускулатуры вызывает увеличение объема грудной клетки и растяжение легких, в результате чего в них поступает воздух.

Выдох представляет собой процесс расслабления мышц, участвующих в организации вдоха. В итоге ребра опускаются. Интенсивный выдох сопровождается сокращением внутренних межреберных мышц и мышц брюшной стенки.

Различают брюшное и грудное дыхание.

При брюшном дыхании вдох осуществляется преимущественно за счет работы мышц диафрагмы.

При грудном дыхании - за счет сокращения межреберных мышц.

Физиологически наиболее эффективным является брюшное дыхание, поскольку оно обеспечивает более глубокую вентиля-



цию легких и облегчает венозный возврат крови от органов брюшной полости к сердцу.

Интервал от начала одного вдоха до начала следующего составляет дыхательный цикл. Его продолжительность в среднем составляет 3-5 с. Уровень вентиляции легких, определяемый частотой и глубиной дыхания, широко варьирует в зависимости от физиологических потребностей организма.

Физическая нагрузка ведет к увеличению потребления O_2 и образования CO_2 , что вызывает возрастание частоты и глубины дыхания, а следовательно, увеличение легочной вентиляции, обеспечивающей потребности организма в повышенном количестве O_2 и в удалении из организма избытка CO_2 .

Вентиляция легких нарастает в соответствии с величиной выполняемой работы и усилением окислительных процессов. Так, при интенсивной работе легочная вентиляция у человека может достигать 100 л/мин вместо 7-9 л/мин в состоянии покоя. Потребление кислорода при этом может возрасть до 4 л/мин вместо 250 мл/мин в покое.

Увеличение вентиляции легких при мышечной работе обусловлено, с одной стороны, химическими изменениями в организме – накоплением CO_2 и недоокисленных продуктов обмена, а с другой – рефлекторными влияниями с проприорецепторов.

Функциональное состояние легких зависит от возраста, пола, физического развития и ряда других факторов. Наиболее распространенной характеристикой состояния легких является измерение легочных объемов, которые свидетельствуют о развитии органов дыхания и функциональных резервах дыхательной системы.

Спирометрия – метод определения жизненной емкости легких и составляющих ее объемов воздуха (рис. 6.3).

Для определения величин, связанных с вентиляцией легких, наиболее часто применяют следующие показатели.

1. Жизненная емкость легких (ЖЕЛ) это наибольшее количество воздуха, которое человек может выдохнуть после максимального вдоха, в среднем 3,5-4,5 л.

Физиология человека

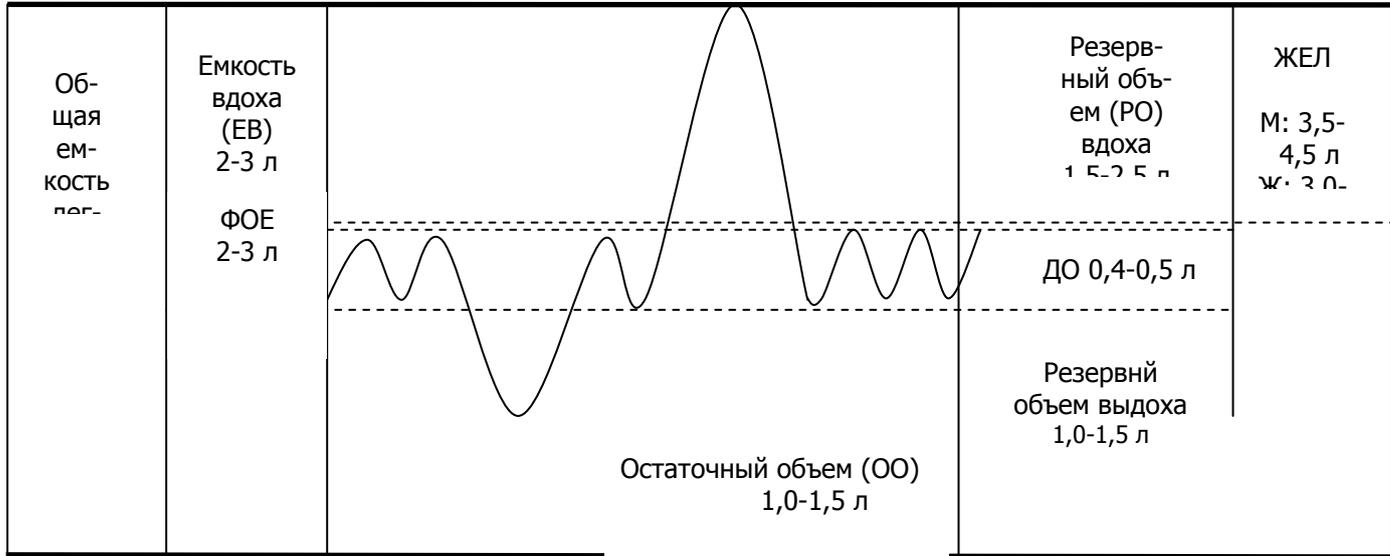


Рисунок 6.1. Легочные объемы и емкости (TV – дополнительный объем)



Составляющими жизненной емкости легких (ЖЕЛ) являются:

дыхательный объем (ДО) – количество воздуха, которое человек вдыхает выдыхает при спокойном дыхании; составляет около 0,5 л;

резервный объем вдоха (РО вд) – количество воздуха, которое человек может дополнительно вдохнуть после обычного вдоха, 2,5 л;

резервный объем выдоха (РО выд) - количество воздуха, которое человек может дополнительно выдохнуть после обычного выдоха, в среднем 1,3 л.

2. После максимального выдоха в легких остается воздух, который ни при каких условиях не покидает легкие. Это остаточный объем легких (ООЛ), в среднем равный 1,2 л.

3. Общая емкость легких (ОЕЛ) – объем воздуха, находящегося в легких после максимального вдоха, примерно 6 л.

4. Емкость вдоха (Е вд) – максимальный объем воздуха, который можно вдохнуть после спокойного выдоха, 2-3 л

5. Функциональная остаточная емкость (ФОЕ) – количество воздуха, остающееся в легких после спокойного выдоха – 2-3 л.

6. Объем мертвого пространства (МП) – 0,15 л.

Для оценки функции дыхания у данного лица, измеренные у него легочные объемы следует сравнивать с должными величинами (см. номограмму и формулу). Отклонения до 15% в ту или иную сторону рассматривают как несущественные.

Для измерения ЖЕЛ и составляющих ее объемов используют водяной или суховоздушный спирометр.

Газообмен между атмосферным и альвеолярным воздухом называют вентиляцией легких. Объем воздуха, проходящего через легкие в 1 мин, называют минутным объемом дыхания (МОД). В литературе также можно встретить термины: минутный объем легких (МОЛ) и минутный объем воздуха (МОВ). Величина МОД зависит от частоты дыхания, в покое составляющей 12-16 раз в мин и дыхательного объема – объема воздуха за один вдох или выдох (в покое около 0,5 л).

Время, в течение которого человек может задерживать дыхание, преодолевая желание вдохнуть, индивидуально. Оно зависит от возбудимости ЦНС, состояния аппарата внешнего дыхания, сердечно-сосудистой системы, системы крови, наличия вредных привычек (курение), силы воли, мотивации и др.

Длительность произвольной максимальной задержки дыхания можно использовать в качестве функциональной пробы, ха-



рактирующей несколько систем организма.

Главным стимулятором дыхания является углекислый газ. У здоровых людей время максимальной задержки дыхания после глубокого (не максимального) вдоха (проба Штанге) составляет 40–60 с, после спокойного выдоха (проба Генче) оно меньше – 30–40 с. Эти показатели меняются при форсированном дыхании. Произвольная задержка дыхания невозможна дольше определенного времени, т.к. происходит мощное возбуждение дыхательного центра в связи с изменением химического состава крови. При гипервентиляции происходит повышенное выделение CO_2 из организма и снижение содержания углекислоты в крови.

6.3. Регуляция дыхания.

Осуществление произвольных процессов вдоха и выдоха происходит благодаря деятельности дыхательного центра, расположенного в коре головного мозга. Продолговатый мозг содержит 2 пары дыхательных ядер, 2 из которых являются центрами вдоха и непосредственно управляет сокращением диафрагмы, а 2 – центром выдоха. Помимо этого, нейроны, связанные с регуляцией дыхания, содержатся в варолиевом мосту заднего мозга, образуя так называемый пневмотаксический центр.

Основным фактором, оказывающим воздействие на деятельность дыхательного центра, является афферентная стимуляция, поступающая от центральных и периферических хеморецепторов дыхательной системы. Хеморецепторы, чувствительный к концентрации CO_2 и H^+ в крови, имеются в продолговатом мозге, каротидном синусе (в области сонной артерии) и дуге аорты. Каротидный синус и дуга аорты кроме того, имеют рецепторы, реагирующие на изменение концентрации O_2 в крови. Наиболее существенное влияние на параметры дыхания оказывает изменение содержания CO_2 в крови. Рост напряжения углекислого газа и снижение рН артериальной крови вызывают увеличение глубины и частоты дыхания. Влияние же понижения напряжения O_2 в крови (гипоксия) опосредуется лишь периферическими рецепторами, находящимися в каротидном синусе и дуге аорты, что приводит к увеличению минутного объема дыхания.

Механорецепторы дыхательной системы участвуют в регуляции паттерна дыхания. В гладкомышечном слое трахеи и бронхов расположены рецепторы растяжения, возбуждение которых нарастает по мере растяжения дыхательных путей и легких, что в конечном итоге вызывает торможение нейронов в центре вдоха и начинается выдох. Возбуждение части рецепторов зависит от



Физиология человека

скорости растяжения легких. Этот механизм обеспечивает регуляцию частоты дыхания.

В верхних дыхательных путях имеются рецепторы, при раздражении которых возникают защитные дыхательные рефлексы – чихание и кашель, предотвращающие попадание инородных тел в легкие. Рефлекторная задержка дыхания при глотании препятствует попаданию пищи в дыхательные пути во время еды. Поскольку дыхательная мускулатура представлена поперечнополосатыми мышцами, человек может произвольно менять глубину и частоту дыхания. Таким образом, в регуляции дыхания принимает участие и кора больших полушарий. Характер дыхания в значительной степени изменяется в зависимости от вида деятельности человека, его функционального состояния, эмоционального фона, условий среды. На параметры дыхания могут оказывать влияние и различные гормоны. Так, повышение содержания в крови адреналина при испуге, физической или умственной работе приводит к увеличению вентиляции легких.



ГЛАВА 7. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ, ПРОТЕКАЮЩИЕ В ПИЩЕВАРИТЕЛЬНОЙ СИСТЕМЕ ЧЕЛОВЕКА

7.1. Общая характеристика пищеварительных процессов

Схематически пищеварительную систему можно представить в виде пищеварительного канала и желез (слюнных, поджелудочной и печени). По мере движения содержимого по отделам пищеварительного тракта в различных его участках последовательно совершаются определенные «операции» переработки пищевых веществ и переход окончательных продуктов пищеварения в кровь (рис. 7.1).

Рис. 7.1 Схема строения пищеварительной системы.



1-околоушная слюнная железа;
2-мягкое нёбо; 3-глотка; 4-язык;
5-пищевод; 6-желудок;
7-поджелудочная железа;
8-проток поджелудочной железы;
9-тощая кишка;
10-нисходящая ободочная кишка;
11-поперечная ободочная кишка;
12-сигмовидная ободочная кишка;
13-наружный сфинктер заднего прохода; 14-прямая кишка;

15-подвздошная кишка;
16-червеобразный отросток (аппендикс); 17-слепая кишка;
18-повздошно-слепокишечный клапан; 19-восходящая ободочная кишка;
20-правый (печеночный) изгиб ободочной кишки; 21-двенадцатиперстная кишка; 22-желчный пузырь; 23-печень; 24-общий желчный проток; 25- сфинктер привратника (желуд-



ка); 26-поднижнечелюстная железа; 27-подъязычная железа; 28-нижняя губа; 29-полость рта.

Трубка пищеварительного канала на большей части своего протяжения имеет общий план строения, она состоит из трех слоев — снаружи ее образует оболочка из соединительной ткани, затем следует слой из гладкой мышечной ткани, внутренний слой представлен так называемой слизистой оболочкой. Наружный слой отделяет пищеварительную трубку от окружающих органов; благодаря сокращениям второго — мышечного слоя — осуществляется продвижение ее содержимого; третий слой (слизистая оболочка) содержит железы, соки которых играют важнейшую роль в переваривании пищи.

Слизистая оболочка богата кровеносными сосудами, от их наполнения кровью зависит ее цвет. Кроме того, здесь очень много желез. Одни из них выделяют прозрачную бесцветную тягучую жидкость — слизь, которая увлажняет ее поверхность, способствуя скольжению содержимого пищеварительного канала — это так называемые слизистые железы. Другие выделяют пищеварительные соки, это — пищеварительные железы. Кроме того, в слизистой очень много скоплений специальной защитной — лимфоидной ткани, образующей лимфатические узелки; с их помощью осуществляется борьба с вредными микробами, которые могут попадать в организм с пищей и с воздухом. Здесь также имеется много нервных окончаний, обеспечивающих ее чувствительность. Слизистая оболочка выстлана эпителиальной тканью, ибо в обычных условиях она соприкасается с внешней средой — воздухом, водой и пищей. Через нежную поверхность слизистой оболочки и мельчайшие кровеносные сосуды (капилляры) проникают (всасываются) вода и растворенные в ней вещества.

Переваривание пищи происходит постепенно, по мере продвижения ее по желудочно-кишечному тракту, поэтому каждый участок его как бы специализирован на выполнении определенной фазы этого процесса. В связи с этим при наличии общего плана строения определенные участки пищеварительного тракта имеют свои характерные особенности и представляют ряд последовательно расположенных полых органов. Начальный отдел пищеварительного тракта представлен ротовой полостью. За ней следует глотка, пищевод, желудок, тонкая кишка, толстая кишка (рис. 7.1).

Процесс пищеварения начинается в ротовой полости. Здесь происходит механическая и химическая обработка пищи. Первая осуществляется жевательным аппаратом. Его сильные мышцы



приводят в движение нижнюю челюсть с зубами. Тщательное пережевывание, т. е. размельчение даже такой подготовленной пищи, перемешивание ее со слюной и превращение в мягкий эластичный комок, является очень важным условием для переваривания ее в желудке и для нормальной работы этого органа. Только хорошо пережеванная пища быстро пропитывается пищеварительными соками и полностью подвергается их действию. Наоборот, плохо прожеванная и проглоченная кусками пища не может быть достаточно обработана пищеварительными секретами и, более того, она механически раздражает и даже может повредить слизистую оболочку желудка; поэтому у людей с плохими зубами и у тех, кто неправильно принимает пищу, очень часто встречаются хронические заболевания желудка (катары) и даже язвенные процессы.

Взрослый человек «вооружен» 32 зубами для механической переработки пищи. Здесь же в ротовой полости начинается и химическая обработка пищи под действием слюны.

Секрет быстрого расщепления сложных органических соединений, содержащихся в пище, заключается в том, что они подвергаются действию катализаторов белкового состава, называемых ферментами, которые вырабатываются в пищеварительных железах. Ферменты слюны расщепляют сложные углеводы, например крахмал до обычного сахара. Кроме того, слюна имеет защитные свойства: в ней содержатся вещества, убивающие бактерий.

Глотка служит одновременно для проведения пищи и воздуха. Через нее пища попадает из ротовой полости в пищевод, а воздух из носовой полости — в гортань. В среднем отделе глотки пути движения пищи и воздуха перекрещиваются. Воздух может частично поступать в пищеварительные пути. Но пища не должна попадать в воздухоносные пути, потому что при этом они закупориваются и резко нарушается дыхание. Особенно опасно попадание пищи в гортань: это может вызвать смертельное удушье, поэтому во время глотания дыхательные пути отделяются от пищеварительных: задний отдел нёба — так называемое мягкое нёбо — поднимается вверх и отгораживает носовую часть глотки от ротового ее отдела, язык, проталкивающий пищу в глотку, перемещается при этом назад и вниз, а гортань поднимается навстречу ему вверх, и в результате этих движений специальный орган — надгортанник — наподобие клапана закрывает наглухо вход в гортань. Таким образом, пищевой комок проходит через глотку, минуя дыхательные пути.



Глотка и пищевод служат только для перехода пищи в желудок. Никаких изменений ее состава здесь не происходит.

7.2. Пищеварение в желудке

Желудок представляет собой расширенный отдел пищеварительной трубки, емкостью приблизительно 1—2 л. Помещается он в верхнем отделе брюшной полости. По форме он после смерти человека напоминает химический сосуд — реторту. Таким и представляли его долгое время, и только применение рентгеновского метода позволило узнать, какой вид имеет желудок у живого человека. Оказалось, что форма его бывает различной и зависит от тонуса его хорошо развитой мускулатуры. У впадения пищевода в желудок и в месте перехода желудка в двенадцатиперстную кишку круговые мышцы образуют жомы (или сфинктеры), которые регулируют движение его содержимого. В желудке происходит дальнейшая механическая обработка пищевой массы: она перетирается и смешивается с желудочным соком, образуя жидкую кашицу.

Химический состав пищеварительных соков регулируется как рефлекторно, так и за счет действия химических факторов.

В процессе пищеварения в стенке желудка и двенадцатиперстной кишки образуются активные вещества (гормоны гастрин, секретин и др.), способствующие усиленной секреции пищеварительных соков. Особенно энергично действуют в этом направлении так называемые экстрактивные вещества, содержащиеся в большом количестве в мясном бульоне и овощных отварах (например, в капустном отваре). Нередко перед едой бывает принято употреблять легкую закуску — например, кусочек селедки с растительным маслом и хлебом. Она вызывает сокогонное действие, повышая благодаря этому аппетит, ибо чувство аппетита — это результат усиленного выделения пищеварительных соков.

Желудочный сок секретруется 3-мя типами клеток, расположенных в слизистой оболочке:

- 1) главные клетки секретируют пепсиноген — вещество-предшественник пепсина, который представляет собой смесь нескольких протеаз, активных при разных значениях pH;
- 2) добавочные клетки продуцируют слизь (муцин);
- 3) обкладочные клетки выделяют соляную кислоту.

Желудочный сок вырабатывается многочисленными железами слизистой оболочки. В каждом 1 мм² слизистой находится приблизительно сто желез. В состав желудочного сока входят:



вода — 98%, соляная кислота (0,3—0,5%) и ферменты, из которых главным является пепсин. Последний в присутствии соляной кислоты расщепляет сложные белки (полипептиды) до простых — альбумоз и пептонов. Отчасти здесь происходит и расщепление жиров. Количество и химический состав пищи определяют время переваривания ее в желудке. В среднем для обычной пищи смешанного характера оно составляет 3-4,5 ч.

Кроме пищеварительного сока, в полость желудка выделяется также слизь, которая предохраняет слизистую оболочку от механических и химических повреждений, обволакивая раздражающие вещества. Желудочный сок благодаря наличию соляной кислоты обладает бактерицидными свойствами и выполняет, таким образом, важную защитную роль. Слизистая желудка вырабатывает так называемый «внутренний фактор кроветворения» — белковое вещество, необходимое для усвоения витамина В12, без которого не может совершаться нормально процесс образования крови. Недостаток этого вещества ведет к развитию малокровия (анемии).

Соляная кислота выполняет следующие функции:

- активирует превращение пепсиногена в пепсин;
- создает кислую среду, необходимую для осуществления гидролитической активности пепсина;
- вызывает набухание и денатурацию белков;
- оказывает бактерицидное действие;
- участвует в регуляции деятельности пищеварительного тракта.

От концентрации соляной кислоты зависит скорость эвакуации содержимого желудка. Здесь действует своеобразный механизм. Содержимое желудка пропитывается желудочным соком и постепенно передвигается от начального его отдела к выходной части, которая называется пилорическим отделом. В этом месте располагается круговая мышца-сжиматель, так называемый пилорический сфинктер. Соляная кислота желудочного сока, действуя на слизистую пилорического отдела желудка, рефлекторно вызывает расслабление его, и тогда пищевая кашица переходит в двенадцатиперстную кишку. Но, попадая на слизистую этой кишки, кислота вызывает обратное действие — рефлекторное сжатие сфинктера, поэтому после перехода в кишечник порции желудочного содержимого дальнейшее его поступление на некоторое время прекращается. Когда попавшая в кишку пищевая кашица нейтрализуется соком двенадцатиперстной кишки, имеющим щелочную реакцию, пилорический сфинктер вновь раскрывается и



пропускает следующую порцию пищевой массы. Таким образом, переход пищевой кашицы из желудка в кишечник совершается постепенно, порциями. Это способствует тщательной обработке содержимого желудка и кишечника пищеварительными соками и является важным условием эффективного пищеварения.

При понижении кислотности желудочного сока происходит ускорение эвакуации, тогда в кишечник попадает пища недостаточно подготовленная, на него в этом случае падает дополнительная нагрузка, осложняющая его нормальную работу. Кроме того, при понижении кислотности ослабляются защитные свойства желудочного сока.

При повышенной кислотности желудочного сока происходит замедленное опорожнение желудка. В случаях устойчивого и значительного изменения кислотности желудочного сока следует обращаться за советом к врачу.

Наряду с рассмотренными выше веществами, возбуждающими пищеварительную секрецию и двигательные реакции желудка, имеются и такие, которые оказывают обратное действие. Так, жир тормозит секрецию желудочных желез и замедляет переход пищи в двенадцатиперстную кишку. Это объясняется действием его на чувствительные окончания нервов слизистой оболочки.

Скорость перехода пищевой массы из желудка в двенадцатиперстную кишку зависит также от ее объема. При поступлении значительного количества пищевой кашицы в двенадцатиперстную кишку давление ее на слизистую вызывает раздражение нервных окончаний — в результате сфинктер желудка закрывается и содержимое задерживается в нем.

7.3. Пищеварение в тонком кишечнике

В желудке осуществляется важный этап пищеварения, но основные пищеварительные процессы происходят в тонкой кишке. Последняя имеет длину около 5 м, образует множество изгибов, называемых петлями, поддерживаемых брыжейкой.

Начальный отдел тонкого кишечника называется 12-ти перстной кишкой. Слизистая оболочка 12-ти перстной кишки секретирует ряд ферментов, обладающих гидролитической активностью и составляющих кишечный сок. Его значение не так велико, как сока поджелудочной железы.

Основную роль в процессах пищеварения в тонком кишечнике играют поджелудочная железа и печень, протоки которых открываются в 12-ти перстную кишку.



Поджелудочная железа выделяет сложные по составу секрет - панкреатический (поджелудочный) сок. Он имеет слабощелочную реакцию (рН около 8) и содержит различные ферменты:

- амилазы, расщепляющие углеводы,
- липазы, расщепляющие жиры,
- нуклеазы, расщепляющие нуклеиновые кислоты.

В 12-ти перстную кишку открываются желчные протоки. Желчь вырабатывают клетки печени. Этот процесс происходит постоянно. Образовавшийся секрет либо поступает в 12-ти перстную кишку сразу, либо депонируется в желчном пузыре. В состав желчи входят желчные кислоты, пигменты, холестерин, белки, витамины, неорганические ионы. Желчь эмульгирует жиры, увеличивая тем самым поверхность, на которой осуществляется их гидролиз липазой.

Желчь, образуемая в печени, играет важную роль в обработке жиров. Последние эффективно перевариваются только в виде эмульсии, т. е. в состоянии мельчайших капелек, взвешенных в жидкости. Под действием кислот, содержащихся в желчи, жир переводится в состояние эмульсии. Примером эмульсии является обычное молоко: мельчайшие капельки жира, входящие в его состав, хорошо видны под микроскопом.

Хотя в желчи нет пищеварительных ферментов, она облегчает процесс пищеварения, активируя панкреатические и кишечные ферменты и нейтрализуя кислую реакцию химуса. Кроме того, в ней растворяются продукты гидролиза жиров, что способствует их последующему всасыванию. Желчь обладает также бактериостатическим свойством, активирует моторную и секреторную деятельность тонкой кишки и оказывает тормозящее влияние на желудочное пищеварение.

Тонкая кишка непрерывно совершает ритмические волнообразные (перистальтические) движения, в результате которых ее содержимое перемешивается с пищеварительными соками и постепенно передвигается в направлении к толстой кишке. Слизистая оболочка тонкой кишки содержит многочисленные железы (до 1000 на 1 мм²), вырабатывающие пищеварительный кишечный сок. В состав его входят многочисленные ферменты, действующие на все виды органических пищевых веществ (белки, жиры и углеводы) и на продукты их неполного расщепления, образующиеся в желудке. Сюда же изливается сок поджелудочной железы, также богатый ферментами для переваривания всех видов органических пищевых веществ.

В результате действия ферментов, в конечном итоге, белки



распадаются на аминокислоты, ибо каждая простая белковая молекула представляет собой комбинацию многих аминокислот различного состава. В клетках нашего тела из них образуются белки, свойственные человеческому организму. Сложные углеводы распадаются до обычного сахара, а жиры большей частью расщепляются на глицерин и так называемые жирные кислоты. Продукты окончательного переваривания переходят в кровь и лимфу. Этот важный процесс, называемый всасыванием, также осуществляется в тонкой кишке. Он обеспечивается специальным устройством ее слизистой оболочки, которая имеет здесь многочисленные довольно высокие круговые складки, и вся ее поверхность кажется бархатистой из-за множества маленьких выростов (до 1 мм высотой) — так называемых ворсинок. В каждом 1 мм² слизистой содержится 20-40 ворсинок. Благодаря складчатой структуре и ворсинкам слизистая тонкого кишечника имеет огромную поверхность — около 5 м², в то время как площадь поверхности нашего тела составляет 1,5-2 м². Каждая ворсинка представляет специальный аппарат для всасывания (рис. 7.3), она покрыта кишечным эпителием, внутри состоит из кровеносных и лимфатических сосудов, нервов и мышечной ткани. Сокращаясь, ворсинки работают как насос, нагнетая жидкость из полости кишечника в кровь и лимфу. Работа, совершаемая ими, весьма значительна.

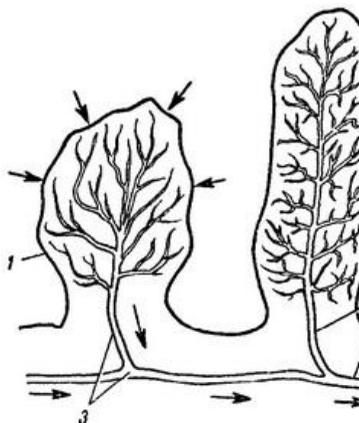


Рис. 7.3. Схема строения и работы ворсинки.

- 1 - ворсинка в сокращенном состоянии;
- 2 - ворсинка в несокращенном состоянии;
- 3 - сосуды ворсинки.

За сутки всасывается около 10 л жидкости, из них около 8 л составляют пищеварительные соки (слюна, желудочный сок, сок поджелудочной железы, желчь, кишечный сок). При этом всасывание не сводится к простой фильтрации или осмосу — оно представляет собой сложный физиологический процесс, результат работы клеток кишечного эпителия. Так, например, из веществ,



близких по химическому составу и физическим свойствам, одни быстро переводятся в кровь, другие задерживаются и попадают в значительно меньшем количестве.

В слизистой оболочке, кроме того, совершаются сложные химические процессы. В частности, из глицерина и жирных кислот, образовавшихся в кишечнике, здесь происходит синтез человеческого жира, который в виде эмульсии попадает затем в лимфатические сосуды и транспортируется отсюда в печень.

Образование кишечного пищеварительного сока, движения кишечника и процессы всасывания регулируются нервной системой и гормонами желез внутренней секреции.

Таким образом, в тонкой кишке завершается процесс пищеварения и происходит переход пищевых веществ в кровь и лимфу. Поэтому можно сказать, что она является самым важным отделом пищеварительного канала.

7.4. Всасывание в толстом кишечнике

Содержимое тонкой кишки постепенно переходит в следующий отдел пищеварительного тракта — толстую кишку. Последняя имеет длину около 1,5 м и располагается по периферии брюшной полости, окружая, подобно ободу, тонкую кишку. Сюда попадают вещества, не подвергшиеся расщеплению. Здесь интенсивно всасывается вода. В связи с такими особенностями функций толстая кишка отличается по строению от тонкой кишки. Ее слизистая оболочка не имеет таких многочисленных складок, она не содержит ворсинок; пищеварительных желез здесь тоже значительно меньше. В конечном отделе ее — прямой кишке, расположенной в малом тазу, — находятся специальные мышечные сжиматели (сфинктеры), которые регулируют опорожнение кишечника.

Существенной особенностью толстой кишки является наличие в ней многочисленных бактерий (или, как говорят, бактериальной флоры). На протяжении жизни характер микробов, населяющих ее, изменяется. У новорожденного кишечник стерилен, но уже после первого приема молока в нем обнаруживаются бактерии молочнокислого брожения, которые уступают место обычно для взрослого человека составу бактериальной флоры с момента перехода ребенка на общее питание. Среди этого «населения» встречаются различные виды микробов и в первую очередь так называемая кишечная палочка, а также бактерии, вызывающие процессы гниения и брожения.

Под влиянием последних происходит расщепление сложных



углеводов, из которых состоит клетчатка растительной пищи. Через желудок и тонкую кишку она проходит без изменений, потому что в пищеварительных соках нет фермента для ее переваривания. Растительная пища, содержащая значительное количество клетчатки, нам необходима, ибо движения толстой кишки побуждаются механическим раздражением, растяжением стенок его; следовательно, нужно, чтобы содержимое его имело достаточный объем и необходимое количество плотных веществ. Если пища состоит только из легко усвояемых продуктов, которые почти полностью используются в тонкой кишке, содержимое толстой кишки имеет малый объем и долго задерживается в нем: возникает запор.

В результате процессов брожения и гниения в толстой кишке образуются ядовитые вещества: индол, фенол, скатол и др. При нормальном функционировании ее они не опасны. В здоровом организме кишечные яды полностью обезвреживаются благодаря своевременному опорожнению кишечника, а также в результате действия определенных защитных механизмов: неповрежденная слизистая толстой кишки допускает лишь ограниченное всасывание этих ядов, а попавшие в кровь ядовитые вещества доставляются в печень, где они нейтрализуются. Иначе может обстоять дело при некоторых заболеваниях, в связи с которыми нарушается действие упомянутых защитных механизмов. Застой в толстой кишке способствует образованию большего количества ядов, так как увеличивается продолжительность гниения; к таким же последствиям приводит снижение защитных свойств пищеварительных соков (например, снижение кислотности желудка), так как при этом значительно возрастает число гнилостных бактерий и они даже распространяются в тонкую кишку. При некоторых заболеваниях печени снижается ее защитная роль и не происходит достаточного обезвреживания кишечных ядов. В этих случаях может происходить самоотравление, сопровождающееся тяжелыми расстройствами функций организма.

Начальный отдел толстой кишки — слепая кишка (рис. 7.4).

Она располагается в нижнем отделе живота справа и имеет форму небольшого мешка с приблизительно одинаковыми размерами длины и ширины (6-7 см). В нее впадает тонкая кишка и в этом месте имеется специальная заслонка и сжиматель (сфинктер), которые препятствуют возвращению содержимого в тонкую кишку.

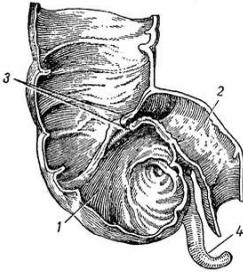


Рис. 7.4. Слепая кишка.

1 - слизистая оболочка слепой кишки;
 2 - тонкая (подвздошная) кишка;
 3 - заслонка, предотвращающая попадание содержимого слепой кишки в тонкую; 4 - червеобразный отросток (аппендикс).

Слепая кишка хорошо известна благодаря своему червеобразному отростку — аппендиксу, воспаление которого — аппендицит — является довольно распространенным заболеванием. Известно, что аппендикс представляет собой рудиментарный орган, т. е. недоразвитую часть слепой кишки, доставшуюся человеку по наследству от его животных предков. Поэтому до сравнительно недавнего времени считали, что этот орган совершенно бесполезен и даже вреден, а некоторые хирурги (главным образом в Америке) предлагали удалять червеобразный отросток у всех детей вскоре после рождения, чтобы избавить их от опасностей аппендицита и его осложнений.

Однако этот взгляд оказался ошибочным. Хотя червеобразный отросток, действительно, представляет собой рудиментарный орган, в организме человека он приобрел особые новые функции и стал далеко не бесполезным органом. Выяснилось, что он содержит много лимфоидной ткани и, стало быть, является защитным органом, подобно небным миндалинам. Некоторые ученые поэтому говорят, что аппендицит — это «ангина брюшной полости». Если при тяжелом воспалительном процессе аппендикс перестает выполнять свои полезные функции, его, конечно, приходится удалять. Здоровый же червеобразный отросток защищает нас от инфекции.



ГЛАВА 8. ФИЗИОЛОГИЧЕСКИЕ ПРОЦЕССЫ ЭНДОКРИННОЙ СИСТЕМЫ ЧЕЛОВЕКА

8.1. Физиологическая роль желез внутренней секреции

К эндокринным железам, или железам внутренней секреции, относятся железы, не имеющие выводных протоков и выделяющие свой секрет (гормоны) в межклеточные щели, а затем в кровь, лимфу или цереброспинальную жидкость.

Гормоны - это биологически активные вещества, поступающие непосредственно в кровь и влияющие на обмен веществ, рост, развитие организма и функцию различных органов и систем.

Гормоны могут оказывать свое влияние через нервную систему, а также гуморально, непосредственно воздействуя на активность органов, тканей и клеток.

Гормоны участвуют в регуляции функций организма. В животных организмах имеются два механизма регуляции – нервный и эндокринный. Оба механизма тесно связаны между собой и осуществляют единую нейроэндокринную регуляцию.

Гормоны приспособливают организм к изменяющимся условиям внутренней и внешней среды организма. Например, гипергликемия (повышенное содержание глюкозы в крови) стимулирует секрецию инсулина поджелудочной железой, это приводит к восстановлению уровня глюкозы в крови.

Гормоны восстанавливают измененное равновесие внутренней среды организма. Например, при понижении уровня глюкозы в крови (гипогликемия) из мозгового слоя надпочечников выбрасывается большое количество адреналина, который усиливает гликогенолиз (превращение гликогена в глюкозу) в печени, в результате чего нормализуется уровень глюкозы в крови.

8.2. Общая характеристика желез внутренней секреции

Эпифиз.

Верхний мозговой придаток или шишковидная железа, является образованием промежуточного мозга. Считается, что эпифиз сдерживает половое развитие у детей и тем самым регулирует половую активность. Эпифиз ещё называют «третьим глазом» (обладает повышенной чувствительностью к усилению светового, особенно солнечного потока). Также он участвует в регуляции процессов иммунитета.



Гипофиз.

Гипофиз расположен в гипофизарной ямке тела клиновидной кости. Он состоит из двух долей — передней и задней. В передней доле выделяют довольно узкую полоску железистой ткани — промежуточную часть.

Передняя доля гипофиза вырабатывает гормоны, которые регулируют секрецию всех остальных эндокринных желез.

- Гормон роста (соматотропный гормон) регулирует рост тела.

- Тиреотропный гормон воздействует на щитовидную железу и способствует образованию тироксина.

- Адrenокортикотропный гормон (АКТГ) стимулирует кору надпочечников и обеспечивает секрецию кортизола.

- Гонадотропные гормоны:

- Фолликулостимулирующий гормон (ФСГ) инициирует развитие яичниковых (граафовых) фолликулов, а также способствует образованию сперматозоидов в яичках.

- Лютеонизирующий гормон (ЛГ) контролирует секрецию эстрогена и прогестерона в яичниках и тестостерона в яичках.

- Лютеотропный гормон (пролактин) регулирует секрецию молока и способствует сохранению желтого тела беременности.

В задней доле гипофиза вырабатываются: антидиуретический гормон (АДГ), регулирующий количество жидкости, проходящей через почки, а также окситоцин, стимулирующий сокращение матки во время родов и способствующий образованию грудного молока.

Промежуточная доля гипофиза вырабатывает гормон – интроедин, регулирующий пигментный обмен и участвующий в процессах иммунитета.

Щитовидная железа.

Имеет две доли, расположенные по обе стороны от трахеи и соединенные спереди от нее полоской железистой ткани – перешейком, который находится на уровне 3-4-го хряща трахеи.

Железа хорошо снабжена кровью. Она покрыта плотной капсулой, которая связана с соседними органами и поэтому может двигаться при глотании и речи, что хорошо заметно при гипертрофии щитовидной железы.

Щитовидная железа вырабатывает гормоны: тироксин, трийодтиронин, тирокальцитонин. Первые два гормона регулируют основной обмен, последний - обмен кальция и фосфора. Гормоны щитовидной железы попадают в ток крови непосредственно или через лимфатическую систему.



Секреторную активность щитовидной железы регулирует тиреотропный гормон передней доли гипофиза. В свою очередь, гормоны щитовидной железы регулируют обмен веществ в органах и тканях.

Гипосекреция (гипотиреоз). Врожденная недостаточность секреции гормонов железы приводит к развитию кретинизма. Это заболевание проявляется задержкой умственного и физического развития. У взрослого человека недостаточность гормонов железы приводит к развитию микседемы, заболевания, характеризующегося снижением основного обмена, увеличением веса, сонливостью, замедленным мышлением и речью. Кожа больного становится влажной, подкожная клетчатка утолщается, волосы истончаются или выпадают. Температура тела понижается, а пульс урежается.

Гиперсекреция. Увеличение железы и повышенная выработка гормонов — гипертиреоз проявляется симптомами, противоположными микседеме. Больной быстро теряет вес, его нервная система становится неустойчивой, пульс учащается. Характерным симптомом гипертиреоза является экзофтальм (симптом Греффе), когда глазные яблоки выпячиваются наружу. Своевременно начатое лечение препятствует развитию указанных выше признаков заболевания.

Паращитовидные железы.

В количестве 4-х располагаются позади долей щитовидной железы, в её капсуле, по два с каждой стороны. Они вырабатывают гормон -паратгормон, который регулирует обмен кальция и фосфора. Кальций необходим для нормальной нервной и мышечной деятельности организма, и поэтому его недостаток в крови вызывает судороги. Это явление называется тетания.

Вилочковая железа.

Расположена между грудиной и трахеей. В настоящее время вилочковую железу рассматривают как центральный орган иммунитета, так как в ней происходит созревание Т-лимфоцитов, которые отвечают за клеточный иммунитет, т.е. способность распознавать, находить и уничтожать чужеродное.

Гормоном вилочковой железы является тимозин - это иммуномодулятор, влияющий на углеводный обмен, обмен кальция и нервно-мышечную передачу. Особенно больших размеров вилочковая железа достигает у детей (35г), у взрослых же происходит инволюция (обратное развитие) тимуса.

Надпочечники.

Парные железы, расположенные над верхними концами по-



Физиология человека

чек. Масса обеих желез по 15 г. В каждой железе имеется плотная соединительно-тканная капсула, проникающая внутрь железы и делящая её на два слоя; наружный - корковое вещество и внутренний - мозговое вещество.

Гормоны коркового вещества – кортикостероиды вырабатываются в 3 зонах:

Клубочковая зона, самая поверхностная, секретирует гормоны – минералокортикоиды (альдостерон, дезоксикортикостерон), которые влияют на водно-солевой обмен, тем самым действуя на почки. Избыток этих гормонов приводит к задержке воды и повышению артериального давления, а их недостаток - к обезвоживанию организма.

Пучковая зона (средняя) выделяет гормоны – глюкокортикоиды (кортизон и кортикостерон), которые являются мощными иммунодепрессантами (подавляют воспалительные реакции) и десенсебилизаторами (подавляют аллергические проявления). Также глюкокортикоиды влияют на углеводный обмен, стимулируют синтез гликогена в мышцах, тем самым повышая работоспособность. Особенно велика роль их при больших мышечных напряжениях, действии сверхсильных раздражителей, недостатке кислорода. В подобных условиях вырабатывается большое количество глюкокортикоидов, которые обеспечивают приспособление организма к этим чрезвычайным условиям (стресс-реакция).

Сетчатая зона вырабатывает половые гормоны – андрогены (мужские) и эстрогены и прогестерон (женские). Они влияют на развитие скелета и формирование вторичных половых признаков. Выработка гормонов противоположного пола тормозится половыми железами. Поэтому при кастрации (удаление половых желез) развиваются вторичные половые признаки противоположного пола. Те же явления наблюдаются при гиперфункции сетчатой зоны.

Гиперфункция надпочечников приводит к развитию бронзовой, или адиссоновой болезни. Она характеризуется, кроме бронзовой окраски кожи (отсюда название), резким похуданием, мышечной слабостью, гипотонией.

Мозговое вещество надпочечников вырабатывает катехоламины – адреналин и норадреналин. Главный гормон – адреналин - имеет широкий диапазон действия. Он оказывает влияние на сердечно-сосудистую систему, в частности сужает сосуды, тормозит движения пищеварительного тракта, вызывает расширение зрачка, восстанавливает работоспособность утомлённых мышц, усиливает углеводный обмен, суживает сосуды кожи и другие перифе-



рические сосуды. Выход адреналина в кровь связан и с возбуждением симпатической нервной системы. При различных экстремальных состояниях (охлаждение, чрезмерное мышечное напряжение, боль, ярость, страх – стресс-реакция) в крови увеличивается содержание адреналина.

Второй гормон – норадреналин - способствует поддержанию тонуса кровеносных сосудов. Норадреналин, кроме того, вырабатывается в синапсах и участвует в передаче возбуждения с симпатических нервных волокон на иннервируемые органы.

Недостатка катехоламинов в крови не наблюдается, так как они могут вырабатываться в организме другими хроматофильными тканями. Избыток их возникает при опухолях надпочечников и при резко увеличенной выработке этих гормонов. В результате возникает, беспредельная нагрузка на сердечно-сосудистую систему, артериальное давление достигает более 300 мм рт. ст.

Поджелудочная железа.

Относится к железам со смешанной функцией. Эндокринной частью поджелудочной железы являются островки Лангерганса, расположенные преимущественно в хвостовой части железы. Бета-клетки островков Лангерганса образуют гормон инсулин, альфа-клетки синтезируют глюкагон.

Инсулин принимает участие в регуляции углеводного обмена. Под действием гормона происходит уменьшение концентрации сахара в крови – возникает гипогликемия. Образование инсулина регулируется уровнем глюкозы в крови. Гипергликемия приводит к увеличению поступления инсулина в кровь. Гипогликемия уменьшает образование и поступление гормона в сосудистое русло.

Недостаточность внутрисекреторной функции поджелудочной железы приводит к развитию сахарного диабета, основными проявлениями которого являются: гипергликемия, глюкозурия (сахар в моче), полиурия (увеличенное выделение мочи), полифагия (повышенный аппетит), полидипсия (повышенная жажда).

Глюкагон участвует в регуляции углеводного обмена. По характеру своего действия на обмен углеводов он является антагонистом инсулина. Под влиянием глюкагона происходит расщепление гликогена в печени до глюкозы. В результате этого концентрация глюкозы в крови повышается. Кроме того, глюкагон стимулирует расщепление жира в жировой ткани.

Регуляция секреции глюкагона. На образование глюкагона в альфа-клетках островков Лангерганса оказывает влияние коли-



чество глюкозы в крови. При повышенном содержании глюкозы в крови происходит торможение секреции глюкагона, при пониженном — увеличение. На образование глюкагона оказывает влияние и гормон передней доли гипофиза — соматотропин, он повышает активность альфа-клеток, стимулируя образование глюкагона.

Регуляция желез внутренней секреции осуществляется сложным нейрогуморальным путём. Основная роль в этом принадлежит комплексу гипофиз-гипоталамус (часть промежуточного мозга). Гипоталамус оказывает два вида влияния: либо по нисходящим нервным путям, либо через гипофиз (гуморальный путь). Важнейшим фактором, влияющим на образование гормонов, является состояние регулируемых ими процессов и уровня концентрации тех или иных веществ в крови.



ГЛАВА 9. ФИЗИОЛОГИЯ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

9.1. Основные функции нервной системы

Нервная система — целостная морфологическая и функциональная совокупность различных взаимосвязанных нервных структур, которая совместно с эндокринной системой обеспечивает взаимосвязанную регуляцию деятельности всех систем организма и реакцию на изменение условий внутренней и внешней среды. Нервная система действует как интегративная система, связывая в одно целое чувствительность, двигательную активность и работу других регуляторных систем (эндокринной и иммунной). Нервная система определяет психическую деятельность человека (чувства, обучение, память, речь, мышление). С помощью этих процессов человек не только познает окружающую среду, но может целенаправленно на нее воздействовать.

Основные функции нервной системы:

Контроль деятельности всех органов и систем организма;

Интеграция (объединение в единое целое)

Координация их работы

Принять разделять нервную систему на центральную (ЦНС) и периферическую. К центральной нервной системе относятся спинной и головной мозг, а к периферической — отходящие от них нервы и нервные узлы (или ганглии).

Функционально нервную систему делят на соматическую и вегетативную.

Соматическая связана с координацией деятельности произвольной (поперечнополосатой) мускулатуры.

Вегетативная регулирует активность внутренних органов, желез, иннервирует гладкую мускулатуру. Контроль деятельности эффекторов вегетативной нервной системы осуществляется со стороны вышележащих отделов центральной нервной системы.

Вегетативная нервная система состоит из 2-х отделов — симпатической и парасимпатической нервной системы.

Нервная ткань состоит из нейронов, или нервных клеток и нейроглии, или нейроглиальных клеток. Нейроны — это основные структурные и функциональные элементы как в центральной, так и периферической нервной системе. Нейроны — это возбудимые клетки, то есть они способны генерировать и передавать электрические импульсы (потенциалы действия). Нейроны имеют различную форму и размеры, формируют отростки двух типов: аксоны и дендриты. У нейрона обычно несколько коротких разветвлённых дендритов, по которым импульсы следуют к



телу нейрона, и один длинный аксон, по которому импульсы идут от тела нейрона к другим клеткам (нейронам, мышечным либо железистым клеткам). Передача возбуждения с одного нейрона на другие клетки происходит посредством специализированных контактов — синапсов.

Нейроглиальные клетки более многочисленны, чем нейроны и составляют по крайней мере половину объема ЦНС, но в отличие от нейронов они не могут генерировать потенциалов действия. Нейроглиальные клетки выполняют вспомогательные функции в нервной системе, обеспечивая опорную, трофическую, секреторную, разграничительную и защитную функции.

9.2. Физиология центральной нервной системы

Центральная нервная система представлена спинным и головным мозгом.

Спинной мозг расположен в костном канале позвоночного столба. Верхняя часть спинного мозга на уровне первого шейного позвонка переходит в продолговатый отдел головного мозга. Спинной мозг состоит из 31-33 сегментов. В центре спинного мозга в узком канале - находится спинномозговая жидкость. На передней и задней поверхности имеются продольные борозды, разделяющие его на правую и левую половины. На поперечной разрезе можно увидеть, что в центральной части спинного мозга находится серое вещество, состоящее из тел нейронов, по форме напоминающее бабочку (рис. 9.1).

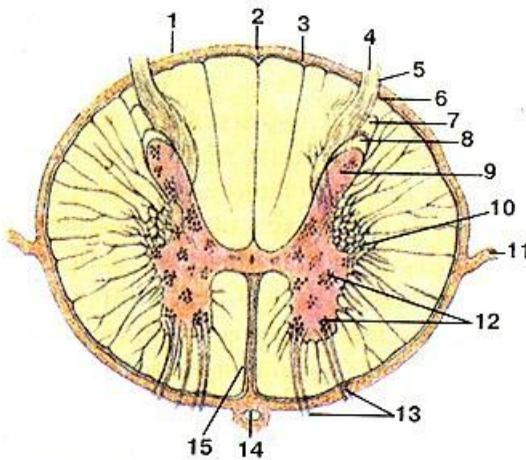


Рис. 9.1. Спинной мозг человека на поперечном разрезе.

1-мягкая оболочка спинного мозга;

2-задняя срединная борозда; 3-

задняя промежуточная борозда; 4-задний корешок спинномозгового

нерва; 5-

заднебоковая борозда;

6-пограничная зона; 7-

губчатый слой (губчатая зона); 8-

студенистое вещество; 9-задний рог спинного мозга; 10-боковой



рог; 11-зубчатая связка; 12-передний рог спинного мозга; 13-передний корешок спинномозгового нерва; 14-передняя спинномозговая артерия; 15-передняя срединная щель.

В нем различают передние и задние рога.

В передних располагаются двигательные нейроны. Их еще называют эфферентными или центробежными. Это клетки, направляющие свои аксоны к мышечным волокнам, то есть посылающие сигнал на исполнительный орган.

Задние рога содержат нервные клетки, на которых оканчиваются отростки чувствительных нейронов (афферентных, центростремительных), приносящих информацию от различных участков тела. Тела самих афферентных нейронов располагаются в спинномозговых ганглиях.

Белое вещество образовано длинными отростками нейронов. От каждого сегмента отходят по 2 пары корешков – передних и задних. Передние несут отростки (аксоны) мотонейронов, задние – отростки чувствительных нейронов.

На выходе из спинного мозга корешки соединяются и образуют пару спинномозговых нервов (правый и левый).

Длинные отростки белого вещества направляются вверх или вниз, образуя восходящие и нисходящие проводящие пути. Восходящие представляют собой аксоны нейронов спинного мозга, направляющиеся в головной мозг, нисходящие – отростки нейронов головного мозга, идущие в спинной. Таким образом спинной мозг оказывается связанным с головным, который осуществляет контроль и координацию деятельности всех органов и систем.

Мотонейроны спинного мозга иннервируют все скелетные мышцы (кроме мышц лица). Спинной мозг осуществляет элементарные двигательные рефлексы - сгибательные, разгибательные, ритмические, возникающие при раздражении кожи, мышц и сухожилий, а также посылает постоянную импульсацию к мышцам, поддерживая мышечный тонус.

Специальные мотонейроны иннервируют дыхательную мускулатуру - межреберные мышцы и диафрагму и обеспечивают дыхательные движения. Вегетативные нейроны иннервируют все внутренние органы – сердце, сосуды, потовые железы, железы внутренней секреции, пищеварительный тракт, мочеполовую систему.

Функции спинного мозга: рефлекторная и проводниковая. Рефлекторная функция обеспечивает двигательную активность

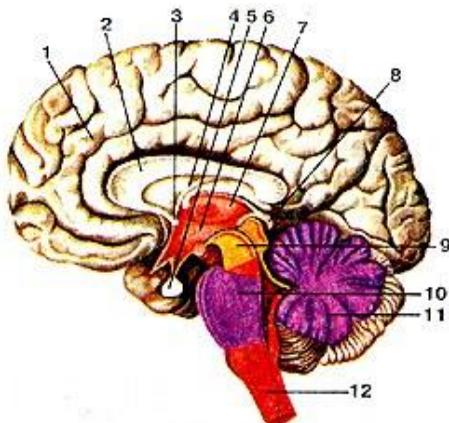


Физиология человека

человека, проводниковая - обеспечивает связь и согласование работы всех отделов ЦНС по восходящим и нисходящим путям. Главным регулятором работы спинного мозга является головной

мозг. Головной мозг находится в полости черепа (рис. 9.2).

Рис. 9.2. Головной мозг. Сагиттальный разрез.



1-полушарие большого мозга;
 2-мозолистое тело;
 3-передняя (белая) спайка;
 4-свод мозга; 5-гипофиз;
 6-полость промежуточного мозга (III желудочек); 7-

таламус;

8-эпифиз мозга; 9-средний мозг;

10-мост; 11-мозжечок; 12-продолговатый мозг.

Он состоит из 5 отделов: заднего мозга, среднего мозга, мозжечка, промежуточного и конечного мозга.

Задний мозг состоит из продолговатого мозга и варолиева моста.

Этот отдел является непосредственным продолжением спинного мозга и сохраняет черты сегментарного строения. От заднего мозга отходят 5-12 пары черепно-мозговых нервов (всего их 12 пар, иннервирующие мышцы шеи, гортани, лица, ротовой полости, трахеи, а также желудочно-кишечный тракт, сердце, сосуды, слюнные железы.. Продолговатый мозг контролирует регуляцию дыхания, сердечно-сосудистую и пищеварительную системы, отвечает за потоотделение, регулирует рефлексы сосания, глотания, движения желудка и части кишечника, выделения пищеварительных соков, защитные рефлексы - рвоты, чихания, кашля, слезоотделения, мигания.

В продолговатом мозге находится дыхательный центр, состоящий из центров вдоха и выдоха. Рядом расположен сердечно-сосудистый центр, регулирующий деятельность сердца и просвет сосудов. Данные рефлексы - это ответ на раздражение аффе-



рентных волокон языкоглоточного, слухового, вестибулярного, тройничного и блуждающего нервов.

Средний мозг — это подкорковый регулятор мышечного тонуса, зрительных и слуховых ориентировочных рефлексов и сложных двигательных рефлекторных актов. Участие среднего и продолговатого мозга влияет на позы человека, выпрямительные и лифтные рефлексы. Этот отдел выполняет ряд реакций, являющихся компонентами ориентировочного рефлекса. В ответ на внезапное раздражение происходит поворот головы и глаз в сторону раздражителя. Этот рефлекс необходим для подготовки организма к своевременной реакции на любой внешнее раздражение.

Мозжечок — это второй по размерам отдел головного мозга, расположенный непосредственно над продолговатым мозгом. Поверхность его образована корой (серое вещество), а в белом веществе находятся ядра, куда поступает многочисленная информация от проприорецепторов (скелетные мышцы, связки, сухожилия, суставные сумки) двигательного аппарата.

Функции мозжечка. Мозжечок отвечает за сложные двигательные акты и произвольные действия (равновесие и координацию движений). Нарушение структуры мозжечка приводит к расстройству движений, ориентировки в пространстве, потере тонуса мышц. Кроме этого отмечается повышенная утомляемость (астения) и падение мышечного тонуса (атония).

Промежуточный (продолговатый) мозг состоит из таламической области и гипоталамуса. Он расположен между средним и конечным мозгом, опоясывая III желудочек мозга. Таламическая область объединяется таламусом, коленчатым телом и эпифизом (эпиталамус).

Таламус — зрительный бугор, представленный парным ядерным центром, — является коллектором афферентных путей, идущих к коре больших полушарий. Многочисленные ядра (до 40 парных) выполняют разноплановые многочисленные функции, такие как обонятельная и висцеральная рецепция подкоркового болевого центра, где формируется ощущение боли. Разрушение неспецифических ядер, как правило, не вызывает патологических расстройств эмоций, сна и бодрствования, образования условных рефлексов. Нарушается их тонкая дифференцированная регуляция в поведенческих реакциях.

Гипоталамус является многофункциональной системой с регулирующим и интегрирующим влиянием и считается одним из важнейших образований мозга. В нем насчитывается до 48 парных ядер, подразделяющихся на передние {центр парасимпатиче-



ской регуляции), средние и задние (симпатическое влияние). Гипоталамус имеет обширные связи со всеми отделами ЦНС и с железами внутренней секреции за счет важнейшего физиологического треугольника (гипоталамус—гипофиз—надпочечники), являясь, таким образом, высшим подкорковым регулятором обмена веществ (эндокринная система), теплового баланса организма, цикла «бодрствование—сон», т.е. биоритмов. Гипоталамус оказывает влияние на сердечную деятельность, осмотическое давление, на биологические потребности Пищевого, полового и агрессивно-оборонительного поведения.

Базальные ганглии включают три парных образования: бледный шар, полосатое тело с хвостатым ядром и оgradu. Они расположены в основании больших полушарий. Базальные ганглии, являясь промежуточным звеном, связывают ассоциативную и сенсорную кору с двигательной корой. Они выполняют функцию организации моторной активности организма, связанной с обучением, а также осуществляют контроль за параметрами движения — силой, амплитудой, скоростью и направлением.

Конечный мозг состоит из базальных ганглиев коры больших полушарий и белого вещества. Базальные ганглии представляют собой подкорковые ядерные образования. Они принимают участие в координации и регуляции двигательной активности. Конечный мозг разделен на 2 полушария, связанных между собой комиссурами (рис. 9.3.).

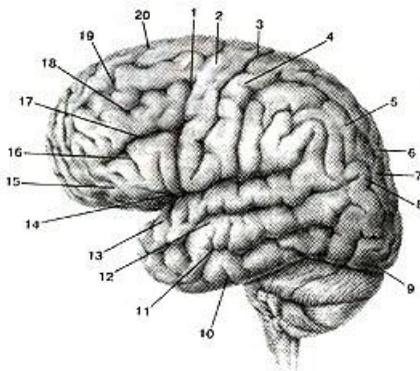


Рис. 9.3. Верхне-латеральная поверхность полушария большого мозга.

- 1-предцентральная борозда;
- 2-предцентральная извилина;
- 3-центральная борозда;
- 4-постцентральная извилина;
- 5-верхняя теменная доля;
- 6-внутритеменная борозда;
- 7-нижняя теменная доля;
- 8-угловая извилина;
- 9-затылочной полюс;
- 10-нижняя височная извилина;
- 11-нижняя височная борозда;
- 12-средняя височная извилина;

- 8-угловая
- 9-затылочной
- 10-нижняя
- 11-нижняя
- 12-средняя



13-верхняя височная извилина;
 14-латеральная борозда; 15-глазничная часть; 6-нижняя лобная извилина; 17-нижняя лобная борозда; 18-средняя лобная извилина; 19-верхняя лобная борозда; 20-верхняя лобная извилина.

Поверхность больших полушарий образована серым веществом — корой (нервные клетки), а также белым веществом, где расположены подкорковые ядра. Поверхность головного мозга складчатая и покрыта глубокими извилинами и бороздами. В коре больших полушарий находится более 14 млрд нейронов.

В разных участках коры находятся различные чувствительные и двигательные зоны, которые выполняют определенные функции.

Кора большого мозга - это древнее образование, представляющее многослойную нейронную ткань. Она делится на древнюю, старую и новую кору. Новая кора составляет 96 % общей площади и только около 5 % приходится на долю древней и старой коры. На новую кору как высший отдел соматической нервной системы приходится регуляция произвольных действий, осмысление восприятия мира, т.е. она осознается человеком. В коре выделяют 6 слоев, состоящих из пирамидных и звездчатых клеток. Каждому полю соответствуют форма и расположение нейронов, которые образуют до 52 полей, выполняющих различные функции. Разрушение коры приводит к последствиям, не совместимым с жизнью.

Функции коры обеспечиваются вертикальной связью корковых клеток с периферическими отделами сенсорных систем и горизонтальными связями со всеми областями коры, включая локализованные участки высших центров. Наиболее значимой является ассоциативная зона, куда поступает информация от рецепторов, воспринимающих сигналы различной модальности от всех проекционных зон коры. Она и дает сознательную информацию к действию.

В настоящее время разработаны и изучены различные функциональные возможности центральных локализаций в коре головного мозга. Каждая область коры имеет свой участок, где локализуется, интегрируется и перерабатывается информация от периферийных отделов всего организма человека. Наиболее важными из них являются сенсорные и моторные зоны.

Импульсы от сенсорных рецепторов, за исключением обонятельного, через таламус поступают в кору. Центральные проекции соматической и висцеральной чувствительности расположены в первой и второй соматосенсорных зонах. Первая расположена в



задней извилине и принимает импульсы от двигательного аппарата, кожных и висцеральных рецепторов. Вторая соматосенсорная зона находится под роландовой бороздой, и она принимает импульсы от проприорецепторов мышц и внутренних органов. Центральная область зрительной рецепции находится в затылочной области коры. Разрушение данных полей приводит к корковой слепоте и потере зрительной памяти.

Слуховая область коры локализуется в височном отделе мозга. Нарушение этих полей — корковая глухота. Вкусовая рецепция находится в передней части грушевидной извилины. Любые изменения целостности сенсорных зон ведут к потере чувствительности, изменениям психофизиологических качеств личности, влечений и нарушениям оценки самой жизни.

Моторные зоны коры находятся в центральной извилине. Различная двигательная активность обеспечивается и контролируется за счет связей двигательной зоны с центральными проекциями всех сенсорных систем. Нарушение передней центральной извилины ведет к параличам и парезам.

Импульсы из органов чувств, кожи, внутренних органов, мышц и сухожилий, поступая в чувствительные зоны, возбуждают нейроны — и возникают ощущения. Это первый этап информационной атаки на чувствительные зоны коры больших полушарий, затем идет переработка информации и затем обратный импульс «на действие» к органу. Например, зрительная зона находится в коре затылочной доли, в височной — слуховая зона, в коре за центральной бороздой — зона кожно-мышечной чувствительности и т.д. Двигательная зона коры расположена перед центральной бороздой. При возбуждении нейронов этой зоны происходит контроль всех произвольных движений человека.

Коре принадлежит исключительная роль в связи с осуществлением психической деятельности. В коре находятся высшие интегративные центры мозга, осуществляющие сознательную регуляцию деятельности организма.

Сенсорные зоны получают сведения от рецепторов. Попавшая сюда информация передается в ассоциативные зоны коры, в которой происходят процессы анализа и синтеза полученных данных, их сопоставление с уже имеющимися. На основании этого составляется программа действий, передающаяся на двигательные области коры, а также прогнозирование возможных вариантов развития ситуации. Двигательная или моторная кора посылает сигналы, направляющиеся к двигательным нейронам спинного мозга. При этом ассоциативные зоны коры у человека занимают



большую площадь, чем проекционные (сенсорные) и имеют более сложное строение.

Различные нарушения или изменения функций коры головного мозга регистрируются с помощью электроэнцефалограммы (ЭЭГ), где с помощью биоэлектрических потенциалов определяют уровень физиологической активности. При изменении медленных электрических потенциалов диагностируют выраженность эмоций или возможности физической готовности спортсменов при выполнении ими максимальной и субмаксимальной нагрузки. Появление определенных волн (их различают по 4 типам ритмов) при исследовании биопотенциалов головного мозга указывает на необходимость изменений в режиме тренировок у спортсменов.

Кора головного мозга функционирует в организме как единое целое, являясь контролером и координатором функций систем организма, включая психическую деятельность человека. Причем каждый из отделов головного мозга выполняет свои функции и ответственен за определенный отдел в сложной системе организма.

В функциональном и анатомическом отношении полушария не однозначны. Левое – ответственно за речевые функции, оно вербализует информацию. В своей работе оно использует принцип разбиения на части. Это «аналитическое» полушарие. Правое же наоборот «синтетическое», для него характерно целостное восприятие. Это полушарие «мыслит» образами.

Асимметрия полушарий головного мозга — это одно из значимых открытий конца 50-х годов в физиологии. В головном мозге происходит разделение функций между полушариями. Это генетически обусловленный биологический процесс. Например, правое полушарие не обладает способностью к словесному обобщению, а при разрушении левой половины меняется содержание понятий «настоящее» и «будущее». При нарушении целостности правой половины мозга возникают расстройства чувственной и эмоциональной сфер. Постоянный обмен информацией между полушариями ведет к корректировке абстрактных схем восприятия. Причем каждое полушарие наделено определенными качественными понятиями через отражения действительности. Асимметрия головного мозга выражается в преимущественном участии левой или правой половины мозга в более качественном анализе внешних раздражителей и возможности выбора стратегии к действию при различных жизненных ситуациях — в спорте, профессиональной деятельности, где требуется участие, например левой и правой руки, в выполнении какой-то работы одинаково качественно



и точно. Главное, что в процессе тренировки, обучения профессиональным навыкам за счет асимметрии, можно как бы уравновесить функции - «научить» правшей выполнять такую же работу левой рукой, т.е. одно полушарие может выполнять и контролировать работу другого полушария, взяв на себя определенные функции.

9.3. Вегетативная нервная система

Регуляция деятельности внутренних органов осуществляется нервной системой через ее специальный отдел - вегетативную нервную систему.

Вегетативная нервная система (ВНС) - это часть нервной системы, которая обеспечивает регуляцию внутренних органов, кожи, гладкой мышечной ткани, эндокринных желез и сердечно-сосудистой системы. Ее нервные клетки вынесены на периферию и лежат за пределами центральной нервной системы. Их тела располагаются в так называемых ганглиях вегетативной нервной системы. Волокна, соединяющие спинной мозг с вегетативными ганглиями, называются преганглионарными, а идущие от нейронов, расположенных в ганглиях, к иннервируемым органам – постганглионарными волокнами.

Большинство органов имеют как симпатическую, так и парасимпатическую иннервацию, Однако, некоторые сосуды, например кожи, органы чувств, получают сигналы только от симпатической нервной системы.

Вегетативная нервная система подразделяется на два отдела - симпатический и парасимпатический.

Симпатическая система оказывает активирующее воздействие на работу сердца, увеличивает частоту и глубину дыхания, вызывает интенсификацию обменных процессов, замедляя при этом моторику желудочно-кишечного тракта и угнетая деятельность пищеварительных желез, а также расширяет периферические кровеносные сосуды мышц. В целом организм приводится в состояние готовности к активным действиям – борьбе, бегу. Ганглии симпатической нервной системы находятся на некотором отдалении от органов-мишеней. Часть из них лежит по бокам от позвоночника, образуя правый и левый симпатические стволы.

Действие парасимпатической нервной системы в большинстве случаев оказывает противоположный эффект: снижается сила и частота сердечных сокращений, дыхание становится реже, кровь приливает к внутренним органам, активируется деятель-



Физиология человека

ность пищеварительного тракта. Таким образом, действие этого отдела вегетативной нервной системы способствует протеканию восстановительных процессов в организме.

Если симпатическая часть возбуждается выбросом адреналина, то парасимпатическая преимущественно функционирует за счет влияния ацетилхолина. Тормозящее влияние оказывает на симпатическую часть эрготамин, а на парасимпатическую — атропин.

Парасимпатические ганглии располагаются вблизи или внутри иннервируемых органов.

Парасимпатическая система как наиболее древняя создает устойчивость органов и отвечает за гомеостаз, а симпатическая влияет на функционирование органов в зависимости от потребностей в период их деятельности (физические нагрузки, умственная работа и т.д.). Обе системы взаимодействуют друг с другом, но если преобладает тонус одной над другой, наступают различные состояния, вызывающие специфические психофизиологические реакции организма. При преобладании, например, тонуса парасимпатической части развивается ваготония, характерная для спокойного сна. Но при значительном преобладании ее деятельности могут развиваться ваготонические кризы (бронхиальная астма, отек Квинке, морская болезнь, вазомоторный ринит и др.).

Если преобладает симпатическая часть вегетативной иннервации, наступает симпатикотония, которая проявляется аффективным состоянием в виде страха, гнева и др. Клинические же проявления, связанные с нарушением данной иннервации, характеризуются симпатотоническими спазмами сосудов, гипертоническими и сердечно-сосудистыми кризами. В таблице 9.1 представлены данные дифференцированного влияния вегетативной системы на функции внутренних органов.

Таблица 9.1. Влияние вегетативной нервной системы на функции внутренних органов

Орган	Симпатическая система	Парасимпатическая система
Сосуды головного мозга	Расширение	Сужение



Физиология человека

Глаз	Расширение зрачка и глазной щели, экзофтальм	Сужение зрачка (миоз) и глазной щели, анофтальм
Слюнные железы	Снижение секреции	Усиление секреции
Периферийные сосуды	Расширение	Сужение
Бронхи	Расширение бронхов и уменьшение выделе- ния слизи	Сужение бронхов и усиле- ние выделения слизи
Сердце	Повышение артери- ального давления, ускорение и усиление сокращений сердца	Снижение артериального давления, замедление со- кращений сердца
Сосуды сердца	Расширение	Сужение
Желудок	Ослабление моторики	Усиление моторики
Надпочечники	Усиление секреции	Снижение секреции
Прочие сосуды	Сужение	Расширение
Железы эндокринные	Уменьшение выделения густого секрета	Повышение выделения густого секрета
Гладкие мышцы	Снижение моторики и повышение тонуса сфинктеров	Повышение моторики, снижение тонуса сфинкте- ров
Скелетные мышцы	Повышение двигательной активности	Снижение двигательной активности
Почки	Снижение диуреза	Повышение диуреза
Кровь	Повышение свертываемости	Снижение свертываемости
Обмен веществ	Преобладание катаболизма	Преобладание анаболизма



Физиология человека

Гормоны	Повышение	Снижение выделения
---------	-----------	--------------------

При этом все вегетативные функции контролируются полушариями головного мозга и его высшим отделом — корой полушарий головного мозга.



ГЛАВА 10. СЕНСОРНЫЕ СИСТЕМЫ ОРГАНИЗМА ЧЕЛОВЕКА, ОРГАНЫ ЧУВСТВ

Одним из основных свойств живых существ является способность воспринимать информацию об окружающем мире. При этом физические факторы такие, как давление, свет, звук благодаря наличию специализированных образований преобразуются в нервные импульсы, которые и подвергаются дальнейшему анализу. В целом система специализированных органов, посредством которой осуществляется восприятие и переработка сигналов различной модальности (световых, звуковых, температурных и др.), поступающих из внешней и внутренней среды, носит название сенсорной системы. Сенсорные системы состоят из 3-х отделов:

1) периферической части – органа чувств, представляющего собой рецепторный аппарат, собственно воспринимающий и преобразующий в нервные импульсы поступающие сигналы;

2) проводниковой части – нервных волокон, осуществляющих передачу информации от периферического отдела к центральному;

3) центрального отдела – определенной области головного мозга, в которой проецируются сигналы от органов чувств.

В зависимости от характера раздражителей сенсорные системы разделяют на группы, реагирующие на следующие виды раздражителей.

1) механические – тактильный, болевой, двигательный, вестибулярный, борорецептивный анализаторы;

2) химический – обонятельный, вкусовой анализаторы, хеморецептивный отдел в сосудах, пищеварительном тракте и др.;

3) световые – зрительный анализатор;

4) звуковые - слуховой анализатор;

5) температурные – температурный анализатор.

По среде, из которой воспринимаются раздражители, сенсорные системы делятся на 2 группы: 1) внешние; 2) внутренние – воспринимающие раздражения из внутренней среды организма.

Характерным свойством деятельности сенсорных систем является адаптация - способность приспосабливаться к интенсивности действия раздражителя. Так, снижение чувствительности глаза при раздражении сильным светом говорит о световой адаптации, характеризующейся увеличением порога раздражения. Темновая адаптация, проявляющаяся в снижении порога раздражения, наблюдается при действии слабого света.

Возбуждение, возникающее в отдельных нервных клетках



сенсорной системы может иррадиировать – распространяться на другие нервные клетки этого же анализатора.

Иррадиация свойственна всем анализаторам. Например, в зрительной системе она обнаруживается при наблюдении за величиной и формой солнца. Если смотреть на солнце через сильно закопченное стекло, оно кажется круглым пятном с рельефно очерченными краями. При постепенном уменьшении степени закопченности стекла солнце утрачивает свою правильную круглую форму, причем кажется, что его размеры сильно увеличиваются.

10.1. Зрительная сенсорная система

Основную часть информации о внешнем мире человек получает от зрительной сенсорной системы. Ее периферический отдел, приспособленный для восприятия света, состоит из рецепторной части, расположенной на внутренней поверхности глаза многослойной сетчатки, и оптической системы глаза – устройства, предназначенного для фокусировки световых лучей.

Глазное яблоко человека расположено в полости глазницы. Оно имеет неправильную шаровидную форму, передне-задний размер взрослого человека, составляет около 23-24 мм.

Стенки глазного яблока состоят из 3-х оболочек: наружной, сосудистой и внутренней (рис. 10.1.)



Рис. 10.1. Строение глаза человека

Снаружи глазное яблоко покрыто белочной непрозрачной оболочкой (склерой), которая в передней части прозрачна и называется роговицей (через нее свободно проходят лучи света).



Место перехода склеры в роговицу называется лимб. Роговица имеет ряд характеристик: прозрачность (отсутствие сосудов), блеск, сферичность и чувствительность. Роговица относится к оптической системе глаза, она проводит и преломляет свет (толщина её в разных отделах составляет от 0.2 до 0.4 мм, а преломляющая сила роговицы равна примерно 40 диоптриям).

Средняя (сосудистая) оболочка глаза состоит из радужки, ресничного тела и собственно сосудистой оболочки, которые находятся непосредственно под склерой. Средняя оболочка глаза обеспечивает питание глазного яблока, участвует в обменных процессах и выведении продуктов обмена тканей глаза. Собственно сосудистая оболочка глаза (хориоидея) составляет большую часть сосудистого тракта глаза (2/3) и выполняет роль питания внутренней оболочки глаза – сетчатки.

Передняя часть сосудистой оболочки называется радужкой (радужная оболочка). Радужка является передним отделом сосудистого тракта глаза, она находится за прозрачной роговицей, в центре имеется регулируемое круглое отверстие – зрачок. Таким образом, радужка в строении глаза человека выполняет роль диафрагмы, окрашенной в определенный цвет. Цвет глаз человека определяется количеством пигмента радужки меланина (от светло голубого до коричневого), который защищает глаза от избыточного количества солнечного света.

Зрачок в виде отверстия в радужной оболочке регулирует поступления внутрь глаза света. Диаметр зрачка меняется от 2 до 8 мм, в зависимости от освещенности, нервной регуляции или действия медикаментов. В норме зрачок сужается на ярком свете и расширяется при недостаточном освещении.

Цилиарное тело – участок сосудистой оболочки, расположенной в основании радужки. В толще цилиарного тела находится цилиарная мышца, которая изменяет кривизну хрусталика.

Хрусталик находится за зрачком, он представляет собой биологическую линзу, которая под воздействием цилиарной мышцы изменяет кривизну и участвует в акте аккомодации глаза (фокусировки взгляда на разноудаленных предметах). Преломляющая сила этой линзы меняется от 20 диоптрий в состоянии покоя, до 30 диоптрий, при работе цилиарной мышцы.

Кроме того, в глазном яблоке можно выделить переднюю и заднюю камеру глаза – пространства, заполненные водянистой влагой – жидкостью, циркулирующей внутри глаза и выполняющую питательную функцию для роговицы и хрусталика (в норме, эти образования не имеют кровеносных сосудов). Передняя каме-



ра глаза расположена между роговицей и радужкой, задняя – между радужкой и хрусталиком глаза. Водянистая влага вырабатывается отростками цилиарного тела, затем оттекает через зрачок в переднюю камеру, после чего через особую дренажную систему (трабекулярный аппарат) оттекает в сосудистую сеть.

За хрусталиком расположено объемное образование, наполняющее глаз, стекловидное тело, имеющее желеподобную консистенцию. Функции стекловидного тела – светопроведение и поддержание формы глазного яблока.

Сетчатка (внутренняя, чувствительная оболочка глаза) выстилает полость глазного яблока изнутри. Это самая тонкая из оболочек глаза, толщина её составляет от 0.07 до 0.5 мм. Сетчатка имеет сложное строение и состоит из 10 слоев клеток. Основная её роль – формирование изображения (свето- и цветовосприятие). Основу сетчатки составляют два вида специальных чувствительных клеток - фоторецепторов – колбочки и палочки, с помощью которых возможно преобразование световой энергии в электрическую. Палочки располагаются, в основном, на периферии сетчатки и отвечают за черно-белое, сумеречное зрение. Колбочки сосредоточены в центральных отделах сетчатки - макуле, и отвечают за мелкие детали предметов и цвета. Видеть при малой интенсивности освещения нам помогают именно палочки, а колбочки для своей работы наоборот требуют большого количества света. Но зато с помощью колбочек мы можем различать цвета и очень мелкие детали обстановки. Нервные волокна, идущие от чувствительных клеток формируют зрительный нерв, который выходит из заднего полюса глаза и проникает в полость черепа, в головной мозг. Место выхода нерва не содержит ни палочек, ни колбочек, а следовательно не воспринимает световые стимулы, в связи с чем получило название - слепое пятно.

Снаружи глазные яблоки защищены веками, по краям окружены глазодвигательными мышцами и жировой клетчаткой.

Человек видит не глазами, а посредством глаз, откуда информация передается через зрительный нерв, хиазму, зрительные тракты в определенные области затылочных долей коры головного мозга, где формируется та картина внешнего мира, которую мы видим. Все эти органы и составляют зрительный анализатор или зрительную систему.



10.2. Слуховой анализатор

С помощью слуха люди общаются между собой, слышат речь, музыку, выполняют свои профессиональные обязанности. Уши человека (и у млекопитающих животных) образованы тремя отделами (наружным, средним и внутренним ухом), дающими возможность слышать и сохранять равновесие. Человеческое ухо воспринимает звуки громкостью от 10 до 14 децибел и частотой волны от 20 до 20 000 герц (выше данного показателя ультразвуки, которые человек не воспринимает). Человеческая речь — это звуковые колебания от 1000 до 3000 Гц, которые воспринимаются ухом. Данный диапазон носит название речевой зоны.

Наружное ухо включает в себя ушную (хрящевую) раковину и слуховой проход (рис. 10.2).

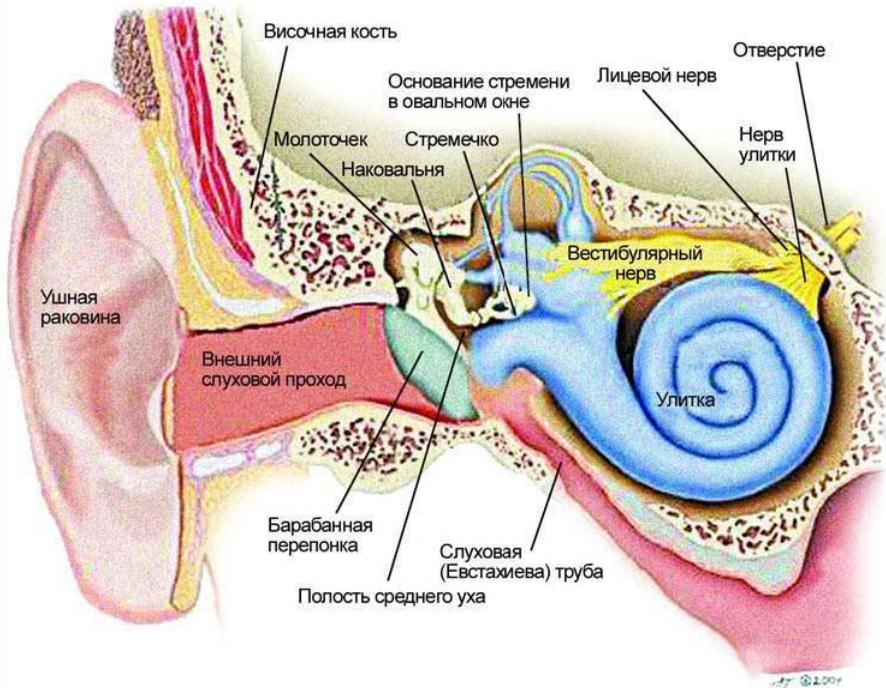


Рис. 10.2. Строение уха человека

В среднем ухе находится барабанная перепонка (затягивающая наружный слуховой проход), за которой находятся три



слуховые косточки (стремечко, молоточек и наковальня), передающие колебания воздушной среды от барабанной перепонки к внутреннему уху. Они связывают барабанную перепонку с эластичной перепонкой, которая затягивает овальное окно внутреннего уха. Полость среднего уха с помощью евстахиевой (слуховой) трубы сообщается с носоглоткой, позволяя обеспечивать выравнивание атмосферного давления в среднем ухе (со стороны барабанной перепонки).

Внутренне ухо — улитка, это система полостей и извитых каналов — костный лабиринт (внутри которого располагается перепончатый лабиринт, заполненный жидкостью), соединенный со средним ухом овальным и круглым окнами. В улитке находятся клетки, воспринимающие слуховые колебания — слуховые рецепторы, связанные со слуховым нервом, а в лабиринтах, состоящих из полукружных каналов (заполненных жидкостью), находятся чувствительные волоски, реагирующие на движения тела и дающие информацию о его положении, там расположен вестибулярный аппарат.

Через ушную раковину звуковые волны через наружный слуховой проход достигают барабанной перепонки и вызывают ее колебания. Восприятие звуковых колебаний осуществляется рецепторами внутреннего уха. Первичный анализ звука происходит в кортиевом органе. Кортиев орган — это система волокон, мембран и волосковых клеток, передающая информацию.

Слуховые косточки усиливают эти колебания и передают их через овальное окно во внутреннее ухо — улитке. Это вызывает колебания жидкости, и чувствительные клетки (рецепторы) переводят колебания в нервный импульс по слуховому нерву в головной мозг, в зону височной области коры больших полушарий, где происходит анализ и формирование слуховых ощущений. Корковым отделом слухового анализатора является височная доля.

Слуховой анализ — это восприятие периферических ощущений, создаваемых различными источниками колебаний.

10.3. Вестибулярный анализатор

Вестибулярная сенсорная система осуществляет регуляцию мышечного тонуса, координирует изменения положения головы и тела. Периферическим отделом вестибулярного анализатора является вестибулярный аппарат, расположенный в лабиринте, расположенном в пирамидке височной кости.

Составными частями лабиринта являются преддверие, за-



полненное эндолимфой, полукружные каналы и улитка. На стенках преддверия имеются 5 отверстий, от которых в виде дугообразных ходов начинаются три полукружных канала: боковой, верхний и задний, расположенные в 3-х взаимоперпендикулярных плоскостях..

Важной частью воспринимающего аппарата преддверия является отолитовый прибор с рецепторами чувствительных клеток и отолитовой мембраной, на поверхности которой находятся отолитовые кристаллы углекислого и фосфорнокислого кальция.

Под действием силы тяжести при перемещении тела или движениях головы отолитовая мембрана может свободно перемещаться в эндолимфе и оказывать различное давление на чувствительные клетки. Тем самым изменяется характер сигнализации от аппарата преддверия в центральную нервную систему.

Поскольку полукружные каналы расположены в 3-х взаимоперпендикулярных плоскостях, то при любом угловом ускорении (например, при вращении) в них происходит изменение давления, воспринимаемое соответствующими рецепторами.

Вестибулярный нерв присоединяется к слуховому и в его составе входит в продолговатый мозг. Отсюда начинаются аксоны вторых нейронов, направляющихся в зрительные бугры и далее в височную долю больших полушарий. Вестибулярный анализатор тесно связан с мозжечком, регулирующим его функции.

Адекватным раздражителем для аппарата преддверия являются сила земного притяжения, ускорения при прямолинейных движениях и центробежная сила. При быстром подъеме и спуске рефлекторно повышается тонус сгибательной мускулатуры конечностей, туловища и шеи в виде т.н. лифтных рефлексов. В начале подъема и окончании спуска происходит сгибание шеи, конечностей и туловища, при окончании подъема и в начале спуска – их разгибание.

Для полукружных каналов адекватным раздражителем являются угловые ускорения и ускорение Кориолиса – добавочное ускорение, достигаемое, например, путем наклона головы при вращении человека вокруг вертикальной оси.

При длительном раздражении рецепторов преддверия и полукружных каналов вестибулярные рефлексy могут способствовать ухудшению состояния организма, вызывающих состояние укачивания или «морской» или «воздушной» болезни. При этом наблюдаются бледность, потливость, головокружение, слабость, тошнота, рвота нарушение нормального тонуса мышц, снижение работоспособности.



Организм плохо переносит не только перераздражение, но и отсутствие раздражения вестибулярного аппарата, например, в космосе при отсутствии силы тяжести).

Центральный отдел вестибулярного анализатора локализуется в височной области коры большого мозга. Проходя продолговатый мозг через 4 вестибулярных ядра (верхнее, нижнее, медиальное и латеральное), нервные пути обеспечивают двигательную активность человека.

10.4. Обонятельный анализатор

Обонятельные ощущения играют значительную роль в жизни человека. С помощью обоняния человек может предотвратить попадание в организм химически опасных ингредиентов.

Рецепторы обоняния и вкуса являются наиболее древними образованиями, ибо первоначальным «общением» со средой обитания служат именно данные сенсорные системы.

Периферический отдел анализатора представлен обонятельными клетками, которые в виде множества цилиндрических выростов цитоплазмы располагаются в верхней части носового прохода. Запах воздействует на чувствительные волоски клетки и адсорбируется на них. Важную роль в данном химическом процессе отводят ионам Са, которые увеличивают проницаемость мембран рецепторов для ионов Na с целью формирования нервного импульса.

Проводниковый отдел представлен обонятельными луковицами, где происходит формирование запаха и, образуя с аксонами нейросенсорных клеток обонятельный тракт, направляется в передние ядра зрительного бугра.

Центральным (корковым) отделом обонятельного анализатора является часть в грушевидной доле коры в области извилины морского коня.

10.5. Вкусовой анализатор

Анализатор обеспечивает формирование вкусовых ощущений. Вкусовые рецепторы расположены на краях, корне языка и на задней стенке глотки и надгортанника. Первичный анализ (периферический отдел) вкуса происходит на вкусовых почках, которые в виде нейроэпителиальных выпячиваний находятся на кончике языка, мягком небе, миндалинах, гортани и боковых поверхностях языка. Отдельные вкусовые почки могут быть полиморфными, т.е. воспринимать различные виды вкусовых раздражений. В каждой почке находится по 9-10 рецепторных клеток,



снабженных своеобразными выростами (штифчиками), далее информация о вкусе идет через поры клеток и по 2—3 афферентным нервам, которые отходят от каждой вкусовой почки и направляются в центральный отдел вкусового анализатора, ядро одиночного пучка продолговатого мозга. Это проводниковый отдел. Центральный (корковый отдел) локализуется в нижней части соматосенсорной зоны коры.

Человек различает кислый, сладкий, горький и соленый привкусы. Соленый привкус — корнем и кончиком языка, кислый и сладкий — краем языка. Резкие вкусовые раздражители имеют длительные последствия в результате перенапряжения вкусовых рецепторов (перец долго жжет небо, жажда вызывает пересыхание во рту и т.д.). Естественно, что все вкусовые ощущения формируются при участии обонятельного анализатора и коры полушарий большого мозга. Большинство нейронов этой области мультимодальны, т.е. они способны реагировать не только на вкус, но и на температуру, механические и другие раздражители.

10.6. Температурный анализатор

Температурный анализатор имеет большое значение для терморегуляции и поведенческих и приспособительных реакций. При действии высоких температур у человека может возникнуть ощущение холода, а обливание студеной водой иногда вызывает ощущение жара. Холодовые рецепторы (колбочки Краузе) располагаются в коже и слизистых оболочках ближе к поверхности, чем тепловые (тельца Руффини) и поэтому они возбуждаются быстрее. Периферический отдел температурного анализатора представлен рецепторами данных клеток. Проводниковый отдел находится в задних рогах спинного мозга и далее до зрительного бугра. Отсюда возбуждение поступает в центральный отдел температурного анализатора, который находится в области задней центральной извилины коры полушарий большого мозга.

10.7. Тактильный анализатор

Важность данного анализатора в том, что он обеспечивает ощущения прикосновения, давления, вибрации, щекотки, ласк и формирует приспособительные реакции.

Периферический отдел представлен тельцами Мейснера, располагающимися на поверхности кожи и слизистых оболочках. На коже волосяные фолликулы также воспринимают ощущения щекотания. В ощущении давления участвуют диски Меркеля, а вибрацию контролируют тельца Пачини.



Проводниковый отдел начинается от нейронов спинного мозга, далее в продолговатый мозг и в зрительный бугор. Центральный отдел тактильного анализатора локализуется в 1-й и 2-й зонах постцентральной извилины коры большого мозга.

10.8. Двигательный анализатор

Двигательный (кинестетический) проприоцептивный анализатор обеспечивает первичный анализ изменяющихся мышечных напряжений (растяжение, сокращение, давление), т.е. он формирует «мышечное чувство». Он отвечает за положение тела в пространстве, позу, участвует в координации мышечной деятельности и поднимании груза.

Периферический отдел представлен проприорецепторами мышц, сухожилий, связок и суставных сумок, которые представляют собой мышечные веретена, заключенные в соединительную ткань. Одним концом веретена закреплены в сухожилиях мышц, другим — в глубине мышечных волокон. Второй вид рецепторов, относящихся к проприорецепторам, — это тельца Гольджи, Фатер-Пачини, представленные в виде нервных волокон и сплетений, которые опоясывают сухожилия мышц.

Проводниковый отдел двигательного анализатора начинается чувствительными нейронами спинальных ганглиев в составе спинного мозга, возбуждения (как при напряжении, сокращении и расслаблении) достигают продолговатого мозга и локализируются в двигательном анализаторе.

Центральным отделом является область прецентральной извилины коры большого мозга.

Двигательная сенсорная система (называемая также проприоцептивной или суставно-мышечной чувствительностью) связана с деятельностью различных звеньев двигательного аппарата. При сохранении какого-либо положения тела и при движениях этот анализатор осуществляет обратные связи, информируя центральную нервную систему о степени сокращения мышц, о натяжении сухожилий и связок, о положении суставов.

Импульсация, поступающая через двигательный анализатор, необходима также для поддержания тонуса мышц. При перерыве чувствительных путей двигательной сенсорной системы (проприоцептивной чувствительности) в соответствующих мышцах исчезает тонус.

При движениях отсутствие обратных связей через двигательную сенсорную систему резко нарушает координацию движений. Люди, у которых в результате заболевания спинной сухоткой



перерождаются нервные волокна проприоцептивной чувствительности, не способны в темноте ни стоять, ни двигаться, так как их центральная нервная система не получает информации о состоянии двигательного аппарата. На свету такая информация поступает через зрительный анализатор, и стояние и ходьба возможны, но в весьма несовершенной форме.

10.9. Висцеральный анализатор

Висцеральный рецептор обеспечивает регуляцию деятельности внутренних органов. Импульсация, идущая от различных органов, позволяет ЦНС управлять органами и поддерживать стабильное состояние организма. Наряду с висцерорецепторами, куда входят механорецепторы, хеморецепторы (улавливающие изменения химического состава среды обитания), существуют и интерорецепторы, являющиеся первичным звеном, регистрирующим состояние внутренних органов. Проводниковый отдел начинается в продолговатом мозге и затем корковый отдел через ядра таламуса и лимбическую систему в постцентральной извилину, где возникает ощущение.

При нарушении деятельности внутренних органов у человека возникает так называемый «беспричинный страх», который И.М. Сеченов называл темным чувством. Существуют отдельные виды висцерорецепторов.

В сердечно-сосудистой системе есть механорецепторы (в эндокарде, эпикарде и миокарде), реагирующие на растяжение при избытке крови в магистральных сосудах. В связи с этим происходит воздействие на вагус (нерв, обеспечивающий ритм), сердце усиливает сокращения, возрастает его производительность, и давление нормализуется, устье полых вен уменьшается, чем предотвращается возможность развития патологии сердечной мышцы. Такое же значение рецепторы оказывают при повышении уровня артериального давления — вызывают диурез, тем самым снижая объем циркулируемой крови.

В легких имеется три вида механорецепторов, которые регулируют деятельность внешнего дыхания и кровооттока и растяжение гладких мышц бронхов, помогая процессу дыхания.

В почках и крови также находятся осморорецепторы (регулирующие осмотическое давление), волюморецепторы (осуществляющие контроль за циркуляцией жидкости в органе) и натриорецепторы (реагируют на изменения уровня натрия в крови) и глюкозорецепторы (изменения глюкозы в крови). Висцерорецепторы и их разновидности существуют в желудке, кишечнике и мо-



Физиология человека

чевом пузыре, что указывает на возможность выработки условных рефлексов, которые могут изменить деятельность любого органа, так как каждый из них представлен в корковом отделе висцерального анализатора.



ГЛАВА 11. ФИЗИОЛОГИЯ ТРУДОВОЙ ДЕЯТЕЛЬНОСТИ

Физиология труда – раздел физиологии, посвященный изучению изменений функционального состояния организма человека под влиянием его трудовой деятельности и обосновывающий методы и средства организации трудового процесса, направленные на поддержание высокой работоспособности и сохранение здоровья.

Основными элементами трудового процесса, оказывающими влияние на функции систем человека и его здоровье, являются стереотипно повторяющаяся мышечная работа, вынужденная рабочая поза; повышенные нагрузки на зрительную систему; нервное и психоэмоциональное напряжение; монотонность (однообразие) рабочих действий; гипокинезия. Совокупность элементов трудового процесса определяет характер трудовой нагрузки и, следовательно, уровень физиологического напряжения работающего человека.

В основе различных видов трудовой деятельности лежит установка, на базе которой в центральной нервной системе (ЦНС) создается определенная программа действий, реализующаяся в целенаправленной деятельности человека, ориентированной на достижение конкретной цели. В процессе трудового действия в ЦНС постоянно поступает информация о ходе выполнения программы, на основании которой возможны текущие поправки действий (сенсорные коррекции). Точность программирования и успешность осуществления программы действия зависят от опыта работающего, количества предшествующих повторений этого действия, степени автоматизма, состояния физиологических систем человека в момент работы, гигиенических условий окружающей среды.

11.1. Механизм регуляции физиологических функций при физических нагрузках

В механизмах регуляции физиологических функций при физических нагрузках важную роль играют две системы. Это, во-первых, симпатoadреналовая система. При работе из мозгового вещества надпочечников в кровь выделяется адреналин и, в меньшей степени, норадреналин. Адреналин активизирует деятельность сердечно-сосудистой системы и центральной нервной системы, мобилизует гликоген и жир из депо, стимулирует усиленную выработку циклической аденозинмонофосфата (АМФ).



Во-вторых, это гипофизарно-адреналовая система. Спустя 2–3 мин после начала работы происходит усиленное выделение аде-ногипофизом адренокортикотропного гормона (АКТГ), который стимулирует выделение кортикостероидов из коркового вещества надпочечников. Значение кортикостероидов состоит в увеличении работоспособности мышц, благодаря их способности усиливать мобилизацию гликогена из мышц и печени.

Во время динамической работы для обеспечения активных мышц кровью значительно возрастают все показатели, характеризующие деятельность сердечно-сосудистой системы. При легкой работе с постоянной нагрузкой частота сердечных сокращений (ЧСС) возрастает в течение 3–6 мин и достигает постоянного уровня. Это стационарное (устойчивое) состояние. ЧСС может сохраняться на протяжении многих часов, вплоть до окончания работы, и свидетельствует об отсутствии утомления работающего.

В процессе тяжелой работы с постоянной нагрузкой стабильного уровня частота сердечных сокращений не достигает. По мере развития утомления оно увеличивается до максимума, величина которого зависит от возраста человека.

При динамической работе потребление кислорода (также как и повышение частоты сердечных сокращений) пропорционально нагрузке (мощности работы). Вплоть до достижения максимальных величин частота сердечных сокращений и потребление кислорода человеком возрастают в линейной зависимости от мощности работы. Именно поэтому частота сердечных сокращений и потребление кислорода при динамической работе с участием крупных мышц тела могут являться критериями мощности работы и мерой физиологического напряжения (физиологической стоимости работы).

В реальных условиях работы потребление кислорода организмом возрастает на величину, зависящую от нагрузки, тренированности человека и коэффициента полезного действия каждого конкретного вида деятельности. При легкой работе в скорости потребления кислорода достигается стационарное состояние, уровень которого ниже максимально возможной скорости потребления кислорода человеком и соответствует метаболическим потребностям, для аэробных процессов ресинтеза АТФ. При тяжелой мышечной работе, потребление кислорода возрастает постоянно, до достижения максимально возможного для человека уровня. После этого, несмотря на продолжение работы, потребление кислорода больше не увеличивается (ложное устойчивое состояние) в связи с тем, что уже исчерпаны все возможности кислород-



транспортной системы. В этом случае работа крайне утомительна и не может продолжаться длительное время.

При статической работе, в отличие от динамической, кровоток в мышце начинает отставать от нужд ее метаболизма, когда сила сокращения превышает 8–10 % максимальной произвольной силы (МПС). Причиной уменьшения кровотока является сжатие внутримышечных сосудов давлением, которое при изометрических сокращениях с усилением более 40 % максимальной произвольной силы, становится больше величины систолического артериального давления. В связи с недостаточным кровоснабжением мышц преобладающим путем энергообеспечения становится анаэробный с образованием и накоплением лактата в мышцах.

Поэтому при статической работе мышц с нагрузками более 30 % МПС быстро развивается утомление и снижается работоспособность. При статической работе, в отличие от динамической, имеет место небольшое увеличение минутного объема кровообращения и легочной вентиляции. Наиболее характерными изменениями в сердечнососудистой системе при изометрических нагрузках являются увеличение частоты сердечных сокращений и системного артериального давления

При одинаковой длительности статической работы частота сердечных сокращений и артериальное давление возрастают пропорционально силе сокращения мышц. В случае работы до отказа, т.е. до момента, когда нагрузка не может больше удерживаться на прежнем уровне, частота сердечных сокращений и артериальное давление увеличиваются примерно до одинаковых величин (ЧСС до 110–140 уд/мин; АД – до 170/110–190/130 мм рт. ст.). Следовательно, при статической работе возрастают и систолическое, и диастолическое артериальное давление. При этом прирост системного артериального давления в малой степени зависит от объема работающих мышц. Так, например, при сокращении до отказа мышц, приводящих большой палец кисти (МПС 12 кг) и мышц голени (МПС 190 кг) с усилением в 40 % максимальной произвольной силы, артериальное давление повышается до 170/110 мм рт. ст.

Столь значительные изменения в сердечно-сосудистой системе при локальной статической работе обусловлены активацией нервных центров, управляющих деятельностью сердца и сосудов, как импульсами от рецепторов самих мышц, работающих в ишемических условиях, так и вследствие иррадации возбуждения к ним из моторной зоны коры.



11.2. Функциональное состояние центральной нервной системы при умственной деятельности

Умственный труд, в отличие от физического, характеризуется менее выраженными изменениями функций в организме. В то же время показатели деятельности нервной, эндокринной, сердечно-сосудистой и дыхательной систем во время умственной деятельности свидетельствуют о возрастании нервного напряжения, которое обусловлено несколькими факторами трудового процесса:

- 1) необходимостью одновременного наблюдения за несколькими меняющимися во времени производственными процессами;
- 2) восприятием и переработкой большого объема разнообразной информации;
- 3) дефицитом времени для переработки значимой информации и принятия решения;
- 4) частым переключением внимания с одного объекта наблюдения на другой и необходимостью использования разных информационных потоков;
- 5) необходимостью поддержания в течение длительного времени высокой интенсивности внимания, памяти, мышления;
- 6) выполнением работ в ночное время;
- 7) возможностью возникновения аварийной ситуации и дефицитом времени, отпущенного на ее устранение;
- 8) повышенной ответственностью за принимаемые решения.

Специфической особенностью умственного труда является сопутствующее ему изменение функционального состояния центральной нервной системы. Психические процессы сопровождаются активацией как специфических, так и неспецифических образований мозга. Генерализованные изменения активности мозга сопровождают любой вид умственного труда, а локальные процессы активации развиваются в различных областях коры и глубоких структур мозга в зависимости от вида деятельности (перцептивной, моторной, вербальной, мнемонической и др.).

Значительная роль в осуществлении психических функций принадлежит лобным долям мозга. Благодаря своим многочисленным связям с неспецифическими структурами разных уровней, лобные доли участвуют в неспецифических формах активации, необходимых для реализации любого акта. В лобных долях объединяется обширная информация об эмоциональном состоянии



человека, поступающая из внешнего мира, от внутренней среды организма, а также от нижележащих структур мозга и центров старой коры.

Активация различных структур головного мозга в процессе умственной деятельности вызывает повышение уровня обменных процессов в этих структурах, а значит, и усиление в них кровотока и доставки кислорода. Общая же величина кровоснабжения головного мозга мало меняется при различных видах умственной деятельности.

При этом постоянно и количество потребляемого основного энергетического субстрата мозга – глюкозы (около 80 мг/мин). Поэтому увеличение поступления кислорода и энергетических веществ к усиленно работающим зонам мозга обеспечивается за счет внутреннего перераспределения поступающего в мозг потока крови. Менее активные области получают крови меньше, чем более активные. Так, в частности, во время мышечной работы умеренной интенсивности, при почти не меняющейся общей величине кровоснабжения мозга, регионарный кровоток в моторной зоне возрастает на 50 % по отношению к уровню покоя. При работе, требующей напряжения зрительного анализатора, усиливается кровоснабжение зрительной области коры. При максимальном напряжении функции кровотоков, в структурах мозга ее обеспечивающих, может увеличиться в два раза и больше.

11.3. Физиологическая активность у лиц малоподвижных профессий

Типичной чертой профессиональной деятельности большинства работников являются низкие физическая активность и, соответственно, затраты энергии на протяжении рабочего дня. Преобладающими стали работы в вынужденной рабочей позе, с небольшими по величине локальными физическими нагрузками, с монотонностью действия или обстановки. У лиц малоподвижных профессий общие энергозатраты, как правило, составляют не более 1,5–2,2 ккал/мин, а затраты энергии на физическую активность не превышают 800–1200 ккал в сутки, т.е. находятся за пределами даже ориентировочной нижней границы «нормы» (1200 ккал/сут). В большинстве случаев недостаток двигательной активности во время работы не восполняется и во внерабочее время. Последствия длительной гипокинезии, связанной с характером трудовой деятельности, неблагоприятны как в медико-биологическом, так и социально-экономическом отношениях.

В механизме снижения функциональных резервов организ-



ма человека и его работоспособности под влиянием гипокинезии выделяют четыре ведущих момента.

1) Изменения в нервно-мышечной системе под влиянием гипокинезии приводят к снижению активности метаболических процессов в мышечных клетках, ухудшению функций сокращения и расслабления мышцы, значительному снижению их силы и выносливости, а значит, и работоспособности. Все это приводит к увеличению тяжести труда (его физиологической стоимости).

2) Уменьшение функциональных возможностей центральной нервной системы при длительном недостатке физической активности человека приводит к снижению устойчивости работающих лиц к действию стрессогенных факторов, увеличению утомляемости человека при умственной работе, повышению нервной напряженности труда, увеличению утомления в сфере зрительного и слухового анализатора.

3) Под влиянием пониженной двигательной активности на производстве и в быту значительно снижаются кислородтранспортные возможности организма и, следовательно, общая физическая работоспособность; возрастают реакции сердечно-сосудистой системы на одни и те же физические и эмоциогенные раздражители; снижаются возможности человека работать в экстремальных условиях; увеличиваются заболевания сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

4) Снижение специфической и неспецифической резистентности организма человека под влиянием гипокинезии приводит к увеличению у одних и тех же лиц числа заболеваний как инфекционной, так и неинфекционной природы.

Таким образом, гипокинезия, обусловленная характером трудового процесса, приводит к снижению функциональных возможностей многих систем организма человека и, в конечном итоге, к уменьшению его работоспособности и ухудшению состояния здоровья.

Интегральными показателями степени воздействия на человека гипокинезии, а также уровня его физического здоровья являются величины общей физической работоспособности (PWC170, мл/мин·кг), оцениваемые по мощности работы при частоте сердечных сокращений в 170 уд/мин и уровню максимального потребления кислорода (МПК, мл/мин·кг).



11.4. Физиология процесса трудового обучения и формирования трудовых навыков

Процесс трудового обучения и формирования наиболее экономичных (с точки зрения затрат энергии) и рациональных рабочих действий проходит три этапа развития, каждый из которых имеет свою физиологическую основу. На первом этапе обучения новым, непривычным трудовым действиям движения человека в плане координации несовершенны вследствие недостаточно сформированной системы трудовых навыков. В работе принимает участие большее, чем нужно для ее выполнения, количество мышц. В целом, на первом этапе обучения, который обозначают термином «фаза генерализации», движения мало эффективны, на работу затрачивается больше энергии, чем она того требует. На этом этапе одна и та же работа более тяжела и утомительна, чем на последующих.

На втором этапе обучения, способствующего становлению трудового навыка, процессы возбуждения в двигательных центрах концентрируются. Движения становятся плавными и координированными, осуществляются более экономично с точки зрения затрат энергии. Работать становится легче и менее утомительно.

Третий этап формирования трудовых навыков называют «фазой стабилизации и образования устойчивой доминанты». Рабочие движения становятся высококоординированными и экономичными. В работе принимают участие лишь те мышцы, которые непосредственно обеспечивают достижение конечного результата труда. Стабильный и высокий уровень работоспособности поддерживается на протяжении всего рабочего дня.

В процессе обучения, на завершающем его этапе, формируется динамический стереотип, то есть цепь психомоторных реакций, выработанная в ответ на постоянно повторяющееся действие одних и тех же раздражителей (последовательная цепь рабочих действий, сигналов). В этом случае достаточно одного начального раздражителя (вербального, зрительного, звукового, образного и др.), чтобы запустить в ход всю программу рабочих действий. При хорошо закреплённом динамическом стереотипе условнорефлекторные связи достигают автоматизма. Благодаря этому, исключаются лишние мышечные напряжения и лишние движения, ускоряются программирование и текущая коррекция движений, закрепляются ассоциативные связи между рефлексам, составляющими рабочий динамический стереотип. В результате, рабо-



чие действия становятся более экономичными, менее утомительными, менее подверженными влиянию внешних раздражителей, не требуют постоянного сосредоточения внимания. Таким образом, в процессе обучения, в организме работающего возникает ряд приспособительных изменений, обеспечивающих повышение интенсивности трудовой деятельности, увеличение ее эффективности, длительное поддержание высокой работоспособности.

Работоспособность – это свойство человека на протяжении длительного времени и с определенной эффективностью выполнять максимальное количество физической или умственной работы. На протяжении рабочей смены работоспособность меняется в широких пределах. Это связано с тем, что на нее влияют как внешние, по отношению к человеку факторы (характер труда, условия окружающей среды, режимы труда и отдыха, рабочая поза, организация трудового процесса с точки зрения эргономики), так и внутренние (мотивация, степень совершенства трудовых навыков, функциональные резервы человека).

В производственной обстановке работоспособность изменяется на протяжении рабочей смены и условно подразделяется на четыре фазы. Первая фаза – фаза вработывания, во время которой повышается активность ЦНС, возрастает уровень обменных процессов в организме работающего, усиливается деятельность сердечно-сосудистой и дыхательной систем. Продолжительность этой фазы зависит от вида деятельности. Она всегда короче при физическом труде, чем при умственном. Причем, чем физически тяжелее работа, тем быстрее происходит вработывание.

Вторая фаза – фаза относительно устойчивой работоспособности, характеризуется оптимальным, с точки зрения достижения полезного результата, уровнем функционирования обеспечивающих работу систем организма, максимальной эффективностью труда. Продолжительность периода устойчивой работоспособности зависит от физической тяжести и нервной напряженности труда (чем тяжелее работа, тем короче период устойчивой работоспособности), от психофизиологического состояния человека, от гигиенических условий труда.

Третья фаза – фаза снижения работоспособности, связанная с развитием утомления.

Четвертая фаза – фаза вторичного повышения работоспособности в конце рабочего дня. В ее основе лежит условнорефлекторный механизм, связанный с предстоящим концом работы и последующим отдыхом. Аналогичным образом меняется профессиональная работоспособность человека и на протяжении рабо-



чей недели.

Причиной снижения работоспособности на протяжении рабочего дня, недели или года является утомление. Во время работы утомление проявляется в уменьшении силы и выносливости мышц, ухудшении координации движений, в возрастании затрат энергии при выполнении одной и той же работы, в замедлении скорости переработки информации, ухудшении памяти, затруднении процессов сосредоточения и переключения внимания с одного вида деятельности на другой. Субъективно утомление проявляется в ощущении усталости, вызывающего желание прекратить работу или снизить нагрузку.

При динамической работе с интенсивностью, лежащей ниже предела утомления, восстановление макроэргических фосфатов, используемых при сокращении мышц, происходит на протяжении самой работы, во время расслабления мышц (микроразрешения). Если продолжительность расслабления мышц соответствует времени, необходимому для синтеза АТФ и удаления из них продуктов метаболизма, то такая работа является малоутомительной. При динамической работе большой интенсивности возможность непрерывного восстановления АТФ в процессе самой работы отсутствует. Это объясняется тем, что длительность периодов расслабления мышцы меньше, чем время, необходимое для текущего восстановления ее энергетического потенциала. Восстановление запасов энергии и удаление молочной кислоты из мышц происходят не полностью.

Физиологические механизмы нервно-психического утомления точно не известны. Типичными симптомами такого утомления являются замедление передачи и осмысления информации, снижение эффективности умственной деятельности в целом, ослабление сенсорных и сенсомоторных функций. Подобное утомление не только снижает работоспособность, но иногда приводит к снижению социальной активности человека, раздражительности, эмоциональной нестабильности, беспричинной тревоге и даже депрессии.

Нервно-психическое утомление возникает:

- 1) при длительной и напряженной умственной работе, требующей усиленной концентрации внимания, решения сложных производственных задач в условиях дефицита времени;
- 2) при тяжелом физическом труде;
- 3) при однообразной монотонной работе;
- 4) при труде в условиях слабой освещенности, повышенной температуры, шума и вибрации;



5) при частых конфликтных ситуациях в коллективе, отсутствии интереса к работе, несоответствии психофизиологических возможностей человека характеру его трудовой деятельности.

В отличие от мышечного утомления, утомление центрального происхождения (нервно-психическое) может быстро исчезать. Это происходит, например, в ситуациях, когда один вид деятельности сменяется другим; человек попадает в стрессовые ситуации, угрожающие его жизни; если появляется новая информация, повышающая интерес к работе. Поскольку утомление в нервно-психической сфере может проходить столь быстро, это свидетельствует о том, что его первопричиной не являются ни уменьшение энергетических субстратов в нервных структурах, ни накопление в них продуктов метаболизма, ни недостаточное кровоснабжение головного мозга.

Любой вид труда не будет приводить к развитию переутомления и перенапряжения и, напротив, окажет положительное влияние на работоспособность и здоровье человека, если придерживаться физиологических принципов его рациональной организации.

Рекомендации, ориентированные на повышение продуктивности умственного труда и снижение нервно-психического напряжения, заключаются в следующем:

1) поддерживать свои профессиональные знания на уровне, достаточном для решения любых возникающих во время работы задач;

2) поддерживать умеренный и постоянный уровень производственной нагрузки;

3) соблюдать ритмичность в работе;

4) создавать условия для формирования положительных эмоций и возможности для быстрого снятия отрицательных;

5) перерывы на отдых должны быть заполнены деятельностью, снимающей психоэмоциональное напряжение (физическая активность, психологическая разгрузка, специальные психогигиенические процедуры);

6) во вне рабочее время 3–4 раза в неделю по 30–40 мин выполнять физические упражнения с интенсивностью в пределах 70–75 % от индивидуальной максимальной частоты сердечных сокращений.



ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Физиология является теоретической основой таких практических дисциплин как психология личности, основы социальной медицины, токсикология, медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности.

Данное пособие позволяет изучить основные физиологические процессы и их изменения в процессе выполнения трудовой деятельности. Данные, представленные в пособии являются основополагающими в дальнейшем обучении студентов по направлению 280700 – Техносферная безопасность. Знания, полученные при изучении данной дисциплины, позволят оценить степень воздействия производственных факторов на организм человека и разработать профилактические мероприятия по ограничению негативного влияния.



БИБЛИОГРАФИЧЕСКИЙ СПИСОК

1. Физиология человека. Учебное пособие. / А.А. Семенович, В.А. Переверзев, В.В. Зинчук, Т.В. Короткевич. М.: Высшая школа, 2012.
2. Семенович А.А., Переверзев В.А., Зинчук В.В., Короткевич Т.В. Физиология человека. Учебное пособие. М.: Высшая школа, 2012. <http://biblioclub.ru>.
3. Физиология человека. В 2-х ч. Ч. 2. Учебное пособие М.: Высшая школа 2011. <http://biblioclub.ru>.
4. Физиология человека. В 2-х ч. Ч. 2. Учебное пособие М.: Высшая школа 2011. <http://biblioclub.ru>
5. Основы медицинских знаний (анатомия, физиология, гигиена человека и оказание первой помощи при неотложных состояниях). Учебное пособие. М.: СпецЛит, 2009. <http://biblioclub.ru>
6. Дивидченко И.В. Физиология человека: учебное пособие / И.В. Дивидченко, О.А. Рыбка. – Белгород: Изд-во БГТУ, 2008. – 222 с.
7. Федюкович Н.И. Анатомия и физиология человека. Ростов н/Д: Феникс. 2008. - 231 с.
8. Храмцов, Б.А. Физиология человека: учеб. пособие / Б.А. Храмцов, В.В. Янишин, О.А. Рыбка. – Белгород: Изд-во БГТУ им. В.Г. Шухова, 2005. – 228 с.
9. Занько Н.Г. Медико-биологические основы безопасности жизнедеятельности. М.: ACADEMIA, 2004, 220 с.