

Документ подписан простой электронной подписью

Информация о владельце:

ФИО: Локтионова Оксана Геннадьевна

Должность: проректор по учебной работе

Дата подписания: 31.12.2020 13:36:44

Уникальный программный ключ:

0b817ca911e6668abb13a5d426d39e5f1c11eabbf73e943df4a4851fda56d089

**МИНОБРНАУКИ РОССИИ**

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

**Кафедра биомедицинской инженерии**



**УТВЕРЖДАЮ**  
Проректор по учебной работе  
О.Г. Локтионова  
\_\_\_\_\_ 2017 г.

**Лабораторный практикум по дисциплине  
«Физиологическая кибернетика»**

для студентов специальности  
30.05.03 «Медицинская кибернетика»

**Часть 2**

Курск 2017



## СОДЕРЖАНИЕ

Введение .....	4
Практическая работа №1. Математическое моделирование	
1. саморегуляции сосудов .....	5
Практическая работа №2. Клинико-кибернетическая модель	
2. мозговой дисфункции .....	20
Практическое занятие №3. Кибернетическое моделирование	
3. физиологии мышечного сокращения кистей рук .....	36
4. Практическая работа №4. Регулирование содержание глюкозы в крови .....	38
5. Практическая работа № 5.Базовые принципы координационной деятельности ЦНС .....	39
6. Практическая работа №6. Нейрон – как структурная и функциональная единица ЦНС .....	44
7. Практическая работа №7. Спинной мозг – как основной регулятор функционирования опорно-двигательного аппарата и вегетативных функций организма .....	53
8. Практическая работа №8. Компарментальные модели .....	56
9. Практическая работа № 9. Кибернетическое исследование функциональной асимметрии мозга .....	67
10. Практическая работа №10. Роль гормонов коры и мозгового вещества в регуляции функционирования организма. ....	71
11. Практическая работа №11. Функциональная система, поддерживающая кислотно-щелочное равновесие в организме .....	78
12. Практическая работа №12. Автоматика работы сердца .....	85
13. Практическая №13. Рефлекторная регуляция системного артериального давления .....	94
14. Практическая работа №14 Функциональная система, обеспечивающая постоянство газового состава крови. ....	97
15. Практическая работа №15. Роль нервных и гуморальных факторов в регуляции деятельности почек .....	101
16. Практическая работа №16. Неоднородные модели распространения эпидемий .....	105
17. Практическая работа №17. Моделирование мутуализма .....	112
18. Практическая работа №18. Моделирование стабилизационных физиологических систем .....	116
19 Тесты для самоконтроля .....	124

## Введение

**Структура** методических указаний по выполнению практических занятий: цель и задачи работы, информационные материалы (краткие теоретические сведения), методические указания по выполнению работы, библиография.

**Порядок выполнения.**

1. Изучить информационные материалы к занятию, включая рекомендованную литературу и лекции.
2. Выполнить работу согласно методическим указаниям.
3. Осуществить обработку полученных результатов.
4. Оформить отчет к работе.
5. Подготовиться к отчету – собеседованию с преподавателем по тематике работы (защите полученных результатов) или обсуждению результатов в студенческой группе.

**Содержание отчета.**

1. Цель работы. Постановка задач исследований.
2. Этапы проведения, полученные результаты, анализ и выводы.
3. Ответы на контрольные вопросы (не менее 3), аннотации содержания информационных источников (100-200 слов по каждому).

В заключительной части указаний приведен тестовый материал, рекомендуемый для рубежного контроля, подготовки к зачету и экзамену, автоматизированному тестированию текущих и остаточных знаний, самоконтролю усвоенных знаний, умений и навыков. Авторы выражают глубокую благодарность студентам специальности «Медицинская кибернетика» (гр. МК31, 2013 года поступления), первыми принявшими участие в апробации и отладки комплекса.

## **Практическая работа №1.**

### **Математическое моделирование саморегуляции сосудов**

**Цель работы:** ознакомиться с функцией саморегуляции сердечно-сосудистой системы, а также рассмотреть регуляционную модель сердечно-сосудистой системы и математическую модель движения крови в сосудах.

#### **Краткие теоретические сведения.**

Факт существования саморегуляции насосной функции сердца известен давно. В опытах на изолированном сердце лягушки еще в 1895 г. установили, что сила сокращений миокарда зависит от степени заполнения сердца кровью во время диастолы, т. е. от степени первоначального напряжения волокон сердечной мышцы.

Важнейшим фактором саморегуляции сердца является изменение притока к нему крови из вен. Именно с нервных импульсов, увеличивающих жесткость вен, начинается цепочка биохимических процессов, приводящих к увеличению ударного объема и систолического давления в левом желудочке, т. е., в конечном счете, к повышению гидравлической мощности потока крови в области высокого давления.

Другим саморегуляторным фактором является повышение активного напряжения клеток миокарда и гладкомышечных клеток сосудов в ответ на механическую деформацию структуры их возбудимой мембраны циркулирующей кровью. Экспериментально доказано, что умеренное растяжение гладкомышечных клеток сосудов, по скорости и амплитуде адекватное их физиологическому состоянию, вызывает деполяризацию клеточных мембран, повышает возбудимость и реактивность к действию внешних и внутренних модуляторов активности (таких, как норадреналин, кислород, продукты метаболизма), обеспечивая тем самым синхронизированную деятельность клеточных элементов. Неадекватные по своим параметрам величины растяжения ведут к снижению возбудимости клеточной мембраны, нарушают синхронизацию электрической активности отдельных клеток и этим способствуют уменьшению активного напряжения сосудистой

мышцы. Ограничение диапазона растяжения гладкомышечных клеток сосудов зависит от существования тормозного мембранного механизма. Показано, что не только быстрое растяжение, но и сама исходная начальная длина гладкомышечных клеток сосудов является фактором, оказывающим существенное влияние на величину сократительного ответа.

Классические опыты Старлинга (1918), проведенные на сердечно-легочном препарате, показали, что изолированное сердце регулирует свою работу соответственно изменениям венозного притока и артериального сопротивления. Энергия сердечного сокращения зависит от величины конечного диастолического наполнения и является функцией растяжения мышечных волокон к моменту окончания диастолы. Старлинг считал, что механизм регуляции сердечного сокращения величиной конечного диастолического объема является не только ведущим, но и единственным, который действует при любых нагрузках на сердце независимо от того, задаются ли они венозным притоком или артериальным сопротивлением. Механизм Старлинга проявляется чрезвычайно выразительно даже при весьма малых изменениях массы протекающей крови. В 1928 г. С. J. Wiggers, а позже L. N. Katz (1955) высказали предположение, что энергия сердечного сокращения - это не только функция конечного диастолического объема, но и АД. Последнее само по себе способно оказывать влияние на силу сердечного сокращения. Спустя несколько лет эта гипотеза получила экспериментальное подтверждение. В отличие от старлинговского (гетерометрического) механизма изменение силы сердечного сокращения под влиянием АД при неизменной длине волокон миокарда получило название гомеометрического авторегуляторного механизма (Sarnoff S. J. et al., 1960, 1962). Было установлено, что по мере изменения среднего АД изменяется мощность сокращения желудочка пропорционально величине АД. Существенно, что при этом ударный (и минутный) объем, а также давление в полостях сердца во время диастолы не изменяются. Описанная зависимость мощности сокращений сердца от среднего давления в аорте наблюдается в довольно широких, но ограниченных пределах (приблизительно от 40-50

до 130-150 мм рт. ст.), за пределами которых влияние его становится противоположным. Уточняя понятие гомеометрической саморегуляции сердца, стоит указать, что АД независимо от венозного регулирует мощность сокращения желудочка таким образом, что величина сердечного выброса после окончания переходного процесса остается постоянной в широких пределах изменений давления в аорте. Развиваемая сердцем мощность изменяется под влиянием АД ровно в той степени, какая необходима для обеспечения постоянства сердечного выброса. Благодаря этому сердце способно в широких пределах регулировать развиваемую им мощность, сохраняя заданный притоком ударный объем и не используя при этом своих гетерометрических резервов. Постоянные ритмические сокращения сердечной мышцы и цикличность сократительных реакций гладкомышечных клеток сосудов выполняют активную гомеостатическую функцию.

Сердцу свойствен и еще один авторегуляторный механизм. Экспериментально показано, что ганглии внутрисердечной нервной системы являются нервными центрами, регулирующими тонус коронарных сосудов и все основные функции сердца (автоматизм, проведение возбуждения и сократимость миокарда) по типу периферических интракардиальных рефлексов. Исследованиями М. Г. Удельнова и соавт. (1977) показано, что в процессе осуществления кардио-кардиальных рефлексов, возникающих при повышении венозного притока, изменяются ритмика сердца, скорость и степень расслабления миокарда, сила сокращения и скорость атриовентрикулярного проведения.

Увеличение скорости и степени расслабления миокарда и повышение скорости и силы сокращений как бы предваряют последующее увеличение венозного притока к сердцу и возникающий непосредственно в ответ на него кардио-кардиальный рефлекс. Этим рефлекторным влиянием сердце подготавливается к приему повышенного объема крови и последующему увеличению систолического выброса. Рефлекторные реакции, осуществляемые через внутрисердечную нервную систему, способны создавать своеобразное состояние "опережающего возбуждения". Регулируя коронарный кровоток, координируя работу правых и левых половин сердца,

внутрисердечная нервная система тонко приспособливает его к выполнению предстоящей работы.

Авторегуляторные механизмы сердца и кровеносных сосудов постоянно корригируются центральной нервной системой и ее высшим отделом - корой головного мозга. Единство автономного и централизованного управления особенно отчетливо проявляется на системном уровне.

Система регуляции кровообращения - многоконтурная замкнутая система со множеством прямых и обратных нервных и гормональных связей. Начальное звено этой системы представлено многообразными рецепторными образованиями, разбросанными по всему сосудистому руслу. Сердце и стенки кровеносных сосудов снабжены многочисленными чувствительными нервными окончаниями, улавливающими тончайшие изменения кровенаполнения, давления и химизма крови. Рецепторные зоны являются источником колоссальной афферентной импульсации, поступающей в центральную нервную систему.

Рефлексогенные зоны сосудистого русла не являются специализированными по отношению к изменениям работы сердца и тонуса сосудов. В зависимости от условий гемодинамики и характера раздражения с любого рецепторного поля можно получить двойственный эффект - учащение или замедление сердечного ритма, сужение или расширение кровеносных сосудов, повышение или понижение АД.

Раздражение рецепторного аппарата сердечно-сосудистой системы и тканевых рецепторов является началом возникновения цепной реакции, проявляющейся в одних случаях в виде нарастающих, а в других - в затухающих фазовых колебаниях проницаемости гистогематических барьеров, состава и свойств интерстициальной жидкости, крови и лимфы, а также в усилении или ослаблении тонуса различных структур гемодинамического центра и изменении работы сердца и тонуса сосудов.

### **Математические модели движения крови в системе сосудов с упругими стенками.**

Рассмотрим осесимметричное движение крови, которая принимается вязкой несжимаемой жидкостью, в круглом сосуде



постоянного радиуса  $R$ . Движение происходит в цилиндрической системе координат  $(x, r, \theta)$ , причем ось  $x$  совпадает с осью симметрии потока. Материал стенки считаем идеально упругим, изотропным.

Основная система уравнений динамики кровотока в гибких цилиндрических сосудах в таком случае будет иметь вид:

$$\rho \frac{\partial v_x}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{\partial^2 v_x}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_x}{\partial r} + \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} \right), \quad (1)$$

$$\rho \frac{\partial v_r}{\partial t} = -\frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left( \frac{\partial^2 v_r}{\partial r^2} + \frac{1}{r} \frac{\partial v_r}{\partial r} - \frac{v_r}{r^2} + \frac{\partial^2 v_r}{\partial x^2} \right), \quad (2)$$

$$\frac{\partial}{\partial r}(r v_r) + \frac{\partial}{\partial x}(r v_x) = 0, \quad (3)$$

$$\rho_0 h \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} = \frac{\partial S'}{\partial x} + \frac{S_0 - T_0}{R} \frac{\partial w}{\partial x} + \frac{S_0 - T_0}{R} \frac{\partial w_0}{\partial x} - \rho_0 h \frac{\partial^2 u_0}{\partial t^2} - \tau, \quad (4)$$

$$\rho_0 h \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} = \frac{T_0}{R^2} w + \frac{T_0}{R^2} w_0 - \frac{T'}{R} + S_0 \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + S_0 \frac{\partial^2 w_0}{\partial x^2} - \rho_0 h \frac{\partial^2 w_0}{\partial t^2} - \sigma, \quad (5)$$

$$S' = \frac{E h}{1 - \nu^2} \left( \frac{\partial u}{\partial x} + \nu \frac{w}{R} \right), \quad (6)$$

$$T' = \frac{E h}{1 - \nu^2} \left( \nu \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{w}{R} \right), \quad (7)$$

$$\tau = \mu \left( \frac{\partial v_x}{\partial r} \Big|_{r=R} + \frac{\partial v_r}{\partial x} \Big|_{r=R} \right), \quad \sigma = -p|_{r=R} + 2\mu \frac{\partial v_x}{\partial x} \Big|_{r=R},$$

где  $p$  – давление;  $\rho$  – плотность крови;  $\mu$  – вязкость крови;  $v_x$  – осевая компонента скорости крови;  $v_r$  – радиальная компонента скорости крови;  $R$  – радиус сосуда;  $t$  – время;  $u, w$  – перемещения стенки в продольном и поперечном направлениях;  $S', T'$  – силы натяжения в окружном и продольном направлениях соответственно;  $S_0, T_0$  – начальные значения сил натяжения в окружном и продольном направлениях;  $E$  – модуль Юнга стенки;  $\nu$  – коэффициент Пуассона;  $h$  – толщина стенки сосуда;  $\rho_0$  – массовая плотность материала стенки сосуда.

На стенке записываем условия кинематического контакта стенки сосуда с жидкостью:

$$v_x|_{r=R} = \frac{\partial u}{\partial t}, \quad v_r|_{r=R} = \frac{\partial w}{\partial t}. \quad (8)$$

В случае моделирования гемодинамики крупных кровеносных сосудов в большинстве современных работ кровь полагается ньютоновской жидкостью. При этом показано, что разница значений (в случае крупных кровеносных сосудов), которые получаются для ньютоновской и неньютоновской жидкостей, не превышает 10%.

Уравнения (4)-(7) позволяют учесть податливость сосудистой стенки, а контактные условия (8) позволяют учесть взаимодействие стенки с потоком.

Такой подход к моделированию гемодинамики широко известен, однако основная система уравнений в этом случае не позволяет учесть конвективную составляющую ускорения частиц жидкости, а это, в свою очередь, для сосудистого русла с несколькими узлами бифуркации может оказать существенное влияние на результаты расчетов.

Основная система уравнений динамики вязкой несжимаемой жидкости в кровеносных сосудах с гибкими стенками в трехмерной постановке может быть записана в виде уравнений для направленных потоков.

Предположим, что задача осесимметрична, а кровь является ньютоновской жидкостью. Для направленных потоков жидкости в тонких трубках с упругими стенками на основе известного способа линеаризации возможен учет конвективного ускорения частиц жидкости в рамках линейной теории. В случае осесимметричных направленных потоков уравнения Навье-Стокса имеют следующий вид:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_x}{\partial x} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_x}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} \right), \\ \rho \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_r}{\partial x} &= -\frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left( -\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v_r}{\partial x^2} \right), \\ \frac{\partial (r v_r)}{\partial r} + \frac{\partial (r v_x)}{\partial x} &= 0. \end{aligned} \tag{9}$$

Здесь  $v_0$  – основная скорость направленного потока, вокруг которой происходит малая пульсация составляющих скоростей:  $v_x = v_0 + v'_x$ ;  $v_r = v'_r$ .

Динамические уравнения осесимметричных колебаний предварительно натянутой круглой цилиндрической оболочки записываются в виде:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= c_0^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left( c_0^2 \frac{v}{R} + \frac{S_0 - T_0}{\rho_0 h R} \right) \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\mu}{\rho_0 h} \left( \frac{\partial v_x}{\partial r} + \frac{\partial v_r}{\partial x} \right) \Big|_{r=R}, \\ \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= \frac{1}{R^2} \left( \frac{T_0}{\rho_0 h} - c_0^2 \right) w - c_0^2 \frac{v}{R} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{S_0}{\rho_0 h} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{1}{\rho_0 h} \left( p|_{r=R} - 2\mu \frac{\partial v_r}{\partial r} \Big|_{r=R} \right), \end{aligned} \quad (10)$$

где  $c_0^2 = \frac{E}{\rho_0(1-\nu^2)}$ .

Условия «прилипания» частиц жидкости к стенкам сосуда заменим условием стесненного их скольжения по поверхности контакта:

$$\begin{aligned} \mu \left( \frac{\partial v_x}{\partial r} + \frac{\partial v_r}{\partial x} \right) \Big|_{r=R} &= \lambda \left( v_x|_{r=R} - \left( \frac{\partial u}{\partial t} + v_0 \frac{\partial u}{\partial x} \right) \right), \\ v_r|_{r=R} &= \frac{\partial w}{\partial t}. \end{aligned} \quad (11)$$

$\lambda$  – коэффициент вязкого трения материала оболочки и жидкости. Рассмотрим систему уравнений (9), (10) с контактными условиями (11). Умножим уравнение (1) на  $r$  и продифференцируем по  $x$ . Далее второе уравнение системы также умножим на  $r$  и продифференцируем по  $r$ , после чего сложим левые и правые части полученных уравнений. В результате получим уравнение для давления:

$$\frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial p}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} = 0. \quad (12)$$

Запишем преобразованную систему уравнений:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_x}{\partial x} &= -\frac{\partial p}{\partial x} + \mu \left( \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial v_x}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v_x}{\partial x^2} \right), \\ \rho \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_r}{\partial x} &= -\frac{\partial p}{\partial r} + \mu \left( -\frac{\partial}{\partial x} \left( \frac{\partial v_r}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 v_r}{\partial x^2} \right), \\ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial p}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} &= 0. \end{aligned} \quad (13)$$

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= c_0^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left( c_0^2 \frac{v}{R} + \frac{S_0 - T_0}{\rho_0 h R} \right) \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\mu}{\rho_0 h} \left( \frac{\partial v_x}{\partial r} + \frac{\partial v_r}{\partial x} \right) \Big|_{r=R}, \\ \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= \frac{1}{R^2} \left( \frac{T_0}{\rho_0 h} - c_0^2 \right) w - c_0^2 \frac{v}{R} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{S_0}{\rho_0 h} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{1}{\rho_0 h} \left( p|_{r=R} - 2\mu \frac{\partial v_r}{\partial r} \Big|_{r=R} \right), \end{aligned}$$

Для дальнейшего упрощения предложенной системы уравнений в трехмерной постановке можно вместо уравнений Навье-Стокса (9) использовать уравнения Эйлера для описания движения направленного потока идеальной несжимаемой жидкости, полагая при этом, что вязкое стесненное трение жидкости о стенку сосуда будет происходить в бесконечно тонком слое (погранслое) на контактной поверхности.

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_x}{\partial x} &= - \frac{\partial p}{\partial x}, \\ \rho \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_r}{\partial x} &= - \frac{\partial p}{\partial r}, \\ \frac{\partial(rv_r)}{\partial r} + \frac{\partial(rv_x)}{\partial x} &= 0. \end{aligned} \quad (14)$$

Вязкие свойства жидкости в погранслое будут описываться упрощенным одномерным уравнением, записанным на основании первого уравнения Навье-Стокса:

$$\rho \frac{\partial v_p}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_p}{\partial x} = - \frac{\partial p_p}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 v_p}{\partial x^2}. \quad (15)$$

При этом на границе погранслоя функция давления может испытывать конечный скачок. Касательные напряжения на стенке будут иметь вид:

$$\tau = \lambda \left( v_p - \frac{du}{dt} \right). \quad (16)$$

Тогда уравнения движения оболочки примут вид:

$$\begin{aligned} \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= c_0^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left( c_0^2 \frac{v}{R} + \frac{S_0 - T_0}{\rho_0 h R} \right) \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\tau}{\rho_0 h}, \\ \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= \frac{1}{R^2} \left( \frac{T_0}{\rho_0 h} - c_0^2 \right) w - c_0^2 \frac{v}{R} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{S_0}{\rho_0 h} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{p_p}{\rho_0 h}, \end{aligned} \quad (17)$$

В качестве контактных условий для идеальной жидкости можно взять условия непроницаемости стенки и условия прилипания частиц жидкости вдоль стенки:

$$v_r|_{r=R} = \frac{dw}{dt}, \quad v_x|_{r=R} = v_p. \quad (18)$$

Из системы уравнений (14)-(17) путем простых преобразований может быть получено уравнение для давления в виде (12).

Запишем преобразованную систему уравнений:

$$\begin{aligned} \rho \frac{\partial v_x}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_x}{\partial x} &= -\frac{\partial p}{\partial x}, \\ \rho \frac{\partial v_r}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_r}{\partial x} &= -\frac{\partial p}{\partial r}, \\ \frac{1}{r} \frac{\partial}{\partial r} \left( r \frac{\partial p}{\partial r} \right) + \frac{\partial^2 p}{\partial x^2} &= 0, \\ \rho \frac{\partial v_p}{\partial t} + v_0 \frac{\partial v_p}{\partial x} &= -\frac{\partial p_p}{\partial x} + \mu \frac{\partial^2 v_p}{\partial x^2}, \\ \frac{\partial^2 u}{\partial t^2} &= c_0^2 \frac{\partial^2 u}{\partial x^2} + \left( c_0^2 \frac{v}{R} + \frac{S_0 - T_0}{\rho_0 h R} \right) \frac{\partial w}{\partial x} - \frac{\tau}{\rho_0 h}, \\ \frac{\partial^2 w}{\partial t^2} &= \frac{1}{R^2} \left( \frac{T_0}{\rho_0 h} - c_0^2 \right) w - c_0^2 \frac{v}{R} \frac{\partial u}{\partial x} + \frac{S_0}{\rho_0 h} \frac{\partial^2 w}{\partial x^2} + \frac{p_p}{\rho_0 h}. \end{aligned} \quad (19)$$

Система (19) с контактными условиями (18) представляет собой упрощенный вариант системы уравнений динамики кровотока в сосудах с упругими стенками, так как уравнения Навье-Стокса здесь заменяются уравнениями Эйлера для идеальной жидкости, которые имеют более простой вид.

Решение основной системы уравнений для случая пульсирующего кровотока как для системы (9)-(10), так и для системы (19) можно искать в виде простых гармонических волн:

$$\begin{aligned} u &= u_1 \exp[i(\omega t - \chi x)] \\ w &= w_1 \exp[i(\omega t - \chi x)], \quad (20) \\ v_x &= v_{x1}(r) \exp[i(\omega t - \chi x)] \\ v_r &= v_{r1}(r) \exp[i(\omega t - \chi x)] \\ p &= p_1(r) \exp[i(\omega t - \chi x)], \quad (21) \end{aligned}$$

где  $\omega$  – частота пульсации кровотока,  $\chi$  – волновое число.

Подставляя выражения (21) в уравнения движения жидкости основной системы, получим базовые решения для амплитуд компонент скорости и давления. В этом случае сумма базовых решений для каждой волновой гармоники  $e^{i(\omega t - \chi x)}$  даст общее решение основной системы.

Неизвестные константы необходимо определять из контактных условий, уравнений движения стенки, а также из

граничных условий на входе и выходах из сосудистой системы. Это напрямую связано с решением дисперсионных уравнений, возникающих при подстановке выражений (20) в основную систему.

Были получены начальные точки (рис. 1 и 2) дисперсионных кривых для дисперсионного уравнения, полученного при решении системы (1)-(7). На рисунках значения по осям  $a$  и  $b$  – это действительная и мнимая части волнового числа.

Используя полученные точки в качестве начальных приближений для построения решения дисперсионного уравнения, можно построить необходимые дисперсионные кривые, что позволит завершить решение полной краевой задачи с учетом краевых и контактных условий и найти необходимое число констант интегрирования.

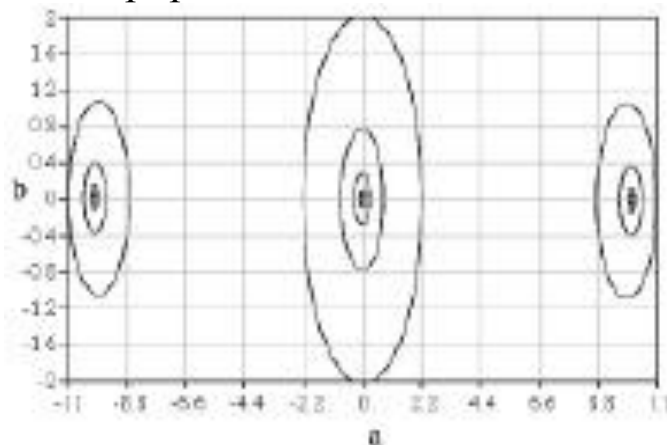


Рисунок 1. Начальные точки дисперсионных кривых в случае малой вязкости.

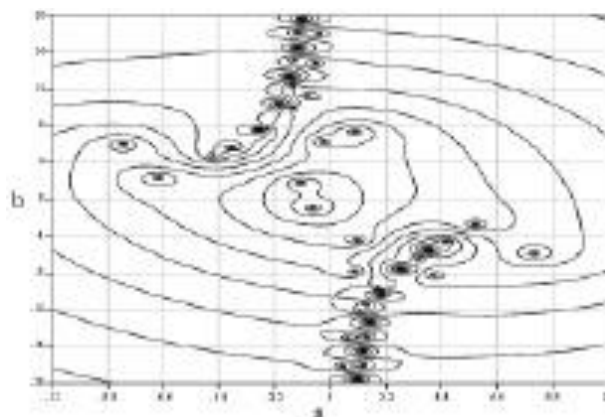


Рисунок 2. Начальные точки дисперсионных кривых в случае большой вязкости.

Такой алгоритм поиска общего решения системы (1)-(7) вполне подходит для решения систем (9)-(10) и (19). Таким

образом, предложенные математические модели могут использоваться для исследования кровотока в системе кровеносных сосудов.

### Регуляционная модель сердечно-сосудистой системы.

Современные методы исследования сердечно-сосудистой системы (ССС) базируются на использовании традиционных моделей механизма кровообращения, недостатком которых является отсутствие учета, регуляции кровотока. Поэтому предложена модифицированная модель ССС, основанная на методике, учитывающая следующие процессы регуляции: саморегуляцию левого и правого желудочков сердца, саморегуляцию транспорта жидкости, кислорода и углекислоты через стенки, саморегуляцию потока крови через сосуды, перераспределение кровотока по сосудистому руслу в соответствии с функциональными нагрузками тканей и органов, и непосредственное воздействие центральной нервной системы.

Математическая модель ССС базируется на системе уравнений:

$$C_{ri} = \{e_{ij}, U_{ij}, \rho_{ij}\}, \quad C_{r0} = \{C_{r1}, C_{r2}, \dots, C_{rm}\}, \quad X_{r0} = J_{r0}\{X_{r0}, C_{r0}(X_{r1}), Z_{r0}\},$$

$$X_{r0} \stackrel{\Delta}{=} W_{r0} = (W'_{i0}, W'_{r0}, W'_{z0}), \quad \text{где} \quad W'_{i0} = \{q_{ij}, P_i, V_i, f(P, V, q)\},$$

$$C_{r,n-1} = f_{r,n-1}(X_{rn}, X_{r,n-1}), \quad W^{*}_{r,n-1} = P_{r,n-1}(X_{rn}, X_{r,n-1}).$$

$$X^{*}_{rn}(t) = S_{rn}^{*}\{X_{r0}, X_{r,n+1}, X_{rn}, X_{r,n-1}, C_{rn}(X_{r,n+1}), W^{*}_{rn}(X_{r,n+1}), Z_{rn}\},$$

Где  $e$ - жесткость,  $U$ - расправляющий объем,  $\rho$ -проводимость,  $q$  – кровоток,  $P$  - давление,  $V$  - объем,  $i, j$  – номера резервуаров сердечно-сосудистой системы,  $r$  – некоторая подсистема ССС, включающая один ( $r=i$ ) или несколько ( $r=\{i, v, \dots, m\}$ ) элементарных участков,  $C_{r0}$  – вектора управляемых параметров  $r$ -ой подсистемы нулевого уровня субординации,  $z$  – возмущение,  $X_{r0}$  – управляющее воздействие нулевого уровня субординации,  $X_{r1}$  определяется: значениями функций  $W_{r0}$ , где  $W'_i = \{q_{ij}, P_i, V_i, f_i(P_i, V_i, q_{ij})\}$  ( $f$ - обозначение функции), параметрами системы саморегуляции  $C_{ri}(X_{r2})$  и задающими воздействиями  $W^{*}_{ri}(X_{r2})$  от второго уровня субординации;  $n$ -й уровень – некоторый уровень управления (генерирующий  $X_{Rn}, n=1, \dots, m$ ), выполняющий задающие воздействия  $n+1$ -го уровня [ $W^{*}_{rn}(X_{r, n+1}, C_{rn}(X_{r, n+1}))$ ] и контролировать функции  $n-1$ -го уровня ( $X_{r,n-1}$ ); ( $X_{r,n+1}$ ) – высшие

вегетативные центры,  $(X_m)$  – функциональная активность управления,  $(X_{r,n-1})$  – функция управляемой подсистемы.

Структура модели сердечно-сосудистой системы, учитывающая регуляторные процессы, имеет вид:

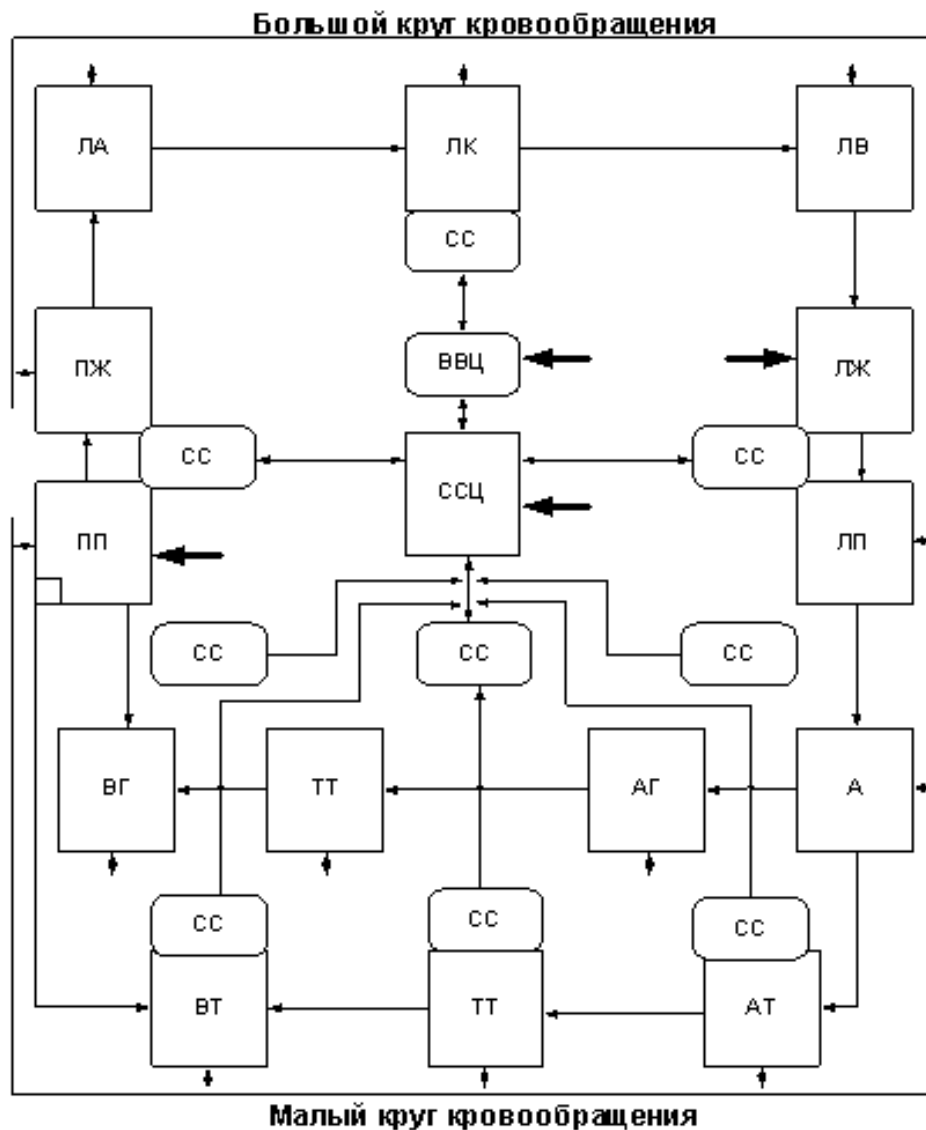


Рисунок 3 - Блок-схема модели регуляции сердечно-сосудистой системы.

МКК-малый и БКК - большой круг кровообращения; ССЦ-серечно-сосудистый центр; ВВЦ – высшие вегетативные центры, СР - спинальная регуляция, СС – системы саморегуляции, АТ – артерии туловища, ТТ – капилляры и ВТ – вены нижней части тела и ног, АГ- артерии, ТТ– капилляры и ВГ – вены головы и рук; ПЖ – правый желудочек; ПП – правое предсердие; ЛА – легочная артерия; ЛК – легочные капилляры; ЛВ-



легочная вена; ЛП – левое предсердие, ЛЖ– левый желудочек; кроме того, модель отображает дугу аорты (А).

Использование модели позволяет учитывать основной патологический процесс, сопутствующие ему, в том числе, осложнения, компенсаторные, защитные и гомеостатические реакции организма, а также составляющие, вносимые лечением, что необходимо для выбора адекватной терапии.

### **Порядок выполнения работы :**

1. Изучите теоретические сведения.
2. Ответьте на вопросы по теории:
  1. Назовите и охарактеризуйте основные факторы регуляции сердца.
  2. Назовите и охарактеризуйте основные факторы регуляции сосудов.
  3. Опишите основные принципы построения модели движения крови в сосудах с упругими стенками.
  4. Каким образом находятся неизвестные константы интегрирования в случае построения модели движения крови в сосудах с упругими стенками?
  5. На чем базируются современные методы исследования сердечно-сосудистой системы? Чем это обусловлено?
  6. Рассмотрите и постарайтесь объяснить блок-схему модели регуляции сердечно-сосудистой системы. Для чего она может быть использована?
3. Разделившись на группы, подготовьте рефераты на следующие темы:
  1. Саморегуляция функций сердечно-сосудистой системы.
  2. Построение математической модели саморегуляции сердечно-сосудистой системы.

## **Библиография:**

1. Шумаков В.И., Новосельцев В.И., Сахаров М.П., Штенгольд Е.Ш. Моделирование физиологических систем организма. - М.: Медицина, 1971г. – 352с.
2. Лищук В.А., Газизова Д.Ш., Сазыкина Л.В., Бокерия Л.А. Аппаратная реализация математической модели регуляции для кардиологии. - М.: Электроника и связь. Тематический выпуск «Проблемы электроники», ч. 2, 2008г.
3. Газизова Д.Ш. Оперативный анализ расстройств сердечно-сосудистой системы с помощью мониторно-компьютерных средств: Дис. ... докт. мед. наук: 14.00.06. М., 1998.-250 с.
4. Лищук В.А, Сазыкина Л.В. Математические модели сердечно-сосудистой системы //Итоги науки и техн. ВИНТИ. Сер. Бионика. Биокибернетика. Биоинженерия. 1990. -Т. 7.-140 с.
5. Wagner R. Feedback principle in regulation of the circulation//Circulat. Res.- 1957. - Vol. 5, N 5. - P. 469-471.

## **Практическая работа №2.**

### **Клинико-кибернетическая модель мозговой дисфункции**

**Цель работы:** изучить клинико-кибернетическую модель минимальной мозговой дисфункции, ее причины и клинические проявления, а также получить практические навыки ее определения с помощью теста Тулуз-Пьерона.

#### **Краткие теоретические сведения.**

**Минимальная мозговая дисфункция (ММД)** - сборная группа различных по причине, механизмам развития и клиническим проявлениям патологических состояний. ММД обнаруживается у 5-15% детей школьного возраста. Причины и механизмы развития минимальной мозговой дисфункции до конца не выяснены. Выдвигаются гипотезы о роли органического, генетического факторов, биохимической дисфункции, педагогической «запущенности» в происхождении данного синдрома. В ряде случаев для возникновения синдрома необходимо сочетание указанных факторов.

В литературе можно встретить несколько похожих друг на друга терминов: ММН – минимальная мозговая недостаточность; ММД – минимальная мозговая дисфункция; МДМ – минимальная дисфункция мозга, МЦД – минимальная мозговая (церебральная) дисфункция. В ряде исследований отмечено, что термин «минимальная мозговая дисфункция» является устаревшим, вместо него используется более корректная формулировка: «минимальное повреждение мозга».

Термин «минимальная дисфункция мозга» был предложен Э. Деноффом в 1959 году для обозначения нескольких важнейших симптомов, возникающих у ребенка в результате поражения головного мозга: это трудности обучения в школе, трудности саморегуляции, активности и поведения в целом. Официально же он был рекомендован в 1962 году Оксфордской международной группой изучения проблем детской неврологии (Wender P., 1972). В эту категорию рекомендовано относить детей с проблемами в обучении или в поведении, расстройствами внимания, но с нормальным интеллектом и легкими неврологическими нарушениями, которые не выявляются при

стандартном неврологическом обследовании, или с признаками незрелости и замедленного созревания тех или иных психических функций.

В отечественной литературе термин «минимальная дисфункция мозга» впервые начали употреблять Л.О. Бадалян, Л.Т. Журкова, Е.М. Мастюкова (1987), выполнившие первое отечественное исследование МДМ (ММД). Указанные авторы провели наиболее значимое в отечественной неврологии исследование и показали, что характерным признаком ММД являются повышенная возбудимость, эмоциональная лабильность, диффузные легкие неврологические симптомы, умеренно выраженные сенсомоторные и речевые нарушения, расстройство восприятия, повышенная отвлекаемость, трудности поведения, недостаточная сформированность навыков интеллектуальной деятельности, специфические трудности обучения.

Признаки:

- повышенная возбудимость;
- эмоциональная неустойчивость;
- диффузные легкие очаговые неврологические симптомы;
- умеренно выраженные сенсомоторные и речевые нарушения;
- расстройства восприятия;
- отвлекаемость;
- трудности поведения;
- недостаточная сформированность навыков интеллектуальной деятельности;
- трудности обучения.

Минимальная мозговая дисфункция чаще всего выявляется в школьном возрасте; ранние симптомы синдрома у некоторых детей можно обнаружить уже на первом году жизни. С первых недель жизни дети, у которых в дальнейшем формируется синдром ММД, отличаются повышенной возбудимостью и двигательным беспокойством. Отмечаются нарушение сна и снижение аппетита. Наблюдаются повышение мышечного тонуса, угнетение безусловных рефлексов, расстройство черепно-мозговой иннервации (непостоянное сходящееся косоглазие, горизонтальный нистагм), нарушения иннервации желудочно-кишечного тракта. Все эти нарушения изменчивы и непостоянны.

У некоторых детей в течение первого года жизни замечено психомоторное развитие. В возрасте от 1 года до 3 лет ведущими в клинической картине являются повышенная возбудимость, двигательное беспокойство, нарушение аппетита, слабая прибавка массы тела, расстройство сна. Дети плохо засыпают вечером, сон бывает поверхностным, они часто просыпаются и при этом кричат. На втором году жизни в некоторых случаях возможно отставание в речевом развитии. К 3 годам становится выраженной моторная неловкость. Навыки самообслуживания развиваются с задержкой.

Это сочетается с двигательной расторможенностью («гиперкинетическое поведение»), отвлекаемостью, быстрой истощаемостью. Обычно дети не способны к длительной игровой деятельности; они не умеют ограничивать свои желания, отличаются упрямством и негативизмом.

В дошкольном возрасте моторная неловкость остается выраженной и проявляется трудностью овладения рисованием и письмом. Нарушаются также концентрация внимания и восприятие. Недостаточно формируются навыки интеллектуальной деятельности.

В школьном возрасте дети с ММД испытывают трудности при усвоении навыков письма, чтения и счета. Двигательные нарушения характеризуются мышечной дистонией, асимметрией мышечного тонуса и рефлексов, непостоянными патологическими рефлексамии. Моторная неловкость сочетается с недостаточностью тонких дифференцированных движений пальцев рук и мимической мускулатуры. Часто выявляются мозжечковые нарушения, статическая и динамическая атаксия, промахивание при пальценосовой пробе, специфические нарушения почерка и речи.

Могут иметь место проявления задержки психического развития. Дети не готовы к обучению в школе. Они не всегда учитывают ситуацию. Им присущи наивность и непосредственность поведения.

Наблюдаются недоразвитие эмоционально-волевой сферы. Больным свойственны низкая работоспособность и склонность к двигательной расторможенности.

Дети испытывают затруднения в обучении главным образом вследствие замедления психической деятельности, цереброастенических проявлений, нарушения памяти и внимания, излишней подвижности, недоразвития произвольной целенаправленной деятельности. Эти затруднения становятся особенно выраженными при увеличении объема и темпа предъявления нового материала.

В отдельных случаях отмечаются дизлексия и дисграфия. Дети испытывают трудности при необходимости адаптироваться к новым условиям. В случае привычного жизненного стереотипа у них возникают своеобразные состояния дезадаптации и невротические расстройства.

В периоды возрастных кризов часто выявляются или усиливаются психопатологические нарушения.

Степень выраженности указанных изменений крайне вариабельна и колеблется от легких, трудно диагностируемых форм до стойких проявлений, требующих медико-педагогических воздействий.

Клиническая симптоматика ММД видоизменяется в зависимости от этапа возрастного развития. У детей раннего возраста чаще обнаруживаются неврологические нарушения. В старшем возрасте ведущее место занимают расстройства поведения и специфические трудности обучения.

Практика показывает, что больным дошкольникам взрослые не всегда уделяют должное внимание.

Отчасти это объясняется тем, что вся симптоматика становится явной с того момента, когда дети с малыми мозговыми поражениями начинают испытывать трудности в процессе обучения в школе. К этому времени симптомы легкой мозговой недостаточности становятся более выраженными в связи со вторичными нарушениями, обусловленными дополнительными экзогенными вредностями, неправильным воспитанием и реакцией ребенка на свою несостоятельность.

### **Тест Тулуз-Пьерона**

Тест Тулуз-Пьерона является одним из вариантов «корректирующей пробы», общий принцип которой был разработан Бурдоном еще в 1895 году. Суть задания состоит в

дифференцировании стимулов, близких по форме и содержанию в течение длительного, точно определенного времени.

Тест Тулуз-Пьерона первично направлен на изучение свойств внимания (концентрации, устойчивости, переключаемости) и психомоторного темпа, вторично – оценивает точность и надежность переработки информации, волевою регуляцию, личностные характеристики работоспособности и динамику работоспособности во времени.

«Классический» вариант теста Тулуз-Пьерона (30 строчек) применим для широкого возрастного диапазона, начиная с 15 лет. Укороченный вариант (10 строчек) можно использовать, начиная с 3 класса. Для детей 6–8 лет (1–2 класс) предлагается упрощенный вариант методики. Он был разработан с учетом еще не полного сенсомоторного развития детей этого возраста и меньшего объема их оперативной памяти. Использовать тест (даже в упрощенном варианте) на детях более младшего возраста не рекомендуется, так как он перестает быть валидным.

В тесте Тулуз-Пьерона стимульным материалом являются 8 типов квадратиков, различающихся тем, к какой грани или к какому из углов добавлены черные полукруг или четверть круга. Тестовый бланк состоит из 10 строчек, на которых в случайном порядке расположены все типы используемых квадратиков. В верхнем левом углу бланка изображены квадратики-образцы (два – на бланках для учащихся 1–2 классов). В расположенных ниже строчках обследуемый должен находить и зачеркивать квадратики, аналогичные образцам, а остальные – подчеркивать. Время работы с каждой строчкой ограничено. Дети от 6 лет до 6 класса работают с каждой строчкой 1 минуту. Начиная с 7 класса, на работу с каждой строчкой отводится 55 секунд. Когда отведенное время истекает, обследуемый должен переходить к следующей строчке, независимо от того, смог он обработать предыдущую до конца или нет.

Практика работы показывает, что методика Тулуз-Пьерона является адекватным, быстрым и простым способом косвенной диагностики ММД (по ближайшим нарушениям психической деятельности). Она не имеет ограничений для повторных применений, поэтому удобна для анализа динамики ММД, оценки эффективности лечения или коррекции. Еще одно

преимущество методики состоит в том, что она фактически является экспресс-методом (занимает не более 15 минут), пригодным для массовых обследований.

Для диагностики ММД необходимо групповое тестирование. Группа должна быть не менее 6–10 человек. При групповом тестировании дети сначала подписывают бланки, а потом слушают инструкцию, сопровождаемую демонстрацией. Для демонстрации на классной доске рисуются квадратичные образцы и часть тренировочной строчки (не менее 10 квадратов), обязательно содержащая все возможные виды квадратов.

Обработка результатов тестирования осуществляется с помощью наложения на бланк ключа, изготовленного из прозрачного материала. На ключе маркером выделены места, внутри которых должны оказаться зачеркнутые квадратики. Вне маркеров все квадратики должны быть подчеркнуты.

Для каждой строчки подсчитывается:

- 1) общее количество обработанных квадратиков (включая и ошибки);
- 2) количество ошибок.

За ошибку считается: неверная обработка (когда внутри маркера квадратик подчеркнут, а вне – зачеркнут), любые исправления и пропуски (когда квадратик вообще не обработан).

Соответствующие две цифры проставляются справа против каждой строчки и затем переносятся в соответствующую таблицу на Бланке фиксации результатов.

Утомляемость, вработываемость, а также цикличность в колебаниях внимания хорошо прослеживаются по падению или нарастанию количества обработанных знаков в строчке и по динамике ошибок. При желании они могут быть оценены и количественно, посредством сравнения скорости и точности обработки первых двух строчек с соответствующими показателями по двум последним строчкам (как это обычно делается в корректурных пробах).

**ОСНОВНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ:**

1. Скорость выполнения теста:



$$V = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n}, \text{ где}$$

$n$  – число рабочих строчек,  $x_i$  – количество обработанных знаков в строке.

2. Коэффициент точности выполнения теста (или показатель концентрации внимания):

$$K = \frac{V - \alpha}{V} \quad \alpha = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n}, \text{ где}$$

$v$  – скорость,  $a$  – среднее количество ошибок в строке,  $n$  – количество рабочих строчек,  $y_i$  – количество ошибок в строке.

Таким образом находится отношение правильно обработанных знаков к общему числу обработанных знаков.

## ДОПОЛНИТЕЛЬНЫЕ РАСЧЕТНЫЕ ПОКАЗАТЕЛИ

1. Устойчивость скорости во времени:

$$\sigma_v = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - v)^2}{n-1}}, \text{ где}$$

$n$  – количество рабочих строчек,  $x_i$  – количество обработанных знаков в строке,  $v$  – средняя скорость.

2. Устойчивость внимания:

$$\sigma_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \alpha)^2}{n-1}}, \text{ где}$$

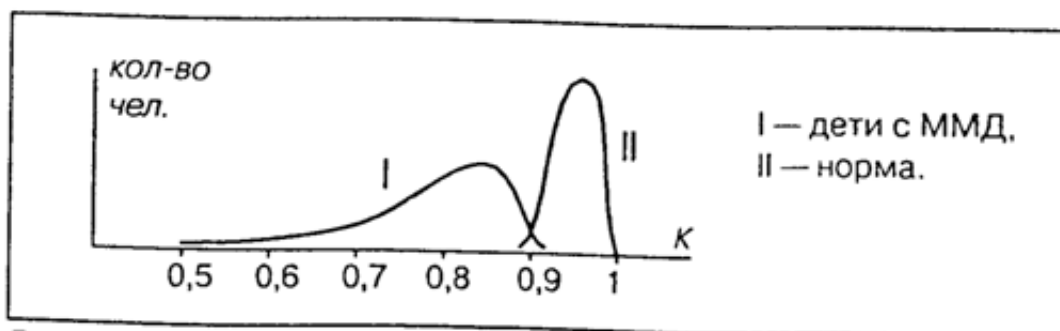
$n$  – количество рабочих строчек,  $y_i$  – количество ошибок в строке,  $a$  – среднее количество ошибок в строке.

3. Связь скорости и точности выполнения теста (коэффициент корреляции  $V$  и  $a$ ):

$$r_{v\alpha} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - v)(y_i - \alpha)}{\sigma_v \sigma_\alpha (n-1)}}.$$

На рисунке приведены кривые распределения точностных показателей для детей с ММД (I) и для детей, не имеющих функциональных отклонений в работе мозга (II), полученные путем разбивки всей выборки на две эти группы. Кривая II свидетельствует о нормальном распределении точностных

характеристик в популяции. Однако при ММД оно уже не является нормальным и представляет из себя скошенную кривую с пиком в области  $K=0,86$ . На основании формы кривой I можно заключить, что абсолютное большинство случаев функциональных нарушений в работе мозга действительно принадлежит к разряду легких, или минимальных, нарушений, так как «пик» сильно сдвинут в сторону значений, характеризующих норму. Напротив, растянутый, пологий склон, при  $K=0,5$ , фактически уходящий в ноль, свидетельствует о том, что тяжелых отклонений значительно меньше.



Основным показателем для диагностики ММД является коэффициент точности выполнения теста Тулуз-Пьерона, характеризующий развитость произвольного внимания и, в особенности, способность к произвольной концентрации. Именно этот показатель (K) необходимо анализировать в первую очередь, сравнивая полученное числовое значение с нормативами, приведенными в Приложении 2.

Если расчетное значение показателя точности выполнения теста попадает в зону патологии (или находится на границе с зоной слабого уровня выраженности), то вероятность ММД исключительно высока.

Если расчетный показатель оказывается в зоне слабого развития точности внимания, то необходимо дополнительно проанализировать скорость выполнения теста Тулуз-Пьерона (Приложение 1). Если при этом значение скорости попадает в зону патологии или слабого уровня, то ММД также вполне вероятна.

*Критерии диагностики и физиологические особенности выделенных типов ММД.*

В психиатрической и дефектологической литературе обычно описываются два типа ММД, легко выделяемые по

поведенческим признакам: астеничный и гиперактивный. Результаты исследований с использованием теста Тулуз-Пьерона позволили описать еще три типа, которые обычно трудно отличимы от нормы по внешнему поведению, так как представляют собой более легкие формы нарушений.

Таким образом, можно выделить следующие пять типов ММД: астеничный, реактивный, ригидный, активный, субнормальный.

В предложенной классификации астеничный соответствует традиционно выделяемому под этим наименованием типу. Гиперактивному типу соответствует реактивный. Представляется, что данное наименование типа в большей степени отражает его сущностные характеристики, так как активность, понимаемая как самостоятельно направляемая деятельность, у детей данного типа полностью отсутствует. (Встречающееся определение этого типа как двигательнорасторможенного является также достаточно точным).

Распространенность выделенных типов в популяции детей с ММД примерно следующая: астеничный – 15 %, реактивный – 25 %, ригидный – 20 %, активный – 10 %, субнормальный – 30 %.

Все пять типов ММД легко диагностируются по характеру профиля, полученного на бланке. Для определения типа ММД профиль конкретного обследуемого сравнивается с типологическими профилями (Приложение 3). Следует еще раз подчеркнуть, что тип ММД диагностируется только в том случае, если основные показатели теста (точность и скорость) позволяют сделать общий вывод о ее наличии.

### **Порядок выполнения:**

Пройдите универсальный тест Тулуз-Пьерона (Приложение 4) в соответствии с методикой, приведенной выше. Посчитайте количество ошибок и при помощи формул и таблиц определите, диагностируется ли ММД в вашем случае. Постройте кибернетические модели: «вход-выход», передаточная функция. Исследуйте поведение передаточных функций на реакции типовых воздействий. Сделайте вывод.

### **Приложение 1**

Возрастные нормативы скорости выполнения теста Тулуз-Пьерона.

Возрастные группы	Скорость выполнения (V)				
	Патология	Слабая	средняя или возрастная норма	Хорошая	Высокая
Дошкольники (6-7 лет)	0 - 14	15-17	18-29	30-39	40 и >
1 класс	0-19	20-27	28-36	37-44	45 и >
2 класс	0-22	23-32	33-41	42-57	58 и >
3-4 класс	0-15	16-25	26-37	38-48	49 и >
5 класс	0-19	20-29	30-39	40-50	51 и >
6 класс	0-24	25-31	32-41	42-55	56 и >
7 класс		36 и <	37-45	46-57	58 и >
8 класс		38 и <	39-48	49-59	60 и >
9 класс		40 и <	41-50	51-64	65 и >
10 класс		44 и <	45-54	55-69	70 и >
11 класс		49 и <	50-62	63-77	78 и >

**Приложение 2**

Возрастные нормативы точности выполнения теста Тулуз-Пьерона.

Возрастные группы	Точность выполнения теста (K)				
	патология	слабая	средняя или возрастная норма	хорошая	высокая
дошкольники (6-7 лет) - 1 классы	0,89 и <	0,9-0,91	0,92-0,95	0,96-0,97	0,98-1
2 классы	0,9 и <	0,91-0,92	0,93-0,96	0,97	0,98-1
3 - 5 классы	0,89 и <	0,9-0,91	0,92-0,94	0,95-0,96	0,97-1
6 - 8 классы	0,9 и <	0,91	0,92-0,95	0,96-0,97	0,98-1
9 - 11 классы	0,9 и <	0,91-0,92	0,93-0,95	0,96-0,97	0,98-1







# ТЕСТ ТУЛУЗ-ПЬЕРОНА

Бланк ответов

Обследуемый \_\_\_\_\_

## ПРОБА



Ждите указаний!



- 1
- 2
- 3
- 4
- 5
- 6
- 7
- 8
- 9
- 10



## СПАСИБО



# МЕТОДИКА ДИАГНОСТИКИ ММД

(ТЕСТ ТУЛУЗ-ПЬЕРОНА)

## БЛАНК ФИКСАЦИИ РЕЗУЛЬТАТОВ

Ф.И.О. \_\_\_\_\_ Дата \_\_\_\_\_

Возраст \_\_\_\_\_ Класс \_\_\_\_\_ Пол \_\_\_\_\_

№ строки	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
количество обработанных знаков										
количество ошибок										

### Основные показатели:

### Интерпретация значений:

1. Скорость:  $V = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} =$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

2. Точность:  $K = \frac{V - \alpha}{V} =$  \_\_\_\_\_

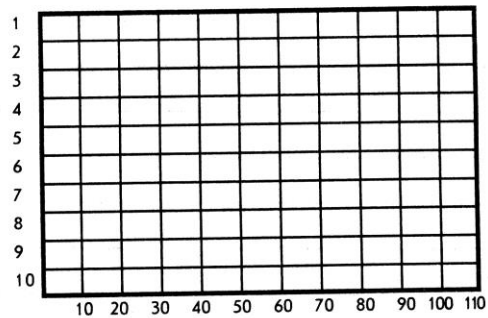
\_\_\_\_\_

$\alpha = \frac{\sum_{i=1}^n y_i}{n} =$  \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_

3. Наличие / отсутствие ММД \_\_\_\_\_

4. Тип ММД = \_\_\_\_\_





**Дополнительные показатели:**

1. Устойчивость скорости:  $\sigma_V = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - V)^2}{n-1}}$  = \_\_\_\_\_

2. Устойчивость внимания:  $\sigma_\alpha = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (y_i - \alpha)^2}{n-1}}$  = \_\_\_\_\_

3. Связь скорости и точности:  $r_{V\alpha} = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - V)(y_i - \alpha)}{\sigma_V \sigma_\alpha (n-1)}}$  = \_\_\_\_\_

**Заключение** \_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_  
\_\_\_\_\_

Психолог \_\_\_\_\_

**Библиография.**

1. Захаров А.И. Предупреждение отклонений в поведении ребенка. СПб., 1997.
2. Яременко Б.Р., Яременко А.Б., Горяинова Т.Б. Минимальные дисфункции головного мозга у детей. СПб., 2002.
3. Ясюкова Л.А. Оптимизация обучения и развития детей с ММД. Диагностика и компенсация минимальных мозговых дисфункций. СПб., ГП «ИМАТОН», 1997.

### Практическое занятие №3.

## Кибернетическое моделирование физиологии мышечного сокращения кистей рук

**Цель занятия:** на основе изучения особенностей физиологии мышечной ткани синтезировать и изучить кибернетическую модель механизма мышечного сокращения.

#### Порядок выполнения работы.

##### 1. Вариант.

На практике метод определения мышечной силы кисти применяют как тест для определения уровня общего физического развития человека. Работа выполняется обучающимися попарно. Каждый поочередно выступает в роли испытуемого. Другой – в роли экспериментатора. При измерении силы кистей рук необходимо сохранение постоянства позы испытуемого. Испытуемый сидит на стуле; рука, на которой производят измерения вытянута вперёд, согнута в локтевом суставе; свободная рука лежит на колене. Испытуемому даётся следующая инструкция: «Сожмите кистью руки пружину динамометра как можно сильнее». Замеры повторить три раза для правой руки и три раза для левой. Затем испытуемый выполняет 20 приседаний в качестве нагрузки, после этого замеры производятся снова.

Результаты оформляются в виде таблицы, по которой строится и исследуется кибернетическая модель «вход-выход».

##### 2. Вариант.

Определяют массу тела испытуемого. Динамометр подготавливают к измерению, устанавливая с помощью кнопки стрелку в нулевое положение. Держа динамометр в вытянутой руке, испытуемый по команде экспериментатора с максимальной силой сжимает его (другая рука при этом опущена и расслаблена). Оценивают показания по шкале динамометра. Измерение повторяют 3 раза (с интервалами не менее 2 минут). Фиксируют лучший результат. Затем определяют показатель силы по формуле: *Показатель силы = сила мышц/масса тела · 100*. Синтезируют и исследуют кибернетическую модель.

## Практическая работа №4. Регулирование содержание глюкозы в крови

**Цель работы:** построить и исследовать модель толерантности организма к глюкозе - изменения уровня глюкозы в крови в динамике после сахарной нагрузки.

### **Порядок выполнения работы.**

Натощак берут каплю 0,1 мл крови из пальца и определяют в ней содержание глюкозы. Затем дают выпить раствор глюкозы или тростникового сахара из расчета 1,0—1,5 г на 1 кг массы тела обследуемого. Через 30, 60 и 120 мин после приема сахара снова определяют содержание глюкозы.

Результаты вносят в таблицу и на их основании строят сахарные кривые, откладывая на оси абсцисс время взятия крови, а на оси ординат — найденное содержание Сахара в крови (ммоль/л):

Таблица 2 – образец таблицы для построения сахарных кривых

Метод количественного определения	Масса принятой глюкозы	Концентрация глюкозы в крови			
		до нагрузки глюкозой	после нагрузки глюкозой		
			через 30 мин	через 60 мин	через 120 мин

При анализе сахарных кривых обращают внимание на следующие параметры:

- а) начальное содержание сахара в крови;
- б) быстроту и высоту подъема;
- в) продолжительность гиперглюкоземии и характер ее снижения.

Кривая здорового человека отличается быстрым подъемом, максимальный подъем наблюдается около 30 мин, количество сахара может при этом удвоиться. При сахарной болезни уровень сахара в крови возрастает дольше и достигает максимума через 3(У—60) мин или еще позднее, причем достигает очень высоких цифр — до 14 ммоль/л и более.

Понижение кривой имеет также диагностическое значение. У здоровых людей количество сахара уменьшается быстро и через 1,5—2,5 ч возвращается к исходной величине, а иногда

оказывается и ниже ее. При диабете повышение держится 5—7 ч и возвращается к исходной величине очень медленно. При сахарном диабете происходит снижение толерантности организма к глюкозе.

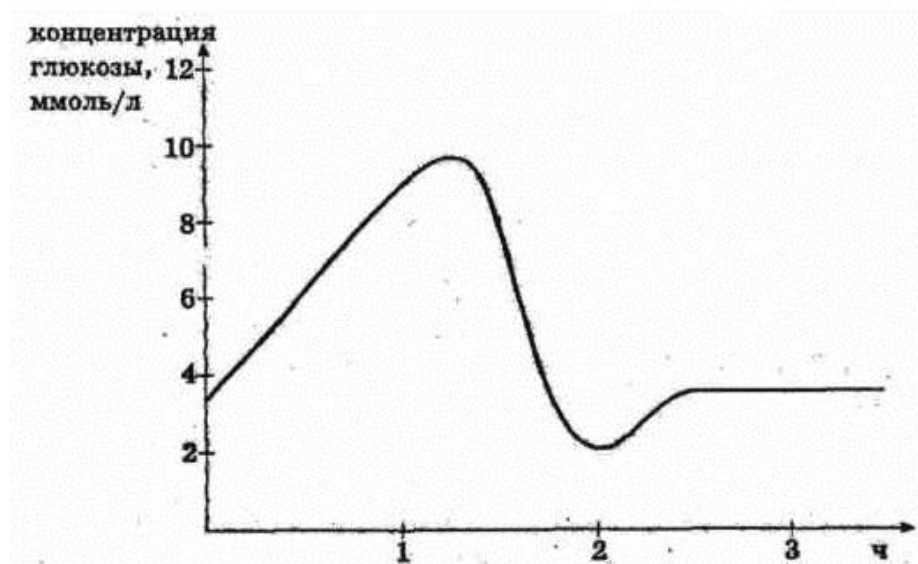


Рисунок 1 - динамика изменений концентрации глюкозы в крови в норме.

По результатам синтезируют кибернетическую модель «вход-выход» и исследуют ее на типовые входные воздействия.

Результаты представляются в работе совместно с краткими ответами на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Какие виды гипергликоземии известны современной медицины?
2. Каковы причины патологической гипергликоземии?
3. В чем причина возникновения инсулинзависимого сахарного диабета?
4. Напишите структурными формулами реакции окислительной ветви ПФП.
5. Роль кибернетического моделирования в анализе механизмов возникновения сахарного диабета.

## **Практическая работа № 5.**

### **Базовые принципы координационной деятельности ЦНС**

**Цель работы:** изучить базовые принципы координационной деятельности ЦНС, как кибернетических систем аутоуправления.

**Объект исследования** – человек.

**Краткие теоретические сведения.**

Координационная деятельность (КД) ЦНС представляет собой согласованную работу нейронов ЦНС, основанную на взаимодействии нейронов между собой.

Функции координационной деятельности:

- 1) обеспечивает четкое выполнение определенных функций, рефлексов;
- 2) обеспечивает последовательное включение в работу различных нервных центров для обеспечения сложных форм деятельности;
- 3) обеспечивает согласованную работу различных нервных центров (при акте глотания в момент глотания задерживается дыхание, при возбуждении центра глотания тормозится центр дыхания).

**Основные принципы КД ЦНС и их нейронные механизмы.**

**1. Принцип иррадиации (распространения).** При возбуждении небольших групп нейронов возбуждение распространяется на значительное количество нейронов. Иррадиация объясняется:

- 1) наличием ветвистых окончаний аксонов и дендритов, за счет разветвлений импульсы распространяются на большое количество нейронов;
- 2) наличием вставочных нейронов в ЦНС, которые обеспечивают передачу импульсов от клетки к клетке. Иррадиация имеет границы, которая обеспечивается тормозным нейроном.

**2. Принцип конвергенции.** При возбуждении большого количества нейронов возбуждение может сходиться к одной группе нервных клеток.

**3. Принцип реципрокности (сопряженности)** – согласованная работа нервных центров, особенно у противоположных рефлексов (сгибание, разгибание и т.д.).

**4. Принцип доминанты.** Доминанта – господствующий очаг возбуждения в ЦНС в данный момент. Это очаг стойкого, неколеблущегося, нераспространяющегося возбуждения. Он имеет определенные свойства: подавляет активность других нервных центров, имеет повышенную возбудимость, притягивает нервные импульсы из других очагов, суммирует нервные импульсы. Очаги доминанты бывают двух видов: экзогенного происхождения (вызванные факторами внешней среды) и эндогенными (вызванные факторами внутренней среды). Доминанта лежит в основе формирования условного рефлекса.

**5. Принцип обратной связи.** Обратная связь – поток импульсов в нервную систему, который информирует ЦНС о том, как осуществляется ответная реакция, достаточна она или нет. Различают два вида обратной связи: 1) положительная обратная связь, вызывающая усиление ответной реакции со стороны нервной системы. Лежит в основе порочного круга, который приводит к развитию заболеваний; 2) отрицательная обратная связь, снижающая активность нейронов ЦНС и ответную реакцию. Лежит в основе саморегуляции.

**6. Принцип субординации.** В ЦНС существует определенная подчиненность отделов друг другу, высшим отделом является кора головного мозга.

**7. Принцип взаимодействия процессов возбуждения и торможения.** ЦНС координирует процессы возбуждения и торможения оба процесса способны к конвергенции, процесс возбуждения и в меньшей степени торможения способны к иррадиации. Торможение и возбуждение связаны индукционными взаимоотношениями. Процесс возбуждения индуцирует торможение, и наоборот. Различаются два вида индукции: 1) последовательная. Процесс возбуждения и торможения сменяют друг друга по времени; 2) взаимная. Одновременно существует два процесса – возбуждения и торможения. Взаимная индукция осуществляется путем положительной и отрицательной взаимной индукции: если в группе нейронов возникает торможение, то вокруг него возникают очаги возбуждения (положительная взаимная индукция), и наоборот.

Выделяют следующие группы методов изучения ЦНС:

1) экспериментальный метод, который проводится на животных;

2) клинический метод, который применим к человеку.

К числу экспериментальных методов классической физиологии относятся методы, направленные на активацию или подавление изучаемого нервного образования. К ним относятся:

1) метод поперечной перерезки ЦНС на различных уровнях;

2) метод экстирпации (удаления различных отделов, денервации органа);

3) метод раздражения путем активирования (адекватное раздражение – раздражение электрическим импульсом, схожим с нервным; неадекватное раздражение – раздражение химическими соединениями, градуируемое раздражение электрическим током) или подавления (блокирования передачи возбуждения под действием холода, химических агентов, постоянного тока);

4) наблюдение (один из старейших, не утративших своего значения метод изучения функционирования ЦНС. Он может быть использован самостоятельно, чаще используется в сочетании с другими методами).

Экспериментальные методы при проведении опыта часто сочетаются друг с другом.

Клинический метод направлен на изучение физиологического состояния ЦНС у человека. Он включает в себя следующие методы:

1) наблюдение;

2) метод регистрации и анализа электрических потенциалов головного мозга (электро-, пневмо-, магнитоэнцефалография);

3) метод радиоизотопов (исследует нейрогуморальные регуляторные системы);

4) условно-рефлекторный метод (изучает функции коры головного мозга в механизме обучения, развития адаптационного поведения);

5) метод анкетирования (оценивает интегративные функции коры головного мозга);

6) метод моделирования (математического моделирования, физического и т.д.). Моделью является искусственно созданный механизм, который имеет определенное функциональное подобие с исследуемым механизмом организма человека;

7) кибернетический метод (изучает процессы управления и связи в нервной системе). Направлен на изучение организации (системных свойств нервной системы на различных уровнях), управления (отбора и реализации воздействий, необходимых для обеспечения работы органа или системы), информационной деятельности (способности воспринимать и перерабатывать информацию – импульс в целях приспособления организма к изменениям окружающей среды).

### **Порядок выполнения работы**

1. Изучить теоретический материал.
2. Провести исследование по следующей схеме.

На листе бумаги начертите прямую линию длиной, примерно 10 см. Установить руку с карандашом в точку, которая соответствует началу линии на 1-2 см ниже, закройте глаза и начертите линию, как можно в большей степени совпадающую с первой по направлению и длине. Определить, насколько вторая линия отличается от первой по длине и под каким углом она расположена к первой линии. Аналогичный опыт провести с вычерчиванием равнобедренного треугольника и квадрата

1. Оформить результаты работы, сделать вывод. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой координационная деятельность ЦНС?
2. Функции координационной деятельности?
3. Основные принципы координационной деятельности ЦНС?
4. Нейронные механизмы принципов координационной деятельности ЦНС?

### **Библиография.**

1. Судаков К.В. Физиология. Основы и функциональные системы: Курс лекций/ Медицина, 2000 – 784 с.



2. [https://rukovodstvo\\_k\\_prakticheskim\\_zanyatiyam](https://rukovodstvo_k_prakticheskim_zanyatiyam).

## Практическая работа №6.

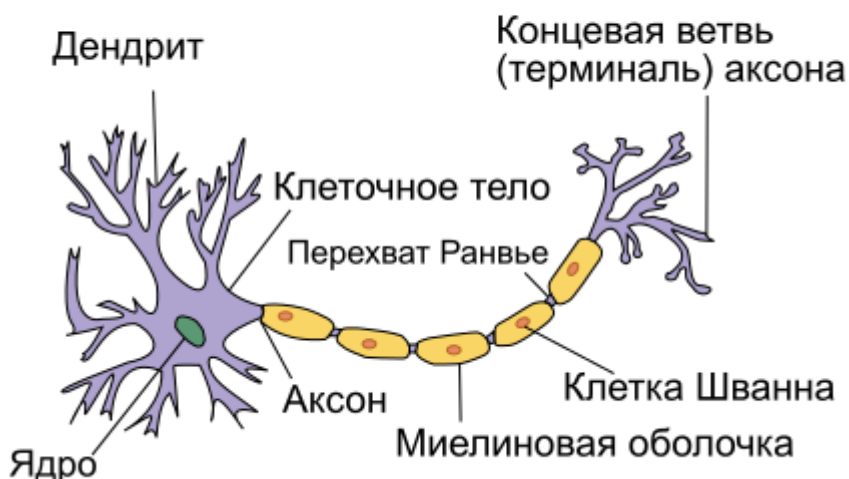
### Нейрон – как структурная и функциональная единица ЦНС

**Цель работы:** изучить нейрон как структурную и функциональную единицу ЦНС – высшей в единицах верхней иерархии аутосистем управления.

#### Краткие теоретические сведения.

**Нейрон** - структурно-функциональная единица нервной системы, представляющая собой электрически возбудимую клетку, которая обрабатывает, хранит и передает информацию посредством электрических и химических сигналов.

### Типичная структура нейрона



Тело нервной клетки состоит из протоплазмы (цитоплазмы и ядра), ограниченной снаружи мембраной из липидного бислоя. Липиды состоят из гидрофильных головок и гидрофобных хвостов, расположены гидрофобными хвостами друг к другу, образуя гидрофобный слой, который пропускает только жирорастворимые вещества (напр. кислород и углекислый газ). На мембране находятся белки: на поверхности (в форме глобул), на которых можно наблюдать наросты полисахаридов (гликокаликс), благодаря которым клетка воспринимает внешнее раздражение, и интегральные белки, пронизывающие мембрану насквозь, в которых находятся ионные каналы.

Нейрон состоит из тела диаметром от 3 до 130 мкм, содержащего ядро (с большим количеством ядерных пор) и органеллы (в том числе сильно развитый шероховатый [ЭПР](#) с

активными [рибосомами](#), [аппарат Гольджи](#)), а также из отростков. Выделяют два вида отростков: дендриты и аксон. Нейрон имеет развитый и сложный цитоскелет, проникающий в его отростки.

Цитоскелет поддерживает форму клетки, его нити служат «рельсами» для транспорта органелл и упакованных в мембранные пузырьки веществ (например, нейромедиаторов). Цитоскелет нейрона состоит из фибрилл разного диаметра: [Микротрубочки](#) ( $D = 20-30$  нм) — состоят из белка [тубулина](#) и тянутся от нейрона по аксону, вплоть до нервных окончаний. Нейрофиламенты ( $D = 10$  нм) — вместе с микротрубочками обеспечивают внутриклеточный транспорт веществ. Микрофиламенты ( $D = 5$  нм) — состоят из белков актина и миозина, особенно выражены в растущих нервных отростках и в [нейроглии](#).

[Аксон](#) — обычно длинный отросток нейрона, приспособленный для проведения возбуждения и информации от тела нейрона к нейрону или от нейрона к исполнительному органу.

[Дендриты](#) — как правило, короткие и сильно разветвлённые отростки нейрона, служащие главным местом образования влияющих на нейрон возбуждающих и тормозных синапсов (разные нейроны имеют различное соотношение длины аксона и дендритов), и которые передают возбуждение к телу нейрона. Нейрон может иметь несколько дендритов и обычно только один аксон. Один нейрон может иметь связи со многими (до 20 тысяч) другими нейронами.

### **Структурная классификация.**

На основании числа и расположения дендритов и аксона нейроны делятся на безаксонные, униполярные нейроны, псевдоуниполярные нейроны, биполярные нейроны и мультиполярные (много дендритных стволов, обычно эфферентные) нейроны. [Безаксонные нейроны](#) — небольшие клетки, сгруппированы вблизи спинного мозга в межпозвоночных [ганглиях](#), не имеющие анатомических признаков деления отростков на дендриты и аксоны. Все отростки у клетки очень похожи. Функциональное назначение безаксонных нейронов слабо изучено. [Униполярные нейроны](#) — нейроны с одним отростком, присутствуют, например в

сенсорном ядре [тройничного нерва](#) в [среднем мозге](#). Многие морфологи считают, что униполярные нейроны в теле человека и высших позвоночных не встречаются.

[Биполярные нейроны](#) — нейроны, имеющие один аксон и один дендрит, расположенные в специализированных сенсорных органах — сетчатке глаза, обонятельном эпителии и луковице, слуховом и вестибулярном [ганглиях](#).

[Мультиполярные нейроны](#) — нейроны с одним аксоном и несколькими дендритами. Данный вид нервных клеток преобладает в [центральной нервной системе](#).

[Псевдоуниполярные нейроны](#) — являются уникальными в своём роде. От тела отходит один отросток, который сразу же Т-образно делится. Весь этот единый тракт покрыт миелиновой оболочкой и структурно представляет собой аксон, хотя по одной из ветвей возбуждение идёт не от, а к телу нейрона. Структурно дендритами являются разветвления на конце этого (периферического) отростка. Триггерной зоной является начало этого разветвления (то есть находится вне тела клетки). Такие нейроны встречаются в [спинальных ганглиях](#).

### **Функциональная классификация**

По положению в [рефлекторной дуге](#) различают афферентные нейроны (чувствительные нейроны), эфферентные нейроны (часть из них называется двигательными нейронами, иногда это не очень точное название распространяется на всю группу эфферентов) и интернейроны ([вставочные нейроны](#)).

Афферентные нейроны (чувствительный, сенсорный, рецепторный или центростремительный). К нейронам данного типа относятся первичные клетки органов чувств и псевдоуниполярные клетки, у которых дендриты имеют свободные окончания.

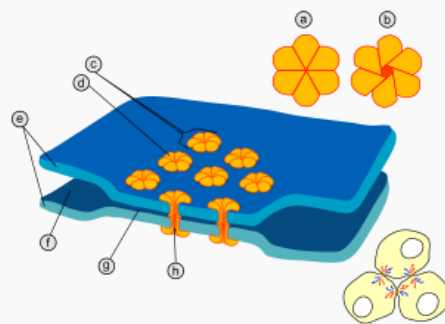
Эфферентные нейроны (эффektorный, двигательный, моторный или центробежный). К нейронам данного типа относятся конечные нейроны — ультиматные и предпоследние — не ультиматные.

Ассоциативные нейроны (вставочные или интернейроны) — группа нейронов осуществляет связь между эфферентными и афферентными, их делят на интризитные, комиссуральные и проекционные.

Секреторные нейроны — нейроны, секретирующие высокоактивные вещества (нейрогормоны). У них хорошо развит комплекс Гольджи, аксон заканчивается аксовазальными синапсами.

Синапс — место контакта между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал эффektorной клеткой. Служит для передачи нервного импульса между двумя клетками, причём в ходе синаптической передачи амплитуда и частота сигнала могут регулироваться. Одни синапсы вызывают деполяризацию нейрона, другие — гиперполяризацию; первые являются возбуждающими, вторые — тормозными. Обычно для возбуждения нейрона необходимо раздражение от нескольких возбуждающих синапсов.

### **Классификация синапсов по механизму передачи нервного импульса**



Основные элементы электрического синапса (эффепса): а — коннексон в закрытом состоянии; б — коннексон в открытом состоянии; с — коннексон, встроенный в мембрану; д — мономер коннексина, е — плазматическая мембрана; ф — межклеточное пространство; г — промежуток в 2-4 нанометра в электрическом синапсе; h — гидрофильный канал коннексона.

Синапсы подразделяются на:

химический — это место близкого прилегания двух нервных клеток, для передачи нервного импульса через которое клетка-источник выпускает в межклеточное пространство особое вещество, нейромедиатор, присутствие которого в синаптической щели возбуждает или затормаживает клетку-приёмник.

электрический (эффепс) — место более близкого прилегания пары клеток, где их мембраны соединяются с помощью особых белковых образований — коннексонов (каждый коннексон состоит из шести белковых субъединиц). Расстояние между

мембранами клетки в электрическом синапсе — 3,5 нм (обычное межклеточное — 20 нм). Так как сопротивление внеклеточной жидкости мало (в данном случае), импульсы через синапс проходят не задерживаясь. Электрические синапсы обычно бывают возбуждающими.

смешанные синапсы — пресинаптический потенциал действия создает ток, который деполяризует постсинаптическую мембрану типичного химического синапса, где пре- и постсинаптические мембраны не плотно прилегают друг к другу. Таким образом, в этих синапсах химическая передача служит необходимым усиливающим механизмом.

### **Механизм функционирования химического синапса**

Типичный синапс — аксо-дендритический химический. Такой синапс состоит из двух частей: пресинаптической, образованной булавовидным расширением окончанием аксона передающей клетки и постсинаптической, представленной контактирующим участком плазматической мембраны воспринимающей клетки (в данном случае — участком дендрита).

Между обеими частями имеется синаптическая щель — промежуток шириной 10—50 нм между постсинаптической и пресинаптической мембранами, края которой укреплены межклеточными контактами.

Часть аксолеммы булавовидного расширения, прилежащая к синаптической щели, называется **пресинаптической мембраной**. Участок цитолеммы воспринимающей клетки, ограничивающий синаптическую щель с противоположной стороны, называется **постсинаптической мембраной**, в химических синапсах она рельефна и содержит многочисленные рецепторы.

В синаптическом расширении имеются мелкие везикулы, так называемые синаптические пузырьки, содержащие либо медиатор (вещество-посредник в передаче возбуждения), либо фермент, разрушающий этот медиатор. На постсинаптической, а часто и на пресинаптической мембранах присутствуют рецепторы к тому или иному медиатору.

При деполяризации пресинаптической терминали открываются потенциал-чувствительные кальциевые каналы, ионы кальция входят в пресинаптическую терминаль и запускают

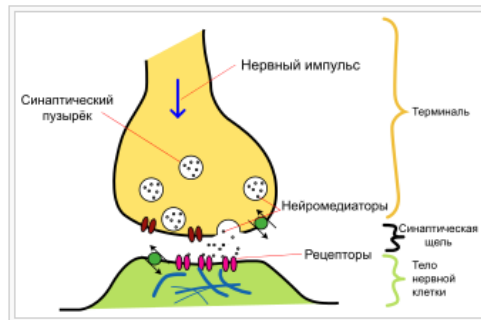
механизм слияния синаптических пузырьков с мембраной. В результате [медиатор](#) выходит в синаптическую щель и присоединяется к белкам-рецепторам постсинаптической мембраны, которые делятся на метаботропные и ионотропные.

Первые связаны с G-белком и запускают каскад реакций внутриклеточной передачи сигнала. Вторые связаны с [ионными каналами](#), которые открываются при связывании с ними [нейромедиатора](#), что приводит к изменению [мембранного потенциала](#). Медиатор действует в течение очень короткого времени, после чего разрушается специфическим ферментом. Например, в холинэргических синапсах фермент, разрушающий медиатор в синаптической щели — [ацетилхолинэстераза](#). Одновременно часть медиатора может перемещаться с помощью белков-переносчиков через постсинаптическую мембрану (прямой захват) и в обратном направлении через пресинаптическую мембрану (обратный захват). В ряде случаев медиатор также поглощается соседними клетками [нейроглии](#).

Открыты два механизма высвобождения: с полным слиянием везикулы с [плазмалеммой](#) и так называемый «поцеловал и убежал» ([англ.](#) kiss-and-run), когда везикула соединяется с мембраной, и из неё в синаптическую щель выходят небольшие молекулы, а крупные остаются в везикуле. Второй механизм, предположительно, быстрее первого, с помощью него происходит синаптическая передача при высоком содержании ионов [кальция](#) в синаптической бляшке.

Следствием такой структуры синапса является одностороннее проведение нервного импульса. Существует так называемая синаптическая задержка — время, нужное для передачи нервного импульса. Её длительность составляет около — 0,5 [мс](#).

Так называемый «принцип [Дейла](#)» (один нейрон — один медиатор) признан ошибочным. Или, как иногда считают, он уточнён: из одного окончания клетки может выделяться не один, а несколько медиаторов, причём их набор постоянен для данной клетки.



На рисунке изображены основные элементы химического синапса.

### Порядок выполнения работы.

1. Изучите теоретический материал.
2. Изучите информацию на медицинских порталах информационных о ЦНС как кибернетической системе.
3. Сравните искусственные и естественные нейроны и нейронные сети (результат оформите в виде сравнительной таблицы).
4. Обсудите итоги п.3 в группе в полимической форме «защита-нападение».
5. Ответьте на контрольные вопросы и оформите отчет.

### Контрольные вопросы-тесты.

1. В чем заключается роль синапсов ЦНС?
  - А. являются местом возникновения возбуждения в ЦНС
  - В. формируют потенциал покоя нервной клетки
  - С. передают возбуждение с одного нейрона на другой
  - Д. проводят токи покоя
  - Е. все ответы правильные
2. Как называется способность нейрона устанавливать многочисленные синаптические связи с различными нервными клетками?
  - А. конвергенция
  - В. пролонгирование
  - С. суммация
  - Д. дивергенция



Е. трансформация ритма

3. Как называется схождение различных путей проведения нервных импульсов к одной и той же нервной клетке?

А. дивергенция

В. пролонгирование

С. суммация

Д. трансформация

Е. конвергенция

5. Как называется торможение нейронов собственными импульсами, поступающими по коллатералям аксона к тормозным клеткам?

А. вторичным

В. реципрокным

С. поступательным

Д. возвратным

Е. латеральным

6. Как называется более слабый эффект одновременного действия двух сильных афферентных возбуждений, чем сумма их отдельных эффектов?

А. торможением

В. окклюзией

С. понижающей трансформацией

Д. конвергенцией

Е. отрицательной индукцией

7. С участием каких синапсов преимущественно осуществляется проведение возбуждения в ЦНС?

А. электрических

В. смешанных

С. химических

Д. смешанные

Е. контактные

### **Библиография.**

1. Поляков Г. И., О принципах нейронной организации мозга, М: МГУ, 1965

2. Лихин А. Ф. Концепции современного естествознания. М.: Проспект, 2004. С. 247 – 249.

3. Кохонен Т. Самоорганизующиеся карты. –М.: Бином. Лаборатория знаний, 2016. -655 с.

## **Практическая работа №7.**

### **Спинальный мозг – как основной регулятор функционирования опорнодвигательного аппарата и вегетативных функций организма**

**Цель работы:** изучить роль спинного мозга в регуляции физиологических функций организма.

#### **Краткие теоретические сведения.**

**Спинальный мозг** - орган ЦНС позвоночных, расположенный в позвоночном канале. Принято считать, что граница между спинным и головным мозгом проходит на уровне перекреста пирамидных волокон (хотя эта граница весьма условна). Сегменты спинного мозга: 8 шейных, 12 грудных, 5 поясничных, 5 крестцовых и 1-3 копчиковых. Каждому сегменту спинного мозга соответствует определенный участок тела, получающий от него иннервацию. Основой работы сегментарного аппарата спинного мозга являются рефлекторные дуги (нервные дуги) - пути, проходимый нервными импульсами при осуществлении рефлекса.

Рефлекторная дуга состоит из:

- рецептора - нервное звено, воспринимающее раздражение;
- афферентного звена - центроостремительное нервное волокно - отростки рецепторных нейронов, осуществляющие передачу импульсов от чувствительных нервных окончаний в центральную нервную систему;
- центрального звена - нервный центр (необязательный элемент, например для аксон-рефлекса);
- эфферентного звена - осуществляют передачу от нервного центра к эффектору;
- эффектора - исполнительный орган, деятельность которого изменяется в результате рефлекса.

Основная схема рефлекторной дуги спинного мозга: информация от рецептора идет по чувствительному нейрону, тот переключается на вставочный нейрон, тот в свою очередь на мотонейрон, который несет информацию к эффекторному органу.

Для рефлекторной дуги характерен сенсорный вход, произвольность, межсегментарность, моторный выход.

Примерами спинномозговых рефлексов могут служить:

- **Сгибательный** рефлекс - рефлекс защитного типа, направленный на удаление повреждающего раздражителя (отдергивание руки от горячего).
- Рефлекс **на растяжения** (проприоцептивный) - предотвращающий чрезмерное растяжение мышцы. Особенностью этого рефлекса является то, что рефлекторная дуга содержит минимум элементов - мышечные веретена генерируют импульсы, которые проходят в спинной мозг и вызывают моносинаптическое возбуждение в  $\alpha$ -мотонейронах той же мышцы.
- **Сухожильный, разнообразные тонические и ритмические рефлексы.**

### Порядок выполнения работы.

1. Изучить теоретический материал.
2. Провести исследования сухожильного (коленного) и кожного (подошвенного) рефлексов человека, по описанным ниже схемам. Наблюдение рефлексов рекомендуется проводить на нескольких испытуемых, поскольку в этом случае будет заметна разница выраженности индивидуальных рефлекторных реакций.



**Коленный рефлекс** вызывается легким ударом по сухожилию четырехглавой мышцы ниже коленной чашечки. Испытуемый сидит на стуле, расположив одну ногу возле другой, голени свободно свисают под прямым углом к бедрам, стопы не должны упираться в пол. После удара молоточком возникает сокращение четырехглавого разгибателя бедра и легкое разгибание голени. Рефлекторная дуга коленного рефлекса: афферентное звено – чувствительные волокна бедренного нерва, уровень замыкания –  $L_{III-IV}$  сегменты спинного мозга, эфферентное звено – двигательные волокна бедренного нерва.



**Подошвенный рефлекс** – вызывается продольным штриховым раздражением кожи подошвы заостренным концом рукоятки молотка с усилием к концу раздражения. Ответная реакция в условиях нормы -

сгибание пальцев нижней конечности и стопы. Рефлекторная дуга подошвенного рефлекса: афферентное звено – чувствительные волокна, уровень замыкания –  $S_{I-II}$  сегменты спинного мозга, эфферентное звено – двигательные волокна.

3. В ходе данных исследований оценить выраженность рефлексов.

4. Рассмотреть и обсудить в группе кибернетические модели изученных рефлексов. Обсуждение рекомендуется провести совместно с презентациями.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое спинной мозг? Сегменты спинного мозга.
2. Что такое рефлекторная дуга?
3. Из чего состоит рефлекторная дуга и ее основная схема?
4. Что такое рефлекс? Приведите примеры спинномозговых рефлексов.

### **Библиография.**

1. Анохин П.К. Избранные труды: Кибернетика функциональных систем - файл n2.rtf //URL: <http://gendocs.ru/v42319>
2. Биологическая кибернетика. Под. ред. А.Б. Когана. Учеб. пособие для вузов.-М.:Высш.школа, 1977. – 408 с.
3. Кибернетика в биологии /URL: <http://roboticslib.ru/books/item/f00/s00/z00000002/st020.shtml>
3. Синельников Р. Д., Синельников Я. Р. Атлас анатомии человека в 4 томах. — М.: Медицина, 1996.
4. Судаков К.В. Физиология. Основы и функциональные системы: Курс лекций/ Медицина, 2000 – 784 с.

## **Практическая работа №8. Компартментальные модели**

**Цель работы:** ознакомиться с компартментальными моделями, их свойствами, характеристиками и физиологическими процессами, которые они моделируют.

### **Краткие теоретические сведения.**

При описании биологических систем в них можно выделить некоторые относительно независимые количества или объемы вещества, участвующие в кинетических процессах как некое целое, легко выделяемое из остальной системы.

При математическом описании предполагается, что эти количества вещества равномерно распределены в некоторых объемах пространства, так что их концентрация постоянна, т. е.

$$\frac{\partial c}{\partial x_i} = 0,$$

где  $c$  — концентрация рассматриваемого вещества,  $x_i$ ,  $i = 1, 2, 3$ , пространственные координаты. Удобным способом изучения таких систем стал компартментальный анализ, основным элементом которого является понятие компартмента.

Обычно компартментом называется некоторое количество вещества, выступающее в процессах транспорта и обмена как самостоятельная единица. В общем случае компартментом можно назвать «вещество, характеризующееся некоторой количественной мерой». Как правило, компартмент описывается массой или концентрацией рассматриваемого вещества или объемом, который оно занимает в пространстве.

Модели биологических систем, в которых используется представление о компартментах, называются компартментальными моделями. Такие модели, как правило, используются для исследования процессов переноса вещества и энергии внутри живой системы и обмена их со средой. В этом случае компартментам приписывается пространственная характеристика: компартменту соответствует некоторая область или объем в биосистеме.

Так, в физиологических системах организма можно выделить области, различающиеся по концентрации каких-либо

веществ или энергии (в модели системы дыхания Ф. Гродинза таких областей две — легочный и тканевый резервуары, отличающиеся концентрацией кислорода и т.д.). В других случаях в качестве компартментов рассматриваются взаимодействующие друг с другом вещества (или другие компоненты биосистемы), находящиеся в одном и том же объеме. Тогда кинетика реакций также описывается с помощью компартментальных моделей, а различным компартментам отвечают количества или концентрации различных веществ в одной и той же пространственной области. Так, в тканях и жидкостях тела происходят многочисленные реакции между химическими веществами, и участвующие в них субстраты, ферменты и продукты могут рассматриваться как различные компартменты.

В моделях наземных экологических систем часто делается допущение, что все исследуемые процессы происходят на некоторой ограниченной территории (иногда, как в классической модели экологических систем—модели Вольтерра, такое допущение делается неявно), и в качестве компартментов выступают численности или плотности различных видов или возрастных групп животных.

В общем случае компартментальная модель содержит несколько связанных между собой компартментов, в которых протекают три типа процессов - обмен компонентами между отдельными компартментами, а также между компартментами и средой, превращение компонент друг в друга и, наконец, разнообразные процессы, приводящие к исчезновению рассматриваемых компонент или веществ. Процессы последнего типа обозначаются общим термином «утилизация».

Примерами процессов первого типа являются на организменном и суборганизменных уровнях физические процессы - диффузия, перенос веществ и энергии различного рода носителями (кровь, воздух в легких), излучение энергии, испарение воды с кожи и т. д. На уровне экосистем — миграции животных, перенос биомассы потоком воды в проточном культиваторе, перемещение биомассы растительных и "животных видов в водных экосистемах под действием течений и т. д.

К процессам превращения компонент относятся различного рода химические реакции (в биосистемах от клеточного до организменного уровня), взаимодействия типа «хищник-жертва». На уровне популяций (когда одна компонента служит пищей для другой), переход особей из одной возрастной группы в другую в экологических моделях, где различаются половозрастные группы.

Приведем пример утилизации. Если в некоторой биосистеме рассматриваются только процессы поступления и распределения кислорода, то окислительные процессы, в результате которых кислород переходит в молекулы  $\text{CO}_2$  и  $\text{H}_2\text{O}$ , можно рассматривать как процесс утилизации кислорода. Утилизация происходит в тех компартментах, где протекают соответствующие процессы.

Подобные ситуации часто встречаются в физиологических системах, когда в относительно небольшом числе пространственных областей происходят перемещение и химические превращения большого числа веществ. Легко видеть, что при таком подходе число компартментов равно количеству дифференциальных уравнений, описывающих модель, или порядку уравнений системы. Во многих работах, однако, разница между компартментом и пространственной областью отсутствует. Так, компартмент рассматривается как определенное физиологическое пространство, в котором имеется то или иное количество вещества, участвующего в процессах транспорта и обмена.

При описании экосистем компартментом считается обычно любой элемент системы, с которым связано накопление биомассы. Так, в обзоре по моделированию экосистем рассматривается компартментальная модель популяции коловраток, в которой роль компартментов играют следующие величины: количество молодых диплоидных самок, количество взрослых диплоидных яиц, количество гаплоидных яиц и т. д.

Если некоторое вещество в компартментальной системе перемещается из одного компартмента в другой, темп изменения количества этого вещества  $\dot{x}_i$ , для  $i$ -го компартмента определяется уравнением



$$\dot{x}_i = \sum_{\substack{j=1 \\ j \neq i}}^n y_{ji} - \sum_{\substack{k=1 \\ k \neq i}}^n y_{ki} + y_{i0} - y_{0i} + g_i - d_i,$$

где  $\dot{x}_i$  — количество вещества в  $i$ -м компартменте,  $y_{ij}$  — темп потока вещества из  $j$ -го компартмента в  $i$ -й,  $y_{i0}$  и  $y_{0i}$  — темпы потоков вещества из окружающей среды в  $i$ -й компартмент и из компартмента в среду соответственно,  $g_i$  и  $d_i$  — темпы возникновения и исчезновения вещества в  $i$ -м компартменте.

Развитие компартментального анализа систем в течение длительного времени было связано почти исключительно с изучением так называемых индикаторных методов исследования физиологических систем. Эти методы заключаются в том, что для анализа потоков вещества в некоторой системе в нее вводится извне специфическое вещество—индикатор, движение которого легко регистрируется. Обычно это радиоактивные или окрашивающие вещества.

Процессы в компартментальных моделях описываются обыкновенными дифференциальными уравнениями, что позволяет широко использовать при их исследовании методы пространства состояний. Если система описывается дифференциальными уравнениями в частных производных (например, если предполагается непрерывное изменение плотности распределения каких-либо веществ в пространстве), то модель не относится к компартментальным. Поскольку уравнения в частных производных используются для описания потоков вещества и энергии в пространстве, такие системы — в противовес компартментальным моделям — иногда называют потоковыми моделями. Таковы, например, модель биоакваценоза, в которой рассматривается непрерывное изменение характеристик системы—освещенности и концентраций биомассы по глубине, модель терморегуляции в организме человека, где потоки тепла описываются уравнениями теплопроводности. Однако компартментальные модели и в этом случае могут служить хорошим приближенным описанием системы.

Полагается что в каждом из компартментов системы процессы поступления, преобразования и утилизации компонент

протекают независимо друг от друга. Все три типа процессов — перенос веществ, их превращения в ходе «обмена веществ» и использование — происходят в компартментах одновременно, так что изменение концентраций веществ есть суммарный результат всех этих процессов, определяемый по закону сохранения веществ.

Общая схема мультикомпарментальной модели живой системы может поэтому быть изображена следующим образом (рисунок 1). Основной элемент схемы — вектор состояния системы  $x$ , характеризующий уровни (концентрации или количества) всех компонент, принимающих участие в обмене веществ в биосистеме.

Жизнедеятельность системы связана с процессами потребления веществ, темп или скорость которых определяется внешними по отношению к системе факторами (например, мотивационными и генетическими характеристиками системы, условиями внешней среды  $v$ ) и некоторыми внутренними характеристиками (например, биомассой). Выше эти темпы были обозначены как первичные.

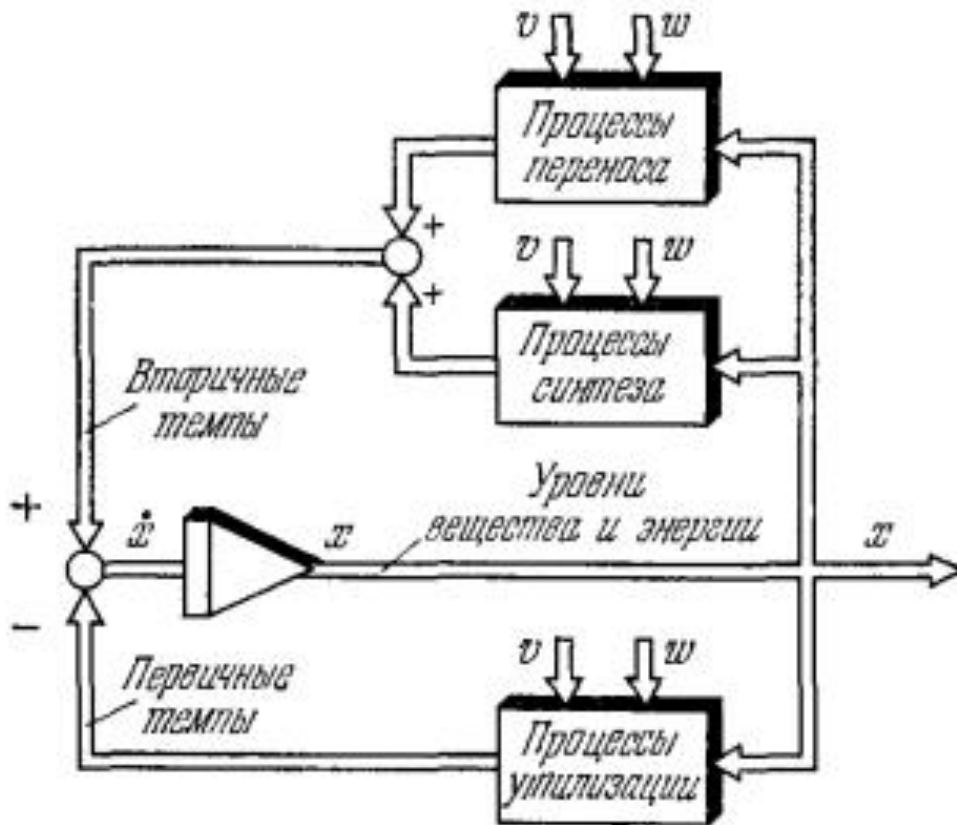


Рисунок 1. Общая схема компарментальной модели биосистемы.

Скорость изменения вектора концентраций  $x$  равна сумме скоростей утилизации, переноса и синтеза компонент, участвующих в обмене веществ. Поскольку величина темпов утилизации не может регулироваться внутренними механизмами системы, эти темпы играют роль независимых переменных — первичных темпов. Регулирующие механизмы должны уравновесить расход компонент их синтезом и доставкой.

Поэтому темпы процессов, направленных на компенсацию трат вещества и энергии, играют роль зависимых переменных — вторичных темпов. В стационарном состоянии вторичные темпы по величине должны быть равны первичным.

Зависимость темпов потребления от вектора состояния  $x$  показана стрелкой в нижней части рисунка. Напомним, что термин «темпы потребления» используется здесь условно, так как соответствующий вектор скоростей описывает не только явления утилизации, но также перемещения и синтеза компонент, необходимых для жизнедеятельности системы: скорость утилизации кислорода и глюкозы в физиологических системах, скорость утилизации солнечной энергии в экосистемах; скорость выделения углекислоты и тепла и скорость образования шлаков во всех типах биосистем. Все эти скорости заданы для каждого из компартментов биосистемы.

Процессы потребления уравновешиваются в биосистеме преобразованием поступающих извне компонент в необходимые для жизнедеятельности вещества, что на схеме показано блоком «процессы синтеза», и перемещением образовавшихся веществ в те компартменты, где происходит их утилизация («процессы переноса»). В соответствии с принятым выше условным разделением рассматриваемые механизмы включают в себя и процессы выведения из биосистемы продуктов ее жизнедеятельности (отвод углекислоты и тепла из тех компартментов, где они образуются, выведение их в окружающую среду). Скорости процессов синтеза и переноса зависят от вектора концентраций  $x$  и от внешних условий  $v$ . Кроме того, возможно влияние на эти процессы и вектора  $w$ .

Темпы доставки вещества в те компартменты, где происходит их расходование, в биосистемах регулируются. Их

величина зависит от темпов расходования и, разумеется, от возможностей регуляторных механизмов, которые стремятся обеспечить баланс вещества и энергии в системе. Выше эти темпы потоков вещества и энергии мы обозначили как вторичные.

Тогда с точки зрения теории управления первичные темпы могут играть в системе роль внешнего задающего сигнала, а вторичные темпы — роль управляемого, выходного сигнала. Полная скорость изменения концентраций  $\dot{x}_i$  каждой компоненты во всех компартментах определяется суммой скоростей утилизации, переноса и синтеза этой компоненты в данном компартменте. Если нас интересуют малые отклонения от некоторых нормальных режимов в системе, то можно линеаризовать все зависимости, указанные на рисунке 1 в прямоугольниках. В этом случае мы получим схему, показанную на рисунке 2, которая описывается линейными уравнениями с переменными коэффициентами. Если при линеаризации ввести следующие обозначения:

- процессы переноса компонент

$$\dot{x}^{(1)} = A_1 x + B_1 v + Q_1 \omega,$$

- процессы синтеза компонент

$$\dot{x}^{(2)} = A_2 x + B_2 v + Q_2 \omega,$$

- скорость потребления компонент

$$\dot{x}^{(3)} = R \omega + P x + S v,$$

то вторичные темпы, как об этом говорилось выше, определяются суммой, а первичные темпы - соотношением. Обозначив

$$A = A_1 + A_2, \quad B = B_1 + B_2, \quad Q = Q_1 + Q_2,$$

получим линейную схему.

Уравнения состояния системы в этом случае имеют вид

$$\dot{x} = (A + P) x + (B + S) v + (R + Q) \omega,$$

где  $x$  — вектор состояния системы,  $v$  и  $\omega$  - входные сигналы,  $A$ ,  $P$ ,  $B$ ,  $S$ ,  $R$ ,  $Q$  - матрицы соответствующих размерностей. Данное уравнение можно переписать в обычном виде уравнений состояния для линейных систем, если должным образом

переобозначить матрицы в нем. Строго говоря, этот подход применим в том случае, если выполнены условия, при которых о поведении исходной нелинейной системы можно судить по первому приближению.

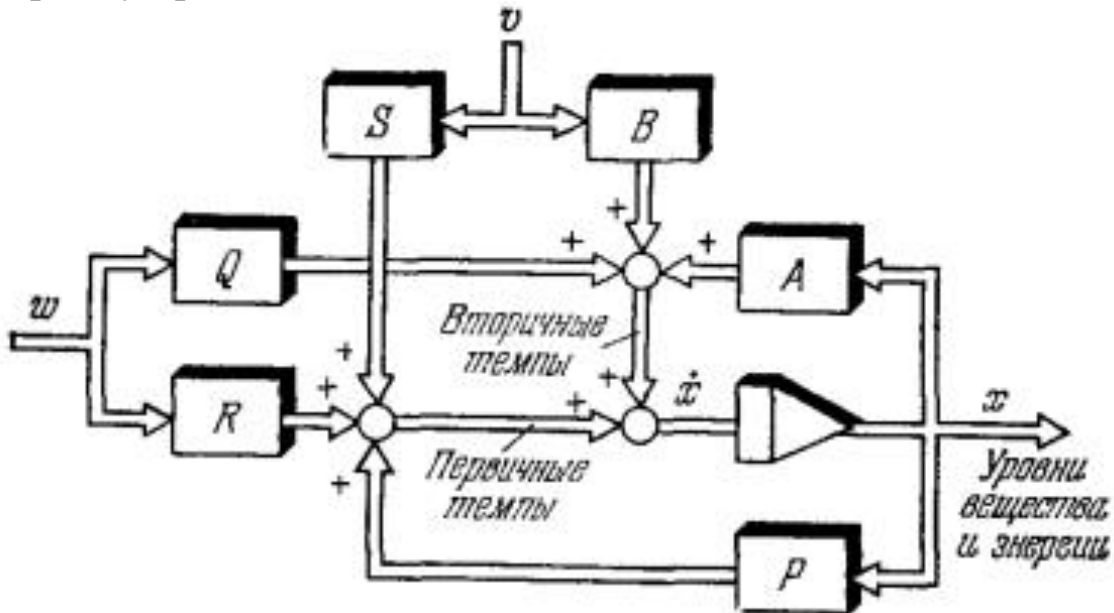


Рисунок 2. Схема линейризованной компартментальной модели.

Первичные темпы в модели зависят от режима работы системы, условия внешней среды  $n$ , наконец, от некоторых переменных состояния системы, таких как общий объем или биомасса (матрицы  $R$ ,  $S$  и  $P$  соответственно). Вторичные темпы регулируются внутренними механизмами управления и поддерживаются равными величинам первичных темпов (матрицы  $A$ ,  $B$  и  $Q$ ).

Если в исходной нелинейной системе существует стационарный режим, при котором переменные системы перестают изменяться во времени, то и в линейризованной системе в конце концов устанавливается стационарное состояние, при котором процессы утилизации и доставки (синтеза и переноса) всех компонент уравновешены, так что

$$\dot{x} = 0.$$

Если матрица  $(A + P)$  неособенная, то стационарное значение вектора состояния  $x$  определяется формулой

$$x = -(A + P)^{-1} [(B + S)v + (R + Q)w].$$

Данные уравнения позволяют исследовать общие свойства компартментальных моделей живых систем — их динамические характеристики и поведение систем в стационарных режимах. Такое исследование представляет собой основу компартментального анализа живых систем.

В последние годы компартментальный анализ становится все более распространенным методом исследования биологических явлений и процессов. Хотя в настоящее время нельзя указать достаточно полных источников, освещающих проблемы компартментального моделирования (книги к сожалению, охватывают далеко не все интересующие специалистов в области биокибернетики и исследования биосистем проблемы компартментального анализа), можно упомянуть ряд публикаций, касающихся как общих проблем компартментального моделирования, так и ряда частных применений. Среди последних есть как задачи традиционного плана — биохимические, экологические или фармакологические, так и задачи нового типа — такие, как моделирование клеточного цикла.

### **Порядок выполнения работы.**

1. Изучите теоретические сведения.
2. Изобразите компартментальную модель любого процесса метаболизма. Обсудите ее в студенческой группе.
3. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Дайте определение компартментальной модели.
2. Какие типы процессов содержит компартментальная модель? Приведите примеры.
3. Каким образом в компартментальных моделях описываются процессы?
4. Какие модели называются потоковыми?
5. Опишите общую схему компартментальной модели.
6. Перемещение компонент в компартментальных моделях.
7. Взаимодействие и превращение компонент в компартментальных моделях.
8. Утилизация компонент в компартментальных моделях.
9. Компартментальная модель энергетической системы организма.

10. Компарментальная модель экологической системы.

**Библиография.**

1. Математические модели процессов управления биологическими системами /URL : <http://lib.ua-ru.net/diss/cont/205221.html>
2. Математические модели в медицине /URL: <https://znaiu.ru/art/400157500.php>
3. Контроль и управление биотехнологическими процессами; моделирование и оптимизация //URL <http://medbe.ru/materials/mikrobiologiya-i-biotekhnologii/kontrol-i-upravlenie-biotekhnologicheskimi-protsessami-modelirovanie-i-optimizatsiya/>

## **Практическая работа № 9.**

### **Кибернетическое исследование функциональной асимметрии мозга.**

**Цель:** исследование функциональной асимметрии мозга с кибернетической точки зрения..

#### **Краткие теоретические сведения.**

Межполушарная асимметрия психических процессов — функциональная специализированность полушарий головного мозга: при осуществлении одних психических функций ведущим является левое полушарие, других — правое. Более чем вековая история анатомических, морфофункциональных, биохимических, нейрофизиологических и психофизиологических исследований асимметрии больших полушарий головного мозга у человека свидетельствует о существовании особого принципа построения и реализации таких важнейших функций мозга, как восприятие, внимание, память, мышление и речь.

В настоящее время считается, что левое полушарие у правшей играет преимущественную роль в экспрессивной и импрессивной речи, в чтении, письме, вербальной памяти и вербальном мышлении. Правое же полушарие выступает ведущим для неречевого, например, музыкального слуха, зрительно-пространственной ориентации, невербальной памяти, критичности.

Было показано, что левое полушарие в большей степени ориентировано на прогнозирование будущих состояний, а правое — на взаимодействие с опытом и с актуально протекающими событиями.

В процессе индивидуального развития выраженность межполушарной асимметрии меняется — происходит латерализация функций головного мозга. Последние исследования свидетельствуют о том, что межполушарная асимметрия вносит существенный вклад в проявление высокого интеллекта человека. При этом в известных пределах существует взаимозаменяемость полушарий головного мозга.

Важно отметить, что конкретный тип полушарного реагирования не формируется при рождении. На ранних этапах онтогенеза у большинства детей выявляется образный,



правополушарный тип реагирования, и только в определенном возрасте (как правило, от 10-ти до 14-ти лет) закрепляется тот или иной фенотип, преимущественно характерный для данной популяции<sup>[5]</sup>. Это подтверждается и данными о том, что у неграмотных людей функциональная асимметрия головного мозга меньше, чем у грамотных.

Асимметрия усиливается и в процессе обучения: левое полушарие специализируется в знаковых операциях, и правое полушарие — в образных

### **Порядок выполнения работы.**

В процессе выполнения практической работы студенты в парах выполняют пробы для оценки сенсомоторных асимметрий

Проба	Оцениваемый показатель
1. Взять ручку со стола. Выполняется по команде «Возьмите ручку со стола»	Ведущей считается рука, которой испытуемый берет предмет
2. Без зрительного контроля одновременно двумя руками нарисовать круги, квадраты, треугольники	Ведущей считается рука, которой более эффективно осуществляется движение
3. Переплетение пальцев рук	Большой палец ведущей руки ложится сверху
4. Поза Наполеона	Ведущая рука первой начинает движение и располагает кисть на противоположном предплечье
5. Динамометрия	Трижды определяется сила сжатия динамометра каждой рукой. Определяют средние значения. Наибольшая сила у ведущей руки
6. Аплодирование	Ведущей считается более активная в движении рука
7. Тест вытянутых рук. С закрытыми глазами обе	Ведущей считается поднятая выше рука

руки вытягиваются вперед на уровне плеч	
8. Закидывание ноги на ногу	Ведущая нога располагается сверху
9. Подпрыгнуть на одной ноге	Толчковая нога считается ведущей
10. Подняться со стула	Ведущая нога начинает движение
11. Подойти к двери, вернуться пятясь	Ведущая нога начинает движение
12. Пнуть ногой воображаемый мяч	Ведущая нога ударяет
13. Отклонение движения от заданного направления. С закрытыми глазами испытуемый проходит по прямой 5м	Нога, противоположная отклонению от прямой, оценивается как ведущая
14. Проба с секундомером. Оценивается, каким ухом испытуемый наклоняется к секундомеру после инструкции: «Каким ухом громче слышно тиканье часов?»	Ведущим считается ухо, которое испытуемый приближает к секундомеру
15. Воспроизведение цифр, произносимых экспериментатором при одном закрытом ухе испытуемого	Большее количество цифр запоминается ведущим ухом
16. Проба Розенбаха. В вытянутой руке испытуемый держит карандаш и фиксирует его взором на определенной точке (3—4 м). Затем поочередно закрывает правый и левый глаз	Закрытие ведущего глаза ведет к смещению карандаша относительно точки фиксации

17. Проба «Дырка в карте». Испытуемый фиксирует предмет через небольшое отверстие в листе бумаги. Затем поочередно закрывает правый и левый глаз	Закрытие ведущего глаза ведет к исчезновению предмета из поля зрения
18. Прищуривание глаза после команды «Поочередно прищурить глаза»	Первым прищуривается ведущий глаз

Протокол эксперимента по определению латерального фенотипа  
Группа № \_\_\_\_\_

Ф.И.О.																		
Пол																		
полушарие	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
Правое																		
Левое																		

Коэффициент правосторонней латерализации (КПЛ) рассчитывают по формуле:  $KPL = 100 \cdot \frac{П-Л}{П+Л}$ , где П — количество правосторонних признаков; Л — количество левосторонних признаков.

Моторный фенотип (пробы 1—13) \_\_\_\_\_

Сенсорный фенотип (пробы 14— 18) \_\_\_\_\_

Общий сенсомоторный фенотип \_\_\_\_\_

## **Практическая работа №10.**

### **Роль гормонов коры и мозгового вещества в регуляции функционирования организма.**

**Цель работы:** исследование управляющей роли гормонов в регуляции функционирования организма на примере изучения работы гормонов надпочечников.

#### **Краткие теоретические сведения.**

Надпочечники представляют собой парные эндокринные железы, которые располагаются рядом с верхним полюсом каждой почки. Данные железы выполняют целый ряд жизненно важных функций. Они принимают участие в регулировании обмена веществ, вырабатывают гормоны, необходимые для обеспечения важных процессов, которые происходят в организме, а также стимулируют выработку реакций на стрессовые условия. Если говорить непосредственно о гормонах, которые вырабатываются данными железами, то это, как правило, адреналин и норадреналин.

В состав надпочечников входят две структуры – мозговое и корковое вещество. Оба данных вещества регулируются центральной нервной системой. Мозговое вещество отвечает за выработку адреналина и норадреналина, а вот корковое вещество синтезирует кортикостероиды (стероидные гормоны). В состав коры данных парных желез входят три слоя, а именно: клубочковая, сетчатая и пучковая зоны.

Корковому веществу присуща парасимпатическая иннервация, при которой тела первых нейронов располагаются в заднем ядре блуждающего нерва.

Клубочковая зона отвечает за выработку таких гормонов как кортикостерон, альдостерон и дезоксикортикостерон.

Пучковая зона синтезирует кортикостерон и кортизол, а вот сетчатая зона производит половые гормоны, которые оказывают прямое воздействие на развитие вторичных половых признаков.

Выработка чрезмерного количества половых гормонов может стать причиной развития вирилизации, т.е. состояния, при котором у женщин появляются признаки, характерные исключительно для мужчин. Корковое вещество отвечает также за поддержание в организме водно-электролитного баланса.

Мозговое вещество осуществляет синтез катехоламинов (адреналина и норадреналина), которым свойственно улучшать работу сердца, увеличивать количество сахара в крови, повышать артериальное давление, а также расширять просветы бронхов. Кроме катехоламинов данное вещество синтезирует еще и пептиды, которые отвечают за регуляцию процессов, происходящих как в центральной нервной системе, так и в желудочно-кишечном тракте. Правому надпочечнику присуща треугольная форма, а вот левому – полулунная. Основания данных желез являются вогнутыми и примыкают к выпуклым полюсам почек. Длина желез взрослого человека варьирует в пределах от 30 до 70 мм. Их ширина составляет от 20 до 35 мм, а вот толщина – от 3 до 10 мм. Общая масса обоих желез достигает 10 – 14 г. У новорожденных она не превышает 3,5 г. Снаружи железы покрыты специальной капсулой, от которой отходят перегородки, содержащие в своем составе многочисленные нервы и сосуды. Эти перегородки делят основную ткань желез на группы клеток, а также клеточные структуры.

Кровоснабжение желез осуществляется при помощи трех групп надпочечниковых артерий: нижней, средней и верхней. Отток крови осуществляется через центральную вену, а также многочисленные поверхностные вены, впадающие в венозную сеть окружающих тканей и органов. Параллельно находятся еще и лимфатические капилляры, предназначенные для отвода лимфы (вязкой бесцветной жидкости, в которой нет эритроцитов и тромбоцитов, но много лимфоцитов).

Самые распространенные заболевания желез:

- Болезнь Иценко-Кушинга;
- Болезнь Аддисона;
- Гиперальдостеронизм;
- Опухоли надпочечников;
- Синдром Нельсона;
- Адреногенитальный синдром.

### **Синдром Кушинга**

Усиленное влияние на организм гормонов надпочечников. Синдром Иценко-Кушинга по проявлениям не различается с

болезнью. Его определяют в случаях новообразования надпочечника или опухоли другого органа.

Основные признаки: повышенное давление, избыточный вес по мужскому типу, луноподобное лицо, нарушение обмена глюкозы, атрофия и слабость мышц, аменорея, гирсутизм, остеопороз, депрессия, головная боль, фурункулез, нарушения кровообращения, снижение потенции.

### **Болезнь Аддисона**

Первичная недостаточность коры надпочечников появляется из-за разрушения ткани самого органа. Вторичная недостаточность — при болезнях мозга с задействованием гипофиза или гипоталамуса, которые контролируют работу желез. Первичная недостаточность встречается достаточно редко и появляется в любом возрасте. Она по стандарту начинается постепенно. У больных с вторичной недостаточностью наблюдаются большинство тех же признаков, что у больных с аддисоновой болезнью, но отсутствуют кожные проявления.

В числе причин болезни называют: нарушения иммунитета, туберкулез надпочечников, долгая гормональная терапия, грибковые болезни, саркоидоз, нарушение обмена белков, СПИД, адренолейкодистрофия, операция по удалению надпочечников.

*Главные признаки:* повышенная утомляемость, слабость только после нагрузок или стрессовых атак, ухудшение аппетита, частые простуды, плохая переносимость ультрафиолета, проявляющаяся сильным загаром, снижение веса, гиперокрашенность сосков, губ, щек, пониженное давление, учащенное сердцебиение, тошнота, рвота, смены запора и поноса, падение уровня глюкозы в крови, нарушение работы почек с проявлением в виде ночного мочеиспускания, нарушения внимания, памяти, депрессия, у женщин - выпадение волос на лобке и подмышками, снижение полового влечения.

### **Гиперальдостеронизм.**

Гиперальдостеронизм является нарушением, при котором происходит повышенное продуцирование данными железами альдостерона. Причин этого сбоя несколько: серьезные нарушения печени, хронический нефрит, сердечная недостаточность.

В случае недостаточности коры возникает заболевание иммунитета, которое превращается в полное расстройство всего организма. Причинами процесса являются: некроз после родов, поражение гипофиза, злокачественные опухоли, длительная инфекция.

Признаки всех форм гиперальдостеронизма: слабость в мышцах, мигрени, приступы тахикардии, быстрая утомляемость, полиурия, судороги, гиперволемиа, отеки, запоры.

### **Опухоли надпочечников**

К опухолям надпочечников относятся следующие: альдостерома, глюкокортикоидома, кортикоэстрома, глюкоандростерома, феохромоцитома - местное увеличение количества клеток железы.

Большая часть таких образований доброкачественные, и появляются они крайне редко. Причины возникновения опухолей органа неизвестны. Скорее всего, они имеют наследственный характер. Надпочечники продуцируют гормоны, контролирующие обмен веществ, давление, а также половые гормоны. Главные симптомы этого нарушения зависят от того, какой же гормон она вырабатывает чрезмерно.

Опухоли органа имеют такие признаки: повышение давления, чувство сбоя сердечного ритма, слабость в мышцах, частые позывы к мочеиспусканию по ночам, головная боль, потливость, паника, раздражительность, одышка, тошнота, рвота, боль в животе, груди, бледность или покраснение лица, нарушение полового развития, изменение внешнего вида мужчин и женщин, синюшность кожи, судороги, ломота в суставах, нарушение сахара в крови, дрожь, озноб, сухость во рту.

Осложнениями являются кровоизлияние в глазную сетчатку, отек легких, нарушение кровообращения мозга.

### **Синдром Нельсона**

Острая надпочечниковая недостаточность — острое состояние комы. Она появляется из-за:

- Уже имеющаяся недостаточность гормонов железы;
- При операции по удалению желез в связи с болезнью Иценко-Кушинга;
- При резкой отмене глюкокортикоидов;

-Синдром Шмидта.

Это нарушение может возникнуть у новорожденного из-за кровоизлияния в железы во время тяжелых родов или влияния инфекции. Это нарушение именуют синдромом Уотерхауза-Фридериксена. Оно требует медицинской помощи и экстренной доставки в больницу.

Синдрому Нельсона свойственны:

- Серьезные сердечные нарушения;
- Падение давления;
- Расстройства со стороны желудка и кишечника;
- Психические нарушения;
- Упадок сил;
- Слабость;
- Диспепсия;
- Нарушение аппетита;
- Пигментации на коже;
- Значительное похудение;
- Снижение уровня сахара в крови;
- Никтурия;
- Обильный пот;
- Холод в конечностях;
- Нарушение сознания;
- Редкое мочеиспускание;
- Обморок с развитием комы.

### **Адреногенитальный синдром**

Врожденная гиперплазия коры желез объединяет комплекс врожденных нарушений, причиной которых являются мутации на уровне генетики. Болезнь появляется из-за нарушения системы фермента 21-гидроксилазы.

Признаки синдрома: вирилизация, повышенное содержание калия, раннее оволосение лобка, нарушения сердечного ритма Угри, поздняя первая менструация, нарушение водного баланса, гирсутизм, нарушения менструации, уменьшение размеров груди, матки и яичников, увеличение клитора. Это нарушение является причиной развития бесплодия.

### **Порядок выполнения работы.**



1. Изучите теоретический материал.
2. Изучите кибернетические модели работы желез внутренней секреции (например, по Когану А).
3. Ответьте на вопросы для самодиагностики заболеваний надпочечников:

- Нарушения сна. Трудно ли вам вечером уснуть; просыпаетесь ли вы по ночам; бывает ли, что утром после пробуждения вы чувствуете себя уставшим?

- Неоправданно резкие физиологические реакции. Вы вздрагиваете от неожиданного звука; вас раздражает яркий свет. Кружится ли у вас голова, когда вы резко встаете?

- Эмоциональная нестабильность. Часто ли вам кажется, что вас хотят обидеть или над вами смеются; есть ли люди, с неприязнью к которым вам трудно справиться?

4. Если вы ответили «да» хотя бы на один-два вопроса, продолжите экспериментальную самодиагностику.

Самодиагностика:

- Тест на давление. Лягте, расслабьтесь, полежите минут пять и измерьте свое давление; теперь встаньте и сразу же повторите измерение. У здорового человека при перемене положения тела из горизонтального в вертикальное АД повышается, чтобы обеспечить кровоснабжение мозга. Если «давление стоя» оказалось ниже, чем «давление лежа», то можно подозревать низкую активность надпочечников. Такой тест нужно повторить хотя бы два раза за сутки: активность эндокринных желез различается в разное время дня. Имеет смысл сделать его утром и вечером.

- «Температурный» тест на кортизол. Измерьте температуру тела через 3 часа после того, как проснетесь, а потом каждые три часа до ночного сна. После еды или физических упражнений сделайте дополнительную паузу – минут 20. Теперь вычислите среднюю температуру своего тела за день. Тест продолжают не меньше пяти-шести дней. Если средняя температура нормальная, от одного дня к другому колеблется не больше чем на 0,2 °С, то в организме низкий уровень кортизола, и надпочечники нужно поддержать. Если она ниже нормы и колеблется, стоит проверить не только надпочечники, но и щитовидную железу. Если

температура снижена, но стабильна, то надпочечники, вероятно, в норме, но у вас проблема со щитовидкой.

5. Ответьте на контрольные вопросы.

6. Обсудите на занятии кибернетические модели и результаты тестирования.

### **Контрольные вопросы**

1. Что такое надпочечники?

2. Какие гормоны вырабатывает данный орган?

3. На какие органы оказывают влияние гормоны, вырабатываемые надпочечниками?

4. Какие заболевания вызывает нарушение работы гормонов надпочечников?

## **Практическая работа №11.**

### **Функциональная система, поддерживающая кислотно-щелочное равновесие в организме**

**Цель работы:** изучить механизмы поддержания кислотно-основного равновесия в организме.

#### **Краткие теоретические сведения.**

Важнейшим показателем постоянства внутренней среды организма является рН крови, так как абсолютное большинство обменных реакций наиболее активно протекает только при определенных значениях рН. Кровь млекопитающих и человека имеет слабощелочную реакцию: рН артериальной крови составляет 7,35-7,48, венозной – на 0,02 ниже. Если возникает сдвиг рН в кислую сторону, это называется ацидоз, если в щелочную – алкалоз.

Несмотря на непрерывное поступление в кровь кислых и щелочных продуктов обмена, рН крови поддерживается на достаточно постоянном уровне (одна из важнейших констант гомеостаза) – кислотно-щелочное равновесие (КЩР).

Главные пути поддержания рН на постоянном уровне:

- буферные системы жидкой внутренней среды (крови);
- выделение углекислого газа легкими;
- выделение кислых или удержание щелочных продуктов почками.

**Кислотно-щелочное равновесие** — это константа крови, регулируемая наиболее часто. Кровь имеет слабощелочную реакцию: рН артериальной крови составляет 7,4, а венозной — 7,35 (вследствие избытка  $\text{CO}_2$ ). Снижение рН может происходить в узких пределах (максимально до 6,8). В случае большего изменения наступает смерть. Смещение рН в кислую сторону осуществляют кислоты  $\text{H}_3\text{PO}_4$ ,  $\text{H}_2\text{CO}_3$ , молочная, пировиноградная, некоторые кетосоединения. Возможным является и повышение щелочности внутренней среды организма, прежде всего в горных условиях. Щелочные электролиты поступают во внутреннюю среду с пищевыми продуктами (овощи, фрукты). Благодаря регуляторным механизмам двух типов рН крови четко поддерживается:

**а) физико-химические (буферные системы)**, состоящие из кислотного и щелочного компонентов, связывают кислоты или щелочи, предотвращая существенное изменение концентрации  $H^+$ . Этот механизм действует очень быстро (доли секунды) и потому относится к быстрым механизмам регуляции устойчивости внутренней среды (Булич, Мурахов, 2003; Волков Н. И. и соавт., 1998; Функциональные резервы..., 1990).

В плазме крови содержатся такие основные буферные системы:

- бикарбонатная:  $H_2CO_3/NaHCO_3$
- фосфатная:  $NaH_2PO_4/NaHPO_4$
- белковая: Н белок/Na белок

В эритроцитах функционируют такие буферные системы:

1. Оксигемоглобин и восстановленная форма гемоглобина. Они действуют как слабая кислота в буферной паре с калиевой солью гемоглобина:  $HbO_2 /KbO_2; Hb / Kb$

2. Калиевые соли  $H_3PO_4$  (калийфосфатная буферная система):  $KH_2PO_4/K_2HPO_4$

Механизм функционирования буферных систем можно продемонстрировать на примере карбонатной буферной системы. Если во внутренней среде организма образуется избыток щелочи, в реакцию вступает кислотный компонент буферной системы —  $H_2CO_3$ :  $NaOH + H_2CO_3 = NaHCO_3 + H_2O$ .

Если среда подкисляется кислыми продуктами обмена веществ, в реакции участвует щелочной компонент буферной системы:  $HCl + NaHCO_3 = NaCl + H_2CO_3$ .

В обоих случаях образуются продукты, которые легко диссоциируют и существенно не влияют на рН внутренней среды;

**б) физиологические механизмы** связаны с функционированием легких и почек, которые соответственно регулируют концентрацию  $CO_2$  и минеральных солей. Такой физиологический механизм регуляции гомеостаза, как почки, действует очень медленно (10—12 ч). Но этот механизм наиболее мощный и способен полностью восстановить рН организма, удалив мочу со щелочными или кислыми значениями рН (Волков Н. И. и соавт., 1998; Медведев, 1984).

Физиологические механизмы регуляции устойчивости внутренней среды тесно взаимодействуют с физико-химическими, дополняя их и делая систему регуляции в целом более надежной. Например, у бикарбонатной системы небольшая емкость, но в организме по важности она превосходит все другие вследствие того, что концентрация каждого из элементов буферной системы может регулироваться:  $\text{CO}_2$ —дыхательной системой, а бикарбонатный ион — почками. Благодаря легкости, с которой легкие регулируют концентрацию  $\text{CO}_2$ , эта система обладает значительной буферной емкостью.

Все буферные системы вместе взятые образуют щелочной резерв, способный связывать избыток кислот, образующихся в процессе обмена веществ, в том числе и во время физических нагрузок.

Зависимость состояния организма от кислотности показана на рисунке 1.



Рисунок 1 – Кислотность крови и состояние организма.

Ниже приведены нормальные значения и допустимые диапазоны колебаний для биологических жидкостей и сред:

- Слезы – от 7,3 до 7,5;
- Слюна взрослого человека – 6,8 – 7,4 рН (при большой скорости слюноотделения может достигать значения 7,8);
- Слюна детей – 7,32 (среднее значение);

- Кислотность влагалища колеблется в диапазоне от 3,8 до 4,4 рН (среднее значение 4,0 – 4,2);
- Сперма – от 7,2 до 8,0;
- Кислотность в просвете тела желудка натошак и на поверхности эпителиального слоя, обращенного в просвет – 1,5 – 2,0 рН;
- Кислотность в глубине эпителиального слоя желудка ~7,0;
- Нормальная кислотность в антруме желудка 1,3 – 7,4 рН;
- Нормальная кислотность в луковице двенадцатиперстной кишки 5,6 – 7,9;
- Кислотность в тощей и подвздошной кишках находится в пределах от 7 до 8 рН;
- Сок тонкой кишки – 7,2 – 7,5 рН (при увеличении секреции достигает 8,6);
- Секрет дуоденальных желез – от 7 до 8;
- Панкреатический сок – от 7,5 до 9;
- Сок толстой кишки – от 8,5 до 9,0;
- Кал – от 6,0 до 8,0 рН;
- Меконий (первородный кал новорожденных) ~6 рН;
- Грудное женское молоко – от 6,9 до 7,5 рН;
- Диапазон колебаний кислотности мочи взрослого человека находится в границах от 5,0 до 7,0 рН (кратковременные отклонения – в границах 4,6 – 8).

### **Порядок выполнения работы:**

1. Изучить теоретический материал.
2. Провести эксперимент по результатам которого построить передаточную функцию влияния концентрации углекислого газа в организме на кислотно-щелочной баланс крови.

Эксперимент проводится с помощью лакмусовых бумажек (тест-полосок) или Рн-метра следующим образом. У группы обучающихся в проветренном помещении измеряется Рн. Затем, помещение закрывается от доступа воздуха на 70 минут. Зная количество людей в помещении и его объем, производится оценка изменении углекислого газа в помещении. (За 70 минут рекомендуется осуществление обсуждения кибернетических регуляторных механизмов обеспечения кислотно-щелочного баланса в организме). По истечении 70 минут повторно осуществляется измерение Рн-крови. Пренебрегая погрешностью

измерения строится и исследуется передаточная функция зависимости рН-крови от концентрации углекислого газа в крови, принимая следующие допущения: концентрация газа в крови пропорциональна квадрату углекислого газа во вдыхаемом воздухе, следовательно, изменение концентрации в крови пропорциональна удвоенному изменению концентрации газа. Для построения передаточной функции строится таблица  $\Delta \text{pH}$ - $\Delta \text{CO}_2$ . («дельта» означает абсолютное приращение). Поскольку  $\Delta \text{CO}_2$  в данном случае является константой, то осуществляется его рандомизация в 5% диапазоне. (Примечание: с точки зрения математики, предлагаемый подход является не адекватным, и если есть возможность и желание студентов повторение данного эксперимента 5-6 раз, то необходимо провести его).

Примечание: в случае отсутствия специализированного оборудования рекомендуется изготовить необходимое количество индикаторов – лакмусовых бумажек самостоятельно – см. приложение.

3. Провести исследование кибернетической модели, соответствующей полученной передаточной функции. Сделать выводы.
4. Ответить на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы:**

1. Что такое рН крови в организме человека?
2. Назовите рН артериальной и рН венозной крови.
3. Назовите главные пути поддержания рН на постоянном уровне.
4. Что такое кислотно-щелочное равновесие?
5. Из чего состоят буферные системы?
6. По какой формуле проводят расчет резервной щелочности крови?

7. Приведите пример кибернетической модели регуляции кислотно-щелочного баланса в организме.

### **Приложение: изготовление лакмусовых бумажек.**

Существуют вещества, способные изменять свою окраску в присутствии щелочей и кислот – индикаторы. Ими пропитывают фильтровальную бумагу, которую впоследствии обмакивают в необходимый тестируемый раствор и, сравнивая с прилагаемой цветовой шкалой, определяют значение pH.

Среди множества индикаторов наиболее популярным является лакмус (красящее вещество, которое добывается из определенного вида лишайников).

Предлагается изготовить индикаторные бумажные полоски самостоятельно, быстро и без дорогостоящих компонентов. Для этого понадобится лишь краснокочанная капуста, вода и обычная бумага (для принтеров).

Красная капуста (а также черная смородина) содержат в своем составе природные красители, способные изменять свой цвет под воздействием щелочи или кислоты.



Нарезаем капусту на кусочки, заливаем небольшим количеством чистой воды, доводим до кипения и кипятим в течение 20-30 минут - получаем насыщенный фиолетовый отвар, который процеживается и остужается. В остывший отвар на 5-7 минут опускается нарезанная на кусочки бумага.



Как только бумага приобретет бледно-сиреневый цвет, листы достаются и просушиваются. Затем наши заготовки



нарезаем на тонкие длинные полоски или иные фигуры (для анализа крови – рекомендуются квадратики со стороной 5 мм)

Для распознавания используется следующая эталонная шкала цветов.



Индикаторные полоски, изготовление при помощи красной капусты, дают чуть большую погрешность измерений, чем лакмусовая бумага.

## **Практическая работа №12.**

### **Автоматика работы сердца**

**Цель работы:** изучить основы автоматике работы сердечной мышцы.

#### **Краткие теоретические сведения.**

**Автоматия сердца** - это способность сердца сокращаться под действием импульсов, возникающих в нем самом. Автоматией обладают только атипичные мышечные волокна, формирующие проводящую систему. Клетки рабочего миокарда автоматией не обладают. Доказательством автоматии являются ритмические сокращения изолированного сердца лягушки, помещенного в раствор Рингера. Сердце млекопитающего, помещенное в теплый, снабжаемый кислородом раствор Рингера, также продолжает ритмически сокращаться.

**Проводящая система сердца** имеет в своем составе узлы, образованные скоплением атипичных мышечных клеток, пучки и волокна, с помощью которых возбуждение передается на клетки рабочего миокарда. Водителем ритма сердца (пейсмейкером) является сино-атриальный узел, расположенный в стенке правого предсердия между впадением в него верхней полой вены и ушком правого предсердия. В предсердиях имеются также пучки проводящей системы сердца, идущие в различных направлениях. В межпредсердной перегородке у границы с желудочком расположен атриовентрикулярный узел, образующий пучок Гиса - единственный путь, связывающий предсердия с желудочками. Пучок Гиса делится на две ножки (левую и правую) с их конечными разветвлениями - волокнами Пуркинье.

**Механизм автоматии.** Ритмичное возбуждение пейсмейкерных клеток объясняется ритмичным спонтанным изменением проницаемости их мембраны для ионов, вследствие чего  $\text{Na}^+$  и  $\text{Ca}^{2+}$  поступают в клетку, а  $\text{K}^+$  и  $\text{Cl}^-$  выходят из клетки ( $\text{Cl}^-$  в пейсмейкерных клетках находится в большом количестве). Все это ведет к развитию медленной диастолической деполяризации клеток пейсмейкера и достижению критического уровня деполяризации (-40-50 мВ), обеспечивающего возникновение ПД

и распространение возбуждения - сначала по предсердиям, а затем и по желудочкам.

**Градиент автоматии.** Водителем ритма сердца является сино-атриальный узел. Взаимодействуя с экстракардиальными нервами, он определяет частоту сокращений сердца 60-80 в 1 мин. В случае повреждения узла функции водителя ритма выполняет атриовентрикулярный узел (40-50 в 1 мин), далее - пучок Гиса (30-40 в 1 мин) и волокна Пуркинье (20 в 1 мин). Убывание частоты генерации возбуждения проводящей системой сердца в направлении от предсердий к верхушке сердца называют градиентом автоматии.

**Скорость распространения возбуждения** от сино-атриального узла по рабочему миокарду предсердий и проводящей системе предсердий одинаковая - около 1 м/с. Далее возбуждение переходит на атриовентрикулярный узел, где имеет место задержка возбуждения на 0,05 с. Задержка объясняется тем, что проводящая сино-атриальная ткань контактирует с атриовентрикулярным узлом посредством волокон рабочего миокарда, причем толщина их слоя здесь небольшая, типичные нексусы отсутствуют. Эта задержка обеспечивает последовательное сокращение предсердий и желудочков. Затем возбуждение по пучку Гиса, его ножкам и волокнам Пуркинье переходит на клетки рабочего миокарда. Скорость распространения возбуждения по проводящей системе желудочков равна 3 м/с, по субэндокардиальным окончаниям волокон Пуркинье и клеткам рабочего миокарда желудочков, как и по миокарду предсердий, - 1 м/с. Большая скорость распространения возбуждения по проводящей системе обеспечивает быстрый, практически синхронный охват возбуждением всех отделов желудочков, что увеличивает мощность их сокращений. При меньшей скорости проведения возбуждения различные отделы сердца сокращались бы не одновременно, что значительно снизило бы мощность желудочков. От проводящей системы сердца к рабочему миокарду желудочков возбуждение передается с помощью волокон Пуркинье.

Таким образом, проводящая система сердца обеспечивает:

- 1) автоматичу сердца;

2) последовательность сокращений предсердий и желудочков за счет атриовентрикулярной задержки;

3) синхронное сокращение всех отделов желудочков, что увеличивает их мощность;

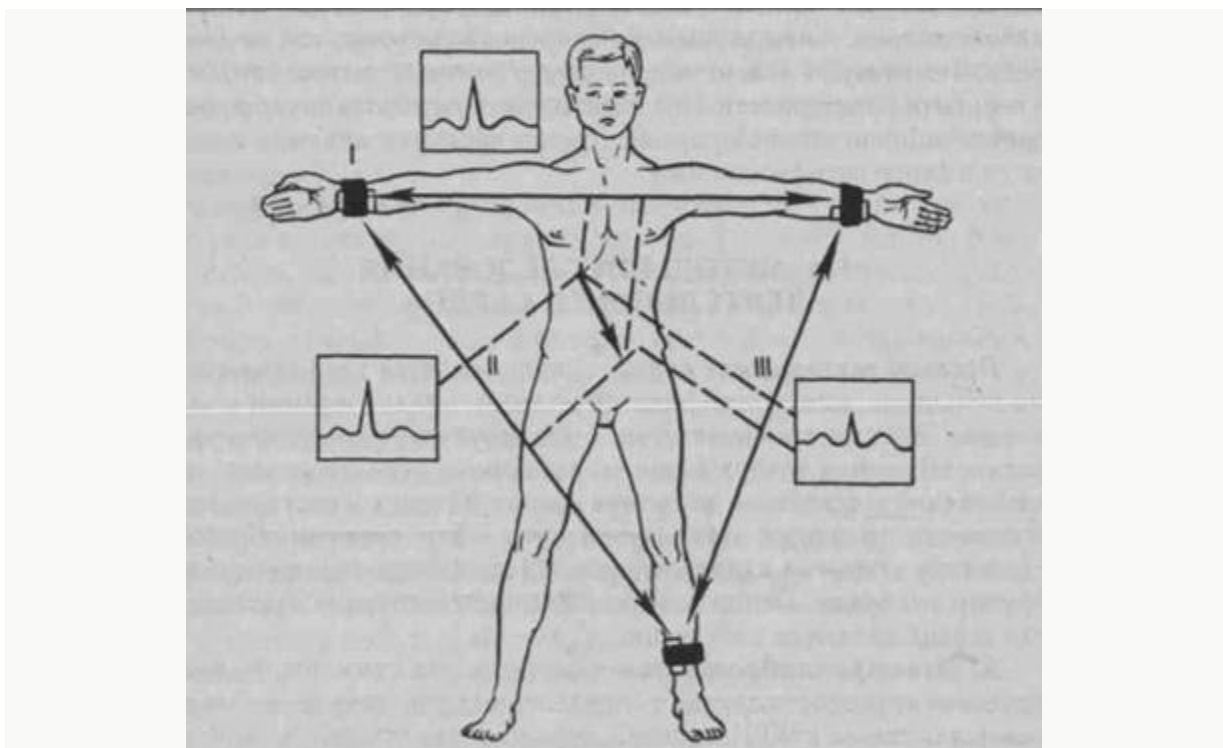
4) надежность в работе сердца - при повреждении основного водителя ритма его в какой-то степени могут заменить другие отделы проводящей системы сердца, так как они тоже обладают автоматией.

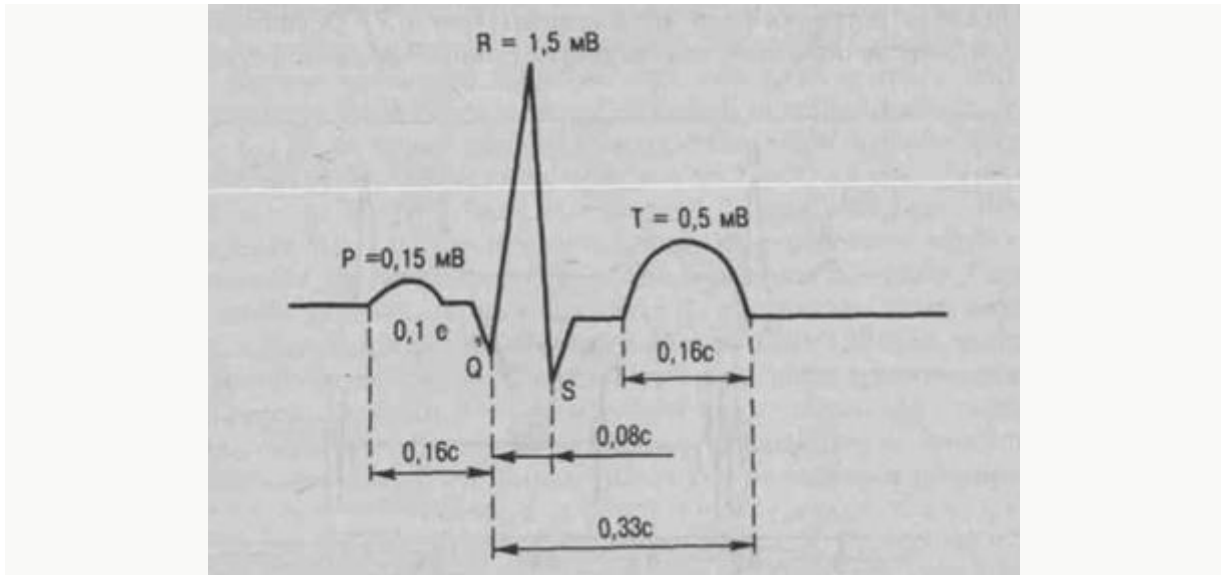
**Аритмия в сердечной деятельности.** Экстрасистола - это внеочередное сокращение сердца. Экстрасистолы могут возникать не только у больного, но и у здорового человека. Их можно получить также в эксперименте. У человека возникающие спонтанно экстрасистолы могут быть желудочковыми (эктопический очаг возбуждения находится в желудочке) и предсердными: внеочередной (более ранний) импульс возникает в предсердиях. После желудочковой экстрасистолы возникает компенсаторная пауза, которая является следствием выпадения очередной систолы, так как очередной импульс от пейсмекера приходит во время экстрасистолы - в период рефрактерное™. Предсердная экстрасистола не сопровождается компенсаторной паузой. Другие варианты аритмий изучаются в курсе патофизиологии.

Процесс деятельности сердца сопровождается так называемыми внешними явлениями: электрическими, механическими и звуковыми. Электрические явления - это результат возникновения и распространения возбуждения по различным отделам сердца; механические - следствие движения крови по сердцу и сосудам, движения самого сердца; звуковые явления - это, главным образом, следствие закрытия клапанов сердца, а также движения крови по крупным сосудам. Основными методами исследования деятельности сердца являются следующие.

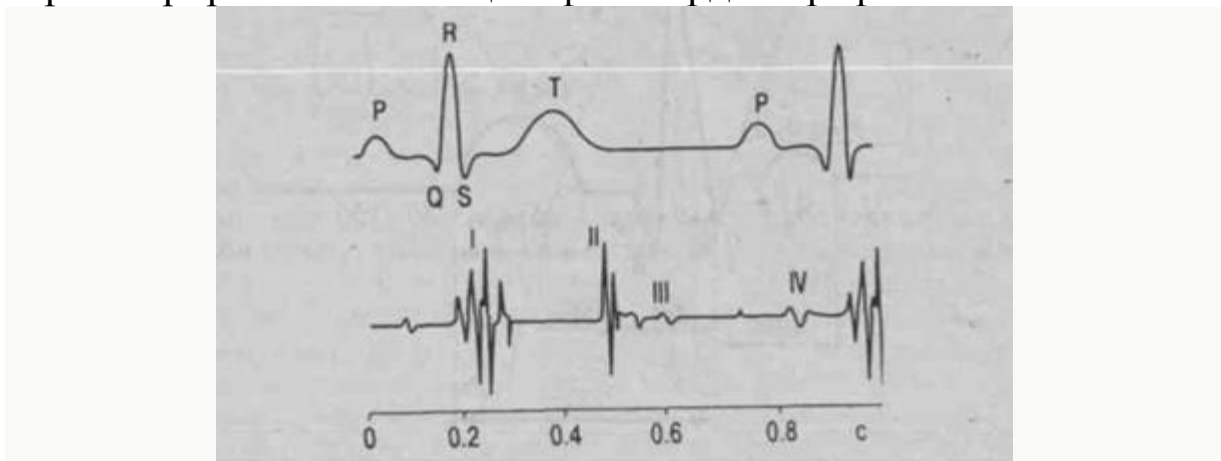
**А. Электрокардиография** - регистрация суммарной электрической активности сердца с определенных участков тела. Электрокардиограмма (ЭКГ) - кривая, отражающая процесс возникновения, распространения и исчезновения возбуждения в различных отделах сердца. Поскольку ткани организма способны проводить электрическое поле во всех направлениях, удается с

помощью усилителей зарегистрировать электрические явления на поверхности тела. ЭКГ отражает только изменения электрических потенциалов, но не сокращения миокарда. Возникновение электрического тока в сердце можно наблюдать, если на сокращающееся сердце крысы набросить нерв нервно-мышечного препарата лягушки: мышца начинает сокращаться в ритме сердца. Существуют три основные системы отведения. ЭКГ-отведение — это вариант расположения электродов на теле при регистрации электрокардиограммы.





**Б. Аускультация** - выслушивание тонов сердца на поверхности грудной клетки. Тоны сердца - это звуки, возникающие при работе сердца. Различают четыре тона различной высоты (15-400 гц) и громкости: I, II, III, IV. Выслушивают обычно два тона: I и II. Все тоны можно зарегистрировать с помощью фонокардио-графа.



*Первый тон* (глухой, протяжный, низкий) возникает в начале систолы желудочков, поэтому его называют также систолическим. Главная причина его возникновения - захлопывание атриовентрикулярных клапанов. Первый тон, отражающий работу двухстворчатого клапана, выслушивают в области верхушки сердца в пятом межреберье слева от среднеключичной линии; первый тон, отражающий работу

трехстворчатого клапана, выслушивают у основания мечевидного отростка.

*Второй тон* (высокий, кратковременный) возникает при захлопывании полулунных клапанов аорты и легочной артерии и в результате вибрации их стенок и крови. Второй тон, отражающий закрытие (захлопывание) аортального клапана выслушивают во втором межреберье справа; второй тон, отражающий закрытие легочного клапана, выслушивают во втором межреберье слева. ..

*Третий и четвертый тоны* в норме, как правило, не выслушиваются, но обычно регистрируются на фонокардиограмме.

**В. Фонокардиография** - это методика регистрации тонов сердца с поверхности грудной клетки. Для регистрации фонокардиограммы используют микрофон, который прикладывают к грудной клетке в месте, где лучше выслушиваются тоны сердца. Звуковые колебания преобразуются в электрические, усиливаются и подаются на регистратор - фонокардиограф (специализированный прибор для регистрации фонокардиограммы) . Основные факторы, обеспечивающие возникновение тонов сердца следующие:

- I тон (систолический) - захлопывание атриовентрикулярных клапанов;
- II тон (диастолический) - захлопывание полулунных клапанов;
- III тон - период быстрого наполнения желудочков сердца кровью;
- IV тон - поступление крови в желудочки сердца во время систолы предсердий (пресистола).

**Г. Фазовый анализ цикла сердечной деятельности** — это исследование продолжительности периодов и фаз сердечного цикла. Осуществляется с помощью одновременной регистрации ряда показателей: ЭКГ, ФКГ, давления в аорте, желудочках и предсердиях. В редуцированном варианте для иллюстрации методики можно воспользоваться записью давления в полостях сердца и аорте.

**Д. Методы исследования сердечных объемов крови.**

МОК (минутный объем крови, недостаточно точный термин) – количество крови, выбрасываемое сердцем в аорту в

течение 1 мин. Для этой же цели используется еще менее точный термин «сердечный выброс» (более краткий и точный термин - **минутный выброс, МВ**). МВ является самым надежным критерием эффективности деятельности сердца. Количество крови, выбрасываемое левым желудочком в аорту за одно сокращение, называют «ударным объемом» или «систолическим объемом» (более короткое и точное название - **систолический выброс, СВ**). Правый желудочек выбрасывает такое же количество крови в легочную артерию, как и левый - в аорту.

Малейшие отклонения от этого соответствия привели бы к нарушению кровообращения, поскольку большой и малый «круги» кровообращения не отделены друг от друга. МВ в состоянии покоя колеблется в пределах 4-6 л (чаще называют цифры 5-5,5 л); он прямо зависит от массы тела. При большой физической нагрузке МВ может возрастать до 25-30 л/мин, у спортсменов - до 35-40 л/мин, т. е. увеличивается в 5-7 раз. Если определен МВ, СВ рассчитывается путем деления МВ на число сокращений сердца в минуту. СВ в покое составляет 65-75 мл. Однако в покое не вся кровь, накопившаяся в желудочках к концу паузы сердца (**конечно диастолический объем, 130-150 мл**), выбрасывается сердцем: около 50% остается в желудочке – **конечно систолический объем**. При увеличении силы сокращений сердце выбрасывает значительно больше крови - дополнительную порцию выбрасываемой при этом крови называют **резервным объемом**. Часть крови, остающаяся в желудочке после максимального его сокращения, называется **остаточным объемом**. Резервный и остаточный объемы составляют примерно по 30-40 мл. Резервный объем свидетельствует о том, что сила сердечных сокращений в покое не является максимальной. СВ при эмоциональном и физическом напряжениях может быть увеличен за счет резервного объема крови. Непосредственными факторами, влияющими на МВ, являются частота и сила сердечных сокращений, точнее - СВ.

Для определения МВ применяют так называемый красочный метод, радионуклидный, термодилуции, метод Фика и многие другие. Наиболее точной считают **методику Фика**, предложенную им еще в 1870 году, - измерение МВ по потребленному организмом кислороду за 1 минуту. Расход



кислорода исследуют с помощью метаболиметра. Затем рассчитывают, какой объем крови, прокачиваемой сердцем через весь организм, обеспечивает доставку необходимого организму кислорода.

Например, человек потребил 250 мл  $O_2$  за 1 минуту. Содержание  $O_2$  в артериальной крови 19,5 об% (19,5 мл  $O_2$  на каждые 100 мл крови), содержание  $O_2$  в венозной крови 15 об% (15 мл  $O_2$  на 100 мл крови). Артерио-венозная разница по  $O_2$  равна: 19,5 мл - 15,0 мл = 4,5 мл  $O_2$ . Таким образом, 100 мл крови отдают организму 4,5 мл  $O_2$ , всего же организм потребил 250 мл  $O_2$ , отсюда следует: 100 мл крови поставляют 4,5 мл  $O_2$ , МВ крови поставляет 250 мл  $O_2$ :

Недостатком методики является то, что венозную кровь необходимо брать из правой половины сердца при помощи зонда, вводимого через плечевую вену, что весьма сложно и небезопасно для пациента.

Для оценки деятельности сердца используется **сердечный индекс** (СИ), представляющий собой отношение минутного выброса крови (МВ) к площади поверхности тела (5). Он составляет 3-4 л/мин/м<sup>2</sup>. Показатель введен из-за вариабельности МВ у разных лиц и является одним из вариантов выражения МВ:

$$СИ = \frac{МВ}{S_{\text{тела}}} [\text{л/мин/м}^2].$$

Известен также **индекс кровоснабжения** (ИК), отражающий отношение МВ в мл к массе тела (МТ) в кг:

$$ИК = \frac{МВ}{МТ} [\text{мл/кг/мин}].$$

В норме он составляет около 70 мл/кг/мин.

Превентивная медицина предлагает следующие способы диагностики патологические нарушения ритма.

**Стенокардия:** ей соответствуют боли за грудиной или в левой половине груди (иногда распространяются в левую руку, левую лопатку, межлопаточное пространство), возникающие при нагрузке. Они длятся менее 15 минут и проходят в покое или при приеме нитроглицерина.

**Инфаркт миокарда:** очень сильные боли в той же области и с той же (или более широкой) зоной распространения. Не снимаются обезболивающими и даже нитроглицерином, длятся более 20-30 минут. Состояние экстренное, требует вызова «скорой помощи».

**Аритмии:** ощущение перебоев в работе сердца, чувство «замирания» в груди. При подозрении на аритмию тоже надо срочно обратиться к кардиологу.

**Миокардит:** разнохарактерные, кратковременные или длительные боли в груди разной силы. Начинают беспокоить через 2-3 недели после перенесенной вирусной инфекции (вирусы — самая частая причина болезни).

### **Порядок выполнения работы.**

1. Изучите теоретический материал.
2. По пульсограмме (или ЭКГ, или ФПГ) с помощью Фурье-анализа выделите 2-3 несущей частоты. Идентифицируйте модель сигнала по выделенным частотам.
3. По пульсограмме постройте каррелограммы и оцените степень аритмии.
3. Составьте соответствующее полученной в п.2 модели уравнение динамики и ему соответствующую передаточную функцию. Исследуйте ее на устойчивость и типовые входные воздействия.
4. Сделайте выводы о характеристиках возможных пейсмейкеров.
5. Ответьте на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы.**

1. Что такое автоматия сердечной мышцы?
2. В чем заключается аритмия сердечной деятельности?
3. Назовите существующие методы исследования деятельности сердца?
4. Методы исследования сердечных объемов крови.

### **Практическая №13.**

#### **Рефлекторная регуляция системного артериального давления.**

**Цель работы:** изучить рефлекторную регуляцию системного артериального давления.

#### **Краткие теоретические сведения.**

Артериальное давление – это давление, оказываемое кровью на стенки артериальных сосудов. Систолическое артериальное

давление – это подъем давления до максимума во время систолы. Диастолическое артериальное давление – это снижение давления до минимума во время диастолы. Пульсовое давление – это амплитуда колебания давления на протяжении сердечного цикла. Среднее динамическое давление – это давление, усредненное по времени сердечного цикла, т.е. такое давление, которое было бы в сосудистой системе без подъема в систолу, спада в диастолу и работы сердца в виде постоянного насоса [1].

Все рефлексы, посредством которых регулируется тонус сосудов и деятельность сердца, делятся на **собственные и сопряженные**. Собственными являются рефлексы, возникающие при раздражении рецепторов сосудистых рефлексогенных зон. Главные из них рефлексогенные зоны дуги аорты и каротидных синусов. Там расположены баро – и хеморецепторы. От рецепторов дуги аорты идет нерв депрессор, а от синокаротидных зон нерв Геринга. При увеличении артериального давления барорецепторы возбуждаются. От них импульсы по этим афферентным нервам идут в к бульбарному сосудодвигательному центру. Его прессорный отдел тормозится. Частота нервных импульсов, идущих к спинальным центрам и по симпатическим вазоконстрикторам к сосудам уменьшается. Сосуды расширяются. При понижении артериального давления количество импульсов идущих от барорецепторов к прессорному отделу уменьшается. Активность его нейронов растет, сосуды суживаются давление повышается.

Хеморецепторы образуют аортальный и каротидный клубочки. Они реагируют на содержание углекислого газа и изменение реакции крови. При повышении концентрации углекислого газа или сдвиге реакции крови в кислую сторону, эти рецепторы возбуждаются. Импульсы от них по афферентным нервам идут к прессорному отделу сосудодвигательного центра. Его активность возрастает, сосуды суживаются. Скорость кровотока, а следовательно выведения углекислого газа и кислых продуктов повышается.

Барорецепторы имеются и в сосудах малого круга. В частности в легочной артерии. При повышении давления в сосудах малого круга возникает депрессорный рефлекс Парина-

Швигка. Сосуды расширяются, артериальное давление снижается, сердцебиения становятся реже.

Сопряженными называют рефлексy, возникающие при возбуждении рецепторов, расположенных вне сосудистого русла. Например, при охлаждении или болевом раздражении рецепторов кожи сосуды суживаются. При очень сильном болевом раздражении они расширяются, возникает сосудистый коллапс. При ухудшении кровоснабжения мозга увеличивается концентрация углекислого газа и катионов водорода в нем. Они воздействуют на хеморецепторы ствола мозга. Активируются нейроны прессорного отдела, сосуды суживаются, происходит компенсаторный рост артериального давления [2].

### **Порядок выполнения работы.**

Испытуемый сидит, рука расположена на твердой подставке. В области плеча накладывают манжетку от механического тонометра. Наложение манжетки осуществляется плотно, но без нарушения венозного оттока от предплечья и кисти. В области локтевого сгиба помещают фонендоскоп. Нагнетают давление воздуха до 160 мм РТ. Ст. и, затем, постепенно выпуская воздух из манжетки, прослушивают звуковые явления, возникающие над артерией. В момент появления звуков пульса (1 тон Короткова ) регистрируют систолическое давление, а в момент исчезновения звуков ( 2 тон Короткова ) регистрируют диастолическое давление.

**Результаты работы:** Отметьте и рассчитайте следующие параметры артериального давления:

1. Систолическое артериальное давление ( $P_s$ )=
2. Диастолическое артериальное давление ( $P_d$ )=
3. Пульсовое давление ( $P_s - P_d$ )=
4. Среднее динамическое давление по формуле:  $P_m = 0,42A + P_d$ , где  $A$  – пульсовое давление, а  $P_d$  – диастолическое давление.

Предлагаемые действия проведите в условиях:

- покоя;
- искусственного нагрева тела;
- искусственной резкой нагрузки (7-8 глубоких приседания);

- искусственной нагрузки вестибулярного аппарата (изменения положения тела);
- искусственной релаксации в течении 10 минут (посредством специальной программы на компьютере).

Сделайте выводы.

Ответьте на контрольные вопросы.

### **Контрольные вопросы.**

1. Что такое артериальное давление?
2. Что такое пульсовое давление?
3. На какие группы делят рефлексы, которые регулируют тонус сосудов?
4. Какие рефлексы называют собственными?
5. Какие рефлексы называют сопряженными?

### **Библиография.**

1. «Физиология человека» под ред. Б.И. Ткаченко, С.-П., 1996, С. 117-119, 131-161.
2. Нормальная физиология. Краткий курс: учеб. пособие // В.В. Зинчук, О.А. Балбатун, Ю.М. Емельянчик ; под ред. В.В. Зинчука. – Минск: Выш. Шк., 2010. – 431 с. (см. соответствующий раздел).

### **Практическая работа №14.**

#### **Функциональная система, обеспечивающая постоянство газового состава крови.**

**Цель работы:** изучить функциональную систему, обеспечивающую постоянство газового состава крови.

#### **Краткие теоретические сведения.**

Импульсы, поступающие от центральных и периферических хеморецепторов, являются необходимым условием периодической активности нейронов дыхательного центра и соответствия вентиляции легких газовому составу крови. Последний является жесткой константой внутренней среды

организма и поддерживается по принципу саморегуляции путем формирования функциональной системы дыхания.

Системообразующим фактором этой системы является газовая константа крови. Любые ее изменения являются стимулами для возбуждения рецепторов, расположенных в альвеолах легких, в сосудах, во внутренних органах и т. д. Информация от рецепторов поступает в ЦНС, где осуществляется ее анализ и синтез, на основе которых формируются аппараты реакций. Их совокупная деятельность приводит к восстановлению газовой константы крови.

В процесс восстановления этой константы включаются не только органы дыхания (особенно ответственные за изменение глубины и частоты дыхания), но и органы кровообращения, выделения и другие, представляющие в совокупности внутреннее звено саморегуляции. При необходимости включается и внешнее звено в виде определенных поведенческих реакций, направленных на достижение общего полезного результата - восстановление газовой константы крови. [1]

Таблица 19. Средние показатели нормального газового состава крови по Г.В. Девиз (1958), Н. В. Семенову (1971), (1960) и др., Т. Geiygu (1960)		
Показатель	Кровь	
	артериальная	венозная
<b>O<sub>2</sub>:</b>		
емкость, % по объему	19,7(16,4-23,5)	16,0(13,6-17,1)
физически растворенный, % по объему	0,284	0,123
напряжение, мм рт. ст.	93,5(86-101)	41,2(33-46)
насыщение (%HbO <sub>2</sub> )	96,2(92,8-97,2)	61,8(52,6-72,8)
общее содержание, % по объему	19,8(16,8-21,8)	13,8(11,5-16,2)
<b>CO<sub>2</sub>:</b>		
физически растворенный, % по объему	2,66(2,5-2,7)	2,89(2,8-3,0)
напряжение, мм рт. ст.	40,0(36,0-43,8)	45,3(42,7-53,6)
содержание, % по объему	47,05(44,9-50,3)	50,8(49,0-56,1)
карбаминная связь, % по объему	2,0	2,9
PH	7,41(7,35-7,45)	7,35(7,26-7,40)

### Порядок выполнения работы.

1. Изучите теоретический материал.
2. Обсудите в группе решение предлагаемых ниже задач.
3. Приведите схему дыхательного хемостата Гродинзе и опишите ее. Предложите решение уравнений динамики хемостата средствами MathLab, MatCad.
4. Ответьте на контрольные вопросы.
5. Оформите отчет.

### Задачи

1. Вследствие резкого снижения сродства гемоглобина к кислороду повысилось напряжение кислорода в тканях. В чем опасность воздействия избытка кислорода на ткани?
2. Больному с редким поверхностным дыханием дают дышать смесью кислорода (96-97 %) и углекислого газа (3-4 %). Обязательно ли наличие CO<sub>2</sub> в данном случае и целесообразно ли дальнейшее увеличение содержания CO<sub>2</sub> в смеси?
3. Как и почему изменится дыхание у неадаптированных лиц при пониженном атмосферном давлении? Перечислите факторы, обуславливающие акклиматизацию к кислородному голоданию в горных местностях.
4. Какими путями будет осуществляться поддержание постоянства газового состава крови при кратковременной мышечной работе?
5. Во время проведения функциональной гипоксической пробы (вдыхание газовой смеси с пониженным содержанием кислорода) в организме отмечается ряд функциональных изменений. Какие из них Вы можете назвать и их значение для организма?
6. На какую величину изменится альвеолярная вентиляция легких, если в покое число дыхательных движений равно 20, дыхательный объем (ДО) - 600 мл? При физической же работе число дыхательных движений увеличилось вдвое, а ДО - на 300 мл.
7. Расчет цветового показателя. Цветовой показатель – характеризует соотношение между количеством гемоглобина крови и числом эритроцитов. Цветовой показатель позволяет оценить степень насыщения эритроцитов гемоглобином. Цветовой показатель здорового человека равен 0,85-1,05. Если цветовой показатель выше нормы – гиперхромия, если ниже нормы – гипохромия. Цветовой показатель рассчитывают по формуле :

$$ЦП = \frac{Hb \times 3}{Эр^*},$$

Где Hb – концентрация гемоглобина, г/л, Эр\* - первые три цифры числа эритроцитов, если количество эритроцитов меньше  $1,0 \cdot 10^{12}$  /л, то первые две цифры.



### **Контрольные вопросы.**

1. Условие необходимое для периодической активности нейронов дыхательного центра?
2. Назовите константу внутренней среды организма?
3. Где осуществляется анализ и синтез информации?
4. Чья деятельность приводит к восстановлению газовой константы крови?
5. Расскажите средние показатели нормального газового состава крови?

### **Библиография.**

1. Нормальная физиология: учебное пособие / Под ред. Зинчука В.В. – Часть 1. – Гродно. 2005. – С. 3 – 23.
2. Биологическая кибернетика. Под. ред. А.Б. Когана. Учеб. пособие для вузов.-М.:Высш.школа, 1977. – 408 с.

## **Практическая работа №15.**

### **Роль нервных и гуморальных факторов в регуляции деятельности почек**

**Цель работы:** изучить роль нервных и гуморальных факторов в регуляции деятельности почек.

#### **Краткие теоретические сведения.**

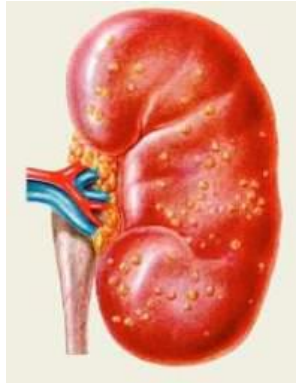
Деятельность почек регулируется нервным и гуморальным путями.

Нервная регуляция. Почки обильно иннервируются вегетативной нервной системой. Они получают нервные сигналы через волокна симпатической нервной системы и блуждающего нерва. Еще в 1901 г. русский гистолог В. Смирнов представил данные, которые показали, что и клубочки, и извитые канальцы снабжены веточками симпатического и блуждающего нервов.

Нервная система влияет как на образование первичной мочи, так и на деятельность канальцев, где происходит обратное всасывание и секреция.

Действие симпатического нерва можно наблюдать при раздражении чревного нерва. Следствием раздражения чревного нерва является уменьшение мочеотделения. Образование мочи уменьшается потому, что раздражение чревного нерва вызывает сужение сосудов, а следовательно, и уменьшение притока крови к почкам. Раз количество притекающей крови уменьшается, то давление в клубочках падает и уменьшается фильтрация первичной мочи.

Резкое уменьшение мочеотделения вплоть до полного прекращения наблюдается при болевом раздражении. Болевая, или рефлекторная, анурия может наступить в результате рефлекторного сужения сосудистой системы почки, что вызывает резкое уменьшение ее кровоснабжения, а следовательно, и мочеобразования. Болевое раздражение сопровождается также выделением большого количества адреналина и вазопрессина, что в свою очередь провоцирует анурию. Влияние нервной системы не ограничивается только влиянием на состояние сосудов.



На деятельность почки влияет центральная нервная система, в частности кора головного мозга. Усиление образования мочи наблюдается при уколе в зрительный бугор, в серый бугор, в мозжечок и в дно IV желудочка головного мозга. Работами акад. К. М. Быкова было показано, что деятельность почек находится под влиянием коры головного мозга.

В опытах на собаках он вводил им определенное количество воды, что вызывало у них увеличение мочеотделения. Введение воды сопровождалось звонком. После нескольких повторных опытов уже только при одном звонке у собаки увеличивалось мочеотделение. Это один из примеров, наглядно подтверждающих, что работа внутренних органов связана с деятельностью коры головного мозга.

Кора мозга влияет на работу почки двумя путями: нервным и гуморальным. В нормальных условиях через нервы поступают импульсы, которые изменяют деятельность почек: но одновременно импульсы поступают и к гипофизу, вызывая изменение его внутрисекреторной деятельности, что в свою очередь сказывается на работе почек.

Почки могут длительное время функционировать даже в условиях полной денервации, то есть если перерезать все идущие к ним нервы. После такой операции деятельность почек нарушается только в первые два дня, а затем они вновь начинают работать нормально.

Нормальная работа почек продолжается до тех пор, пока в организме или во внешней среде не наступают какие-либо резкие изменения. В этих условиях деятельность почки, лишенной нервных связей, резко отличается от работы обычной почки. Так, при охлаждении животного, у которого одна почка нормальная, а

в другой перерезаны нервы, работа нормальной почки почти не меняется, иногда же наступает незначительная анурия, то есть уменьшение мочеобразования: в другой же, денервированной, почке наступает полиурия, то есть увеличение образования мочи.

Доказательством того, что почка может функционировать без нервных связей с организмом, послужили опыты с пересадкой почки. В них у собаки вырезалась почка и помещалась под кожу шеи, а ее кровеносные сосуды пришивали к сосудам шеи. Через некоторое время, когда рана заживала и пересаженная почка начинала функционировать, у собаки вырезалась и удалялась вторая почка. Таким образом, оставаясь только лишь с одной почкой на шее, собака могла жить очень долгое время. [1]

В процессе мочеобразования классически выделяют основные этапы: фильтрация, реабсорбция и секреция. Фильтрация – это пассивный транспорт веществ крови из клубочковых капилляров в капсулу Боумена – Шумлянско-го. Реабсорбция – это транспорт веществ эпителиальными клетками канальцев из просвета канальцев нефрона в интерстиций. Секреция – обратный по направлению процесс. [2]

### **Порядок выполнения работы.**

1. Изучите теоретический материал.
2. Предложите кибернетические модели гуморальной и нервной регуляции функционирования почек. Сделайте доклад на данную тему и обсудите его в группе.
3. Ответьте на контрольные вопросы

### **Контрольные вопросы.**

1. Какими путями регулируется деятельность почек.
2. Опишите нервную регуляцию почек.
3. Опишите гуморальную регуляцию почек.
4. Может ли почка функционировать без нервных связей?
5. Опишите все этапы мочеобразования.

## **Библиография**

1. Физиология человека / под ред. В.М. Покровского, Г.Ф. Коротько. – М.: Медицина, 2007. – 368 с.
2. Биологическая кибернетика. Под. ред. А.Б. Когана. Учеб. пособие для вузов.-М.:Высш.школа, 1977. – 408 с.

## Практическая работа №16. Неоднородные модели распространения эпидемий

**Цель:** изучить возможности исследования неоднородных моделей распространения эпидемии, используя инструментарий Excel.

### **Краткие теоретические сведения.**

Предположим, что каждый индивидuum некоторой популяции имеет свое собственное значение некоторого наследуемого признака (который может быть восприимчивостью к некоторой болезни, социальным поведением, инфекционностью и т.д.) который описывает неизменные качества этого индивидуума и влияет существенным образом на историю болезни. Другими словами, ключевые параметры, которые описывают, вместе с математической моделью, эволюцию болезни в популяции зависят от этого признака. Любые изменения статистических характеристик признака вызываются только изменениями в структуре популяции. Далее мы будем пользоваться обозначениями, которые близки к тем, что использовались в главе 6, когда мы рассматривали математические модели распространения инфекционных заболеваний.

Предположим, что здоровые особи популяции отличаются степенью восприимчивости к некоторой болезни, и обозначим через  $s(t; \omega)$  плотность здоровых индивидуумов в момент времени  $t$  со значением признака  $\omega$  (т.е., размер субпопуляции здоровых индивидуумов, которые имеют значения признака в разбросе от  $\omega$  до  $\omega+d\omega$ , примерно равно  $s(t;\omega)d\omega$ , и, как и ранее, общий размер здоровых определяется равенством  $S(t) = \int_{\Omega} s(t;\omega)d\omega$ , где  $\Omega$  - множество всех возможных значений признака). Предполагая, что множество заболевших однородно в нашей модели и что скорость передачи инфекции определяется параметром трансмиссии, который есть функция признака  $\omega$ , мы можем записать:

$$\frac{\partial}{\partial t} s(t, \omega) = -\beta(\omega) s(t, \omega) I(t), \quad (1)$$

где  $I(t)$  - размер популяции заболевших, а функция  $\beta(\omega)$  включает информацию о вероятности передачи инфекции при контакте здорового с переносчиком болезни.

Отметим, что используется простейшая функция передачи инфекции, и предполагаем что контакты происходят в соответствии с законом действующих масс.

Изменение в субпопуляции заболевших, если продолжительность инфекции распределена экспоненциально со средним  $1/\gamma$ , описывается уравнением:

$$\frac{d}{dt}I(t) = I(t) \int_{\Omega} \beta(\omega)s(t, \omega) d\omega - \gamma I(t) = \bar{\beta}(t)S(t)I(t) - \gamma I(t),$$

(2)

где использовались следующие обозначения:

$$\bar{\beta}(t) = \int_{\Omega} \beta(\omega)p_s(t, \omega) d\omega, \quad p_s(t, \omega) = \frac{s(t, \omega)}{S(t)}.$$

Следовательно,  $\bar{\beta}(t)$  - среднее значение функции  $\beta(\omega)$ , и  $\omega$  имеет плотность распределения  $p_s(t; \omega)$  в любой момент времени  $t$ . Начальные условия для модели (1)- (2) имеют вид

$$s(0, \omega) = s_0(\omega) = S_0 p_s(0, \omega), \quad I(0) = I_0, \quad R(0) = 0. \quad (3)$$

Здесь  $S_0$  и  $I_0$  - начальные размеры популяций здоровых и заболевших соответственно, а  $p_s(0; \omega)$  - заданное начальное распределение признака.

Можно предположить, что популяция переносчиков болезни является неоднородной. Пусть теперь  $\beta(\omega)$  описывает инфекционность индивидуума со значением признака  $\omega$ , и пусть  $i(t; \omega)$  - плотность зараженных в момент времени  $t$ ,  $I(t) = \int_{\Omega} i(t; \omega) d\omega$ . Для простоты мы предположим, что теперь популяция здоровых однородна. Сложность данной ситуации заключается в том, что теперь нам необходимо, кроме всего прочего, задать закон, по которому присваиваются величины признака только что инфицированной особи:

$$\frac{\partial}{\partial t} i(t, \omega) = S(t) \int_{\Omega} \psi(\omega, \omega') \beta(\omega') i(t, \omega') d\omega' - \gamma i(t, \omega). \quad (4)$$

Здесь  $\psi(\omega, \omega')$  - вероятность того, что только что зараженный индивидиум получает значение признака  $\omega$ , если он был заражен индивидиумом со значением признака  $\omega'$ .

Изменение в популяции здоровых дается уравнением

$$\frac{d}{dt} S(t) = -\bar{\beta}(t) S(t) I(t), \quad (5)$$

где в данном случае

$$\bar{\beta}(t) = \int_{\Omega} \beta(\omega) p_i(t, \omega) d\omega, \text{ и } p_i(t, \omega) = i(t, \omega) / I(t).$$

Возможно несколько вариантов для выбора функции  $\psi(\omega, \omega')$ , но нас особенно интересует следующая функция:

$$\psi(\omega, \omega') = \delta(\omega' - \omega),$$

где  $\delta(\omega)$  - это дельта-функция Дирака. Интерпретация в данном случае следующая: вновь инфицированный индивидиум получает то же самое значение признака  $\omega$ , что и у индивидиума, который его заразил (проводя аналогии с демографическим процессом: значение признака передается по наследству от родителя к потомку, если родителем считать заразившего, а потомком заразившегося). Тогда уравнение (4) упрощается к виду

$$\frac{\partial}{\partial t} i(t, \omega) = \beta(\omega) S(t) i(t, \omega) - \gamma i(t, \omega). \quad (6)$$

Модель (5)-(6) - другой пример простой математической модели распространения инфекционного заболевания в замкнутой неоднородной популяции. Список возможных моделей легко продолжить. Например, очевидно, что можно предположить, что параметр  $\gamma$  не постоянен, а распределен по особям популяции. В этом случае уравнение для заразившихся принимает вид

$$\frac{\partial}{\partial t} i(t, \omega) = \beta S(t) i(t, \omega) - \gamma(\omega) i(t, \omega),$$



где считаем  $\beta$  постоянной. Другое очевидное обобщение - предположить, что несколько параметров в модели распределены.

Рассмотрим модель (1)-(2). Один из основных вопросов при рассмотрении неоднородных моделей - каким образом неоднородность популяции изменяет эволюцию системы по сравнению с исходной однородной моделью. Однако прежде чем ответить на этот вопрос, мы покажем, что на самом деле модель (1)-(2) эквивалентна некоторой системе обыкновенных дифференциальных уравнений, которая имеет форму стандартной SIR модели, но с нелинейной функцией передачи инфекции.

Выражение (1) эквивалентно модели

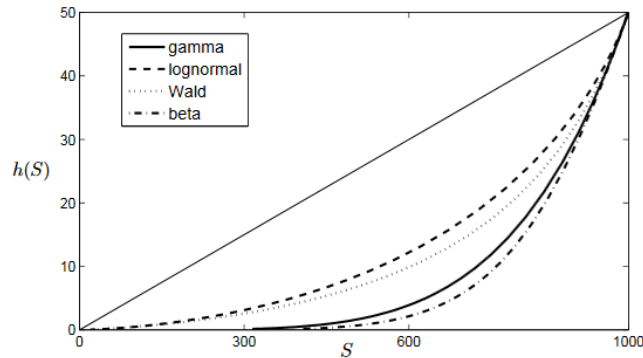
$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}S(t) &= -\bar{\beta}(t)S(t)I(t), \quad S(0) = S_0, \\ &\dots \\ \frac{d}{dt}q(t) &= -I(t), \quad q(0) = 0, \\ \bar{\beta}(t) &= \left. \frac{dM(0, \lambda)}{d\lambda} \right|_{\lambda=q(t)} \frac{1}{M(0, q(t))}, \end{aligned} \quad (7)$$

которая в свою очередь эквивалентна системе

$$\begin{aligned} \frac{d}{dt}S(t) &= -h(S(t))I(t), \\ &\dots \end{aligned} \quad (8)$$

$$h(S) = S_0 \left[ \left. \frac{dM^{-1}(0, \xi)}{d\xi} \right|_{\xi=S/S_0} \right]^{-1}, \quad (9)$$

где



Функция  $h(S)$ , заданная уравнением (9) для четырех различных распределений с одинаковыми матожиданием и дисперсией (рассматривались гамма-распределение, логнормальное распределение, распределение Вальда и бета-распределение). Диагональ показывает ту же функцию для однородной модели,  $h(S) = \beta S$ .

Отметим, что для любого момента времени коэффициент

$$cv = \sigma(t)/\bar{\beta}(t) = 1/\sqrt{k}.$$

вариации постоянен:

$$h(S) = \frac{kS}{\nu} \left[ \frac{S}{S_0} \right]^{1/k}.$$

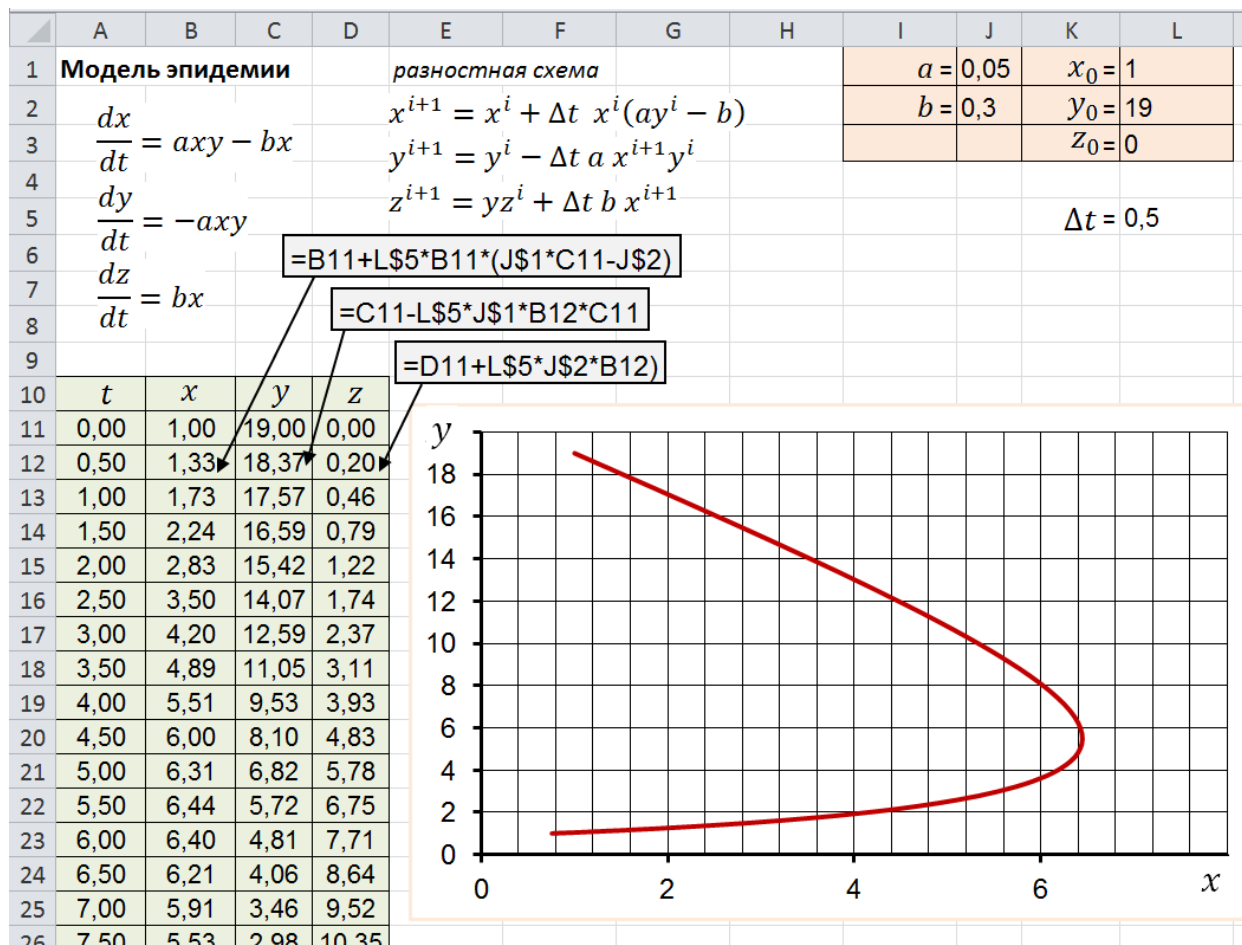
Для гамма-распределения получим (10)

Если  $k=1$  (т.е., начальное распределение экспоненциальное, со средним  $1=\nu$ ), то  $h(S) = S^2/(\nu S_0)$ . Подобным образом могут быть рассмотрены и другие начальные распределения.

### Порядок выполнения работы

1. Выпишите задание согласно варианта из таблицы «Индивидуальные задания».
2. Составить таблицу, основываясь на полученных данных.
3. Построить график распространения эпидемии.
4. Оформите отчет.

### Пример выполнения работы



### Индивидуальное задание

№ варианта	a	b	$x_0$	$y_0$	$z_0$	$\Delta t$
1	0.05	0.1	1	20	0	0.5
2	0.06	0.3	2	18	1	0.25
3	0.04	0.8	1	17	0	1.0
4	0.02	0.4	1	19	2	0.75
5	0.04	0.7	0	16	1	1.0
6	0.08	0.3	1	17	3	0.25
7	0.03	0.8	2	18	0	0.5
8	0.01	0.7	0	18	1	1.0
9	0.07	0.2	0	19	3	0.5
10	0.06	0.3	2	20	2	0.25
11	0.03	0.5	1	17	0	0.75
12	0.02	0.7	0	18	0	1.0

### Контрольные вопросы

1. Какие параметры являются ключевыми при описании распространения эпидемии и построении математической модели?

2. Чем неоднородные модели отличаются от однородных?
3. Если множество заболевших однородно и скорость передачи инфекции определяется параметром трансмиссии, то функциональная зависимость, включающая параметры, отвечающие за количество заболевших, инфицированных и здоровых, будет иметь вид:...
4. Каким уравнением можно описать изменение в субпопуляции заболевших, если продолжительность инфекции распределена экспоненциально со средним  $1/\gamma$  ?
5. По какому закону будут присваиваться величины признака особи, инфицированной недавно?
6. Каким свойством обладает коэффициент вариации в любой момент времени?

### **Библиография.**

1. Бондарчук С.С., Перевозкин В.П. «Математическое моделирование в популяционной экологии», Томск: Томский государственный педагогический университет, 2014г.
2. Братусь А.С., Новожилов А.С., Платонов А.П. «Динамические системы и модели биологии», М: Драфт, 2011г.

## Практическая работа №17. Моделирование мутуализма

**Цель:** изучить модели мутуализма путем решения тематических задач.

### Краткие теоретические сведения

Мутуализм (от лат. *mutuus* - взаимный) - это взаимовыгодные отношения между видами, при которых присутствие одного партнера становится необходимым условием для существования другого.

Мутуалистические отношения очень широко распространены в природе. Одним из самых известных примеров таких отношений являются лишайники, представляющие собой неразделимое сожительство грибов и водорослей.

На первый взгляд создать математические модели мутуалистических взаимоотношений нетрудно. Для этого уравнение Лотки—Вольтерры, описывающее рост популяции одного вида, т. е.  $dN_1/dt = r_1 * N_1 (K_1 - N_1 / K_1)$ , следует видоизменить, введя коэффициент  $(+\alpha * N_2) / K_1$ , определяющий, насколько особи вида 2 способствуют увеличению скорости роста популяции вида 1. Такое же уравнение может быть получено для вида 2 с использованием коэффициента  $(+\beta * N_1) / K_2$ , в этих уравнениях учитывается возможность увеличения численности каждого вида в присутствии другого вида, т. е. признак истинно мутуалистических отношений.

Однако такая модель воспроизводит ситуацию, в которой численность обоих мутуалитов взрывообразно и неограниченно возрастает. Очевидно, что это нереалистично. Другие попытки моделирования мутуализма приводят к заключению, что такое взаимодействие довольно нестабильно. Но большая часть данных, полученных в естественных условиях, показывает его высокую устойчивость и способность быстро, восстанавливаться после нарушений. Почти наверняка неудача этих моделей объясняется их подходом к мутуализму как к зеркальному отражению конкуренции; в них предусматривается, что ограничения роста популяции, существующие для отдельного вида, при мутуализме ослабятся. В действительности же

большинство случаев мутуализма, вероятно, не ослабляет ограничения, а устраняет, замещая другими.

Например, если у кишечнополостного появляется фотосинтезирующий эндосимбионт, углеродное питание перестает быть лимитирующим рост фактором, и на первый план, по-видимому, выходят иные ограничения. Такое состояние может быть вполне устойчивым.

**Простая модель мутуализма.** Мейер, Цучия и Фредериксон изучали устойчивость популяций двух видов, находящихся в мутуалистических взаимосвязях, и описали систему уравнениями

$$\frac{dn_i}{dt} = -Dn_i + \mu_i n_i \quad i = 1, 2$$

$$\frac{ds_i}{dt} = -Ds_i + \alpha_i \mu_j n_j - \beta_{ij} \mu_i n_i \quad i, j = 1, 2; \quad i \neq j$$

При выводе этих уравнений допускалось, что в среде содержатся все необходимые питательные вещества за исключением  $s_1$  (продуцируемого  $n_2$ ) и  $s_2$  (продуцируемого  $n_1$ ).

**Сочетание мутуализма с конкуренцией.** Мейер и другие предположили, что для решения задачи стоит учитывать зависимости роста двух видов от общего субстрата  $s_3$ ; эта зависимость может быть отражена в виде отдельного множителя в каждом выражении типа уравнения Моно, например в

$$r(S) = \frac{r_{\max} \cdot S}{K_S + S}$$

уравнении ( ).

**Мутуализм и субстратное ингибирование.** Второе решение, соответствующее устойчивому состоянию системы в хемостате без вымывания (сосуществованию видов), возможно в том случае, если допустить, что рост видов подчиняется

уравнению Эндрюса:

$$\mu_i = \frac{\mu_{\max, i} s_i}{K_i + s_i + s_i^2 / K_i'}$$

## Индивидуальное задание

№ вар.	Задача
-----------	--------

1	Покажите, что для каждого из уравнений роста $\mu_i = \mu_{\max,i} s_i$ и $\mu = \mu_{\max,i} s_i / (K_i + s_i)$ существуют только два решения, соответствующих стационарным состояниям, и что решение, не отвечающее вымыванию, возможно только при $\alpha_1 \alpha_2 > \beta_1 \beta_2$ ; если же рост описывается уравнением Моно, то не отвечающее вымыванию решение возможно и при $D$ , меньшем некоторой минимальной величины $\mu_{\max,i}$ ( $i=1, 2$ ).
2	Запишите уравнения, описывающие поведение системы в хемостате во времени.
3	Запишите пять уравнений, необходимых для описания переходных состояний системы в хемостате с учётом уравнения Моно.
4	Графическим или расчетным путем найдите решения при следующих значениях параметров: $\mu_{\max,1} = 0,3 \text{ ч}^{-1}$ , $\mu_{\max,2} = 0,2 \text{ ч}^{-1}$ , $K_1 = 10^{-3} \text{ г/л}$ , $K_2 = 0,002 \text{ г/л}$ , $K_{13} = 0,02 \text{ г/л}$ , $\alpha_1 = 4,0$ , $\beta_1 = 2,0$ , $\alpha_2 = 10,0$ , $\beta_2 = 10,0$ ; коэффициенты для $s_3$ $Y_{13} = 2,5$ и $Y_{23} = 5$ .
5	Разложите нэталную систему уравнений в ряд Тейлора и определите устойчивость каждой переменной после небольших возмущений (с учётом уравнения Моно).
6	Покажите, что можно найти четыре решения, отвечающие сосуществованию видов в стационарном состоянии (в отсутствие вымывания), если $\alpha_1 \alpha_2 > \beta_1 \beta_2$ и $D$ меньше максимальных абсолютных значений, которые могут иметь указанные $\mu_i$ ( $i=1, 2$ ).
7	<p>Методом линеаризованного анализа устойчивости покажите, что стационарное состояние будет устойчиво, если удовлетворяются следующие условия:</p> $\beta_1 A_1 + \beta_2 A_2 > 0 \text{ и } \bar{s}_1 < \sqrt{K_1 K_1'} \text{ и } \bar{s}_2 > \sqrt{K_2 K_2'}$ <p>(или все неравенства изменены на обратные).</p> $A_i = \frac{\mu_{\max,i} \bar{n}_i (K_i K_i' - \bar{s}_i^2)}{K_i' [K_i + \bar{s}_i + \bar{s}_i^2 / K_i']^2} \quad i = 1, 2$ <p>(Черточка над обозначением переменной указывает, что значение этой переменной относится к стационарному состоянию.)</p>
8	Для стационарного состояния приведенные выше неравенства указывают, что устойчивость возможна только в том случае, когда скорость роста одного вида лимитируется субстратом, а скорость роста другого вида ингибируется субстратом. С помощью соответствующих графиков покажите, почему такая система устойчива к возмущениям $s_1$ и $s_2$ и почему одновременное ограничение роста или ингибирование субстратом двух

видов приводит к неустойчивому стационарному состоянию.
---

### **Контрольные вопросы**

1. Что представляет собой мутуализм? Чем понятие «мутуализм» отличается от понятия «симбиоз»?
2. В чём заключается сложность моделирования мутуализма? Почему возникает эта проблема?
3. Опишите простую модель мутуализма Мейера. В чём заключается её особенность?
4. Какое уравнение описывает зависимость роста двух видов от общего субстрата  $s_3$ ?
5. Что описывает уравнение Эндрюса?

### **Библиография.**

1. Бейли Дж. Основы биохимической инженерии: в 2-х частях/Бейли Дж., Оллис Д: перевод А.А. Кирюшкиной, М.: Мир, 1989г.
2. Бигон, М. Экология. Особи популяції и сообщества[текст]: в 3-х томах. Т.3/М.Бигон, Дж.Харпер, К.Таунсент; перевод с англ. В.Н.Михеева, М.А.Сметкова.- место М:Мир, 1989.-667с.
3. Одум, Ю. Основы экологии[текст]/Ю.Одум; перевод с англ. Н.П.Наумнова, - место М:Мир, 1975.-741с.
4. Коробкин, В.И., Передельский Л.В. Экология: учебник для вузов/В.И.Коробкин, Л.В.Передельский.-Изд.12-е, доп. и перераб.- Ростов н/Д:Феникс, 2007.-602,[1]с.- (Высшее образование)
5. Степановских А.С. Экология :учебник для вузов.-М.:Юнити-Дана.2001.-703с.
6. Чернова, Н.М., Былова, А.М. Общая экология.- М:Дрофа.2004.-416с.

### **Практическая работа №18.**

#### **Моделирование стабилизационных физиологических систем**

**Цель:** овладение навыками исследования и моделирования стабилизационных физиологических систем.

#### **Краткие теоретические сведения.**



Отдельные физиологические системы организма связаны в единую систему высшего порядка - целостный живой организм. При анализе биологических управляющих систем, каждая из них может обрабатывать одновременно несколько механизмов управления.

Рассмотрим системы, выполняющие функции простого регулирования; стабилизации (гомеостаза), слежения и работы по какой-либо программе.

Задачей стабилизирующих систем является поддержание выходной величины на постоянном уровне ( $y = \text{const}$ ), обусловленном нормальной жизнедеятельностью. Такие системы называются гомеостатическими.

Процесс регулирования в них заключается в правильном выборе управляющего воздействия, позволяющего компенсировать влияние возмущающего воздействия, а также влияние изменения параметров подсистем этого контура.

Английский кибернетик У.Р. Эшби построил техническую модель системы, названная гомеостатом, которая имитирует процессы стабилизации существенных переменных в условиях, когда заранее неизвестно, в каком направлении надо изменять несущественные переменные. (Уильям Росс Эшби (англ. William Ross Ashby; 6 сентября 1903, Лондон, Англия, — 15 ноября 1972) — английский психиатр, специалист по кибернетике, пионер в исследовании сложных систем).

Гомеостат Эшби состоит из четырех одинаковых блоков (рисунок 1). В каждом блоке имеется гальванометр (используется для измерения постоянного тока, протекающего в цепи. Когда постоянный ток проходит сквозь катушку, в ней возникает магнитное поле. Оно взаимодействует с полем постоянного магнита, и катушка, вместе со стрелкой, поворачивается, указывая на протекающий через катушку электрический ток.), стрелка которого связана с движком реостата R (Реостат (потенциометр, переменное сопротивление, переменный резистор; от др. - греч.  $\rho\acute{\epsilon}\omicron\varsigma$  «поток» и  $\varsigma$  «стоящий») — электрический аппарат для регулировки и получения требуемой величины сопротивления. Как правило, состоит из проводящего элемента с устройством регулирования электрического сопротивления).

Изменение сопротивления может осуществляться как плавно, так и ступенчато. Изменением сопротивления цепи, в которую включен реостат, возможно достичь изменения величины тока или напряжения).

Электромагнит гальванометра снабжен обмотками, получающими питание через реостаты гальванометров других трех блоков и через переключатели П, изменяющие направление тока в этих обмотках. Переключатели срабатывают в случае, если стрелка гальванометра достигает крайнего положения. В оригинальной модели Эшби есть и другие вспомогательные элементы, не имеющие принципиального значения.

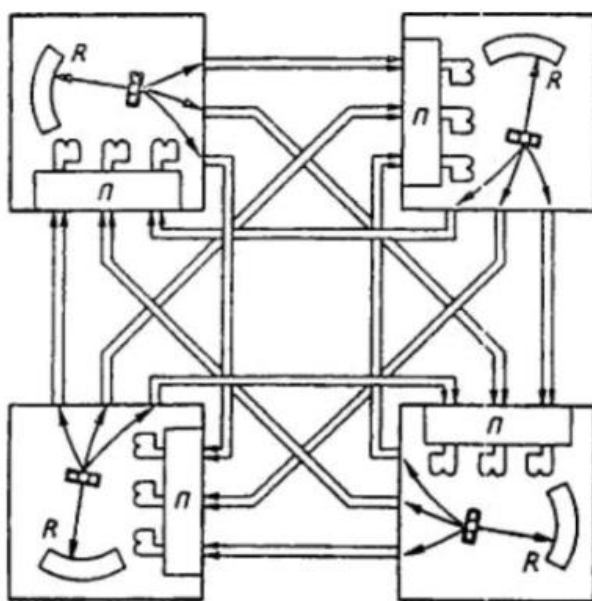


Рисунок 1. Схема гомеостата Эшби

Если установить стрелки гальванометров и переключатели в случайные положения и включить питание, то сразу начнется перемещение стрелок и связанных с ними движков реостатов всех гальванометров, поскольку перемещение стрелки каждого гальванометра изменяет токи, поступающие в обмотки остальных гальванометров. При этом в редких случаях движение прекращается раньше, чем стрелка хотя бы с одного гальванометра отклонится до упора. Однако в последнем случае произойдет изменение направления тока в какой-нибудь обмотке, и направление перемещения стрелки соответствующего гальванометра изменится на противоположное.

Спустя большее или меньшее число таких циклов гомеостат сам находит такое взаимное соединение обмоток и реостатов, при котором вся система оказывается в промежуточных положениях, не доходя до упоров.

Аналогичные процессы можно наблюдать, если по достижении гомеостатом равновесия принудительно отклонить стрелку какого-нибудь гальванометра или переключить направление тока в одной из обмоток.

Существенными переменными здесь являются положения стрелок, которые в стационарном состоянии не должны доходить до границ, определяемых упорами.

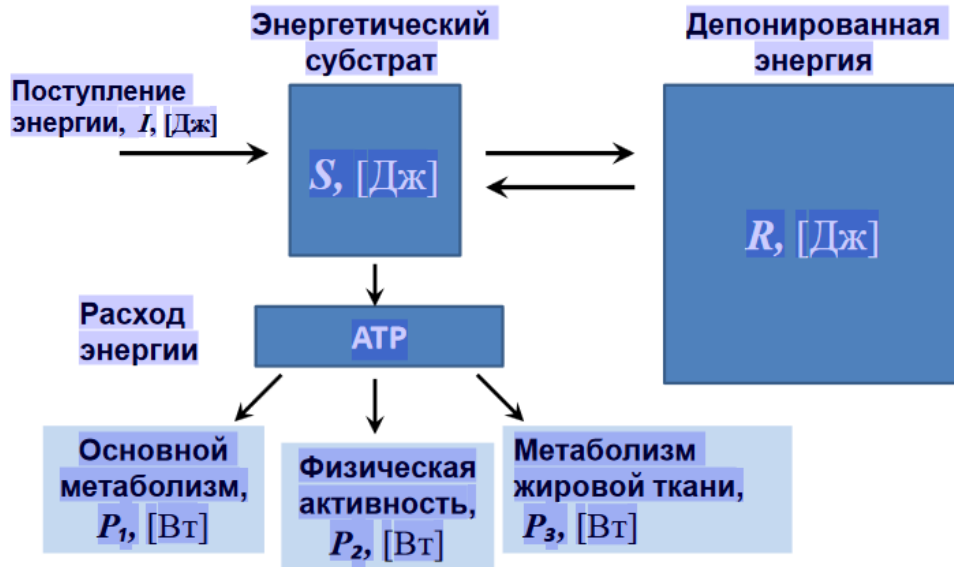
В концепцию рассматриваемой модели введено представление о так называемых ступенчатых функциях. Это - скачкообразное изменение рабочих характеристик или структуры системы, возникающее в случае, если действовавший до этого механизм не смог справиться с задачей стабилизации.

Именно такого рода ступенчатыми функциями являются подключения новых, более мощных механизмов регулирования (мышечного, дыхательного в системе терморегуляции), когда вследствие сильного изменения внешних условий (температуры) первоначально введенные механизмы (окислительный, кровеносный) оказываются недостаточными.

Кроме того, ступенчатые функции резко расширяют ассортимент доступных состояний системы и являются мощным средством обеспечения устойчивости систем с большим числом взаимосвязанных переменных.

Использование широкой сети датчиков не только регулируемой величины, но и воздействий, способных ее изменять, и наличие целого ряда регулирующих механизмов различной природы и мощности в сочетании со ступенчатыми функциями управления придают гомеопатическим системам завидную эффективность, гибкость и высокую надежность.

Рассмотрим гомеостаз на примере энергетической адаптации. Математическая модель энергетического гомеостаза имеет вид:



Переменные модели:  $S$  – энергоемкость энергетического субстрата во внеклеточной жидкости [Дж/л],  $R$  – количество зарезервированной энергии в форме жировой ткани [Дж],  $P_1$  – мощность основного обмена [Вт],  $P_2$  – мощность физической активности, [Вт],  $P_3$  – мощность метаболизма жировой ткани, [Вт],  $M_1$  – масса функциональной ткани, поддерживающий базовый метаболизм [г],  $M_2$  – масса функциональной ткани, обеспечивающей физическую активность [г],  $M_3$  – масса жировой ткани.

Уравнение энергетического субстрата:

$$\frac{dS}{dt} = k_{S1}(S^* - S)I - k_{S2}(P_1 + P_2 + P_3) - k_A(S - S^{\min}) + k_R R$$

Здесь  $S^*$  – это максимальный уровень энергии,  $S^{\min}$  – минимальный уровень энергии в энергетическом субстрате, при котором происходит резервирование энергии.

*Потребляемые мощности.* Мощность, потребляемая системой, зависит от количества доступной энергии и от функциональной целостности тканей:

•Основной метаболизм:

$$P_1 = k_{P1} M_1 (S - \rho_1 S^{\min})$$

Физическая активность:

$$P_2 = k_{P2} M_2 (S - \rho_2 S^{\min})$$

•Поддержание энергетического резерва:

$$P_3 = k_{P3}M_3(S - \rho_3S^{\min})$$

Математическая модель энергетического гомеостаза имеет вид:

$$\frac{dS}{dt} = k_{S1}(S^* - S)I - k_{S2}(P_1 + P_2 + P_3) - k_A(S - S^{\min}) + k_R R$$

$$\frac{dR}{dt} = k_A(S - S^{\min}) - k_R R$$

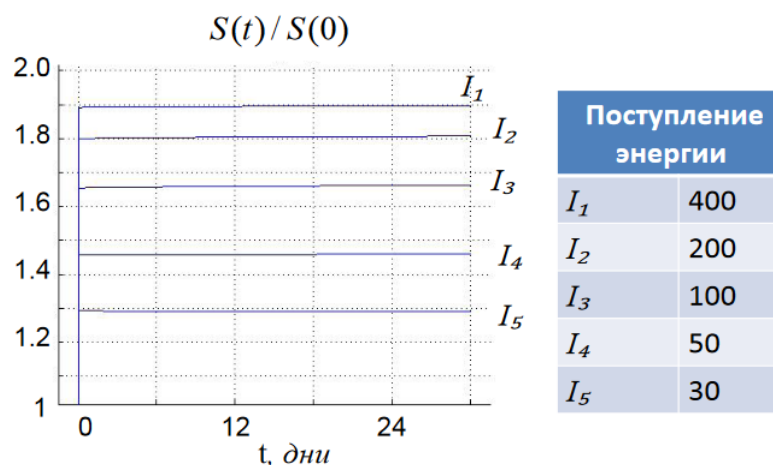
$$\frac{dM_1}{dt} = \alpha_1 P_1 \left(1 - \frac{M_1}{M_1^*}\right) - \sigma(P_1 + P_2 + P_3)M_1 - \mu M_1$$

$$\frac{dM_2}{dt} = \alpha_2 P_1 \left(1 - \frac{M_2}{M_2^*}\right) - \sigma P_3 M_3 - \mu M_3$$

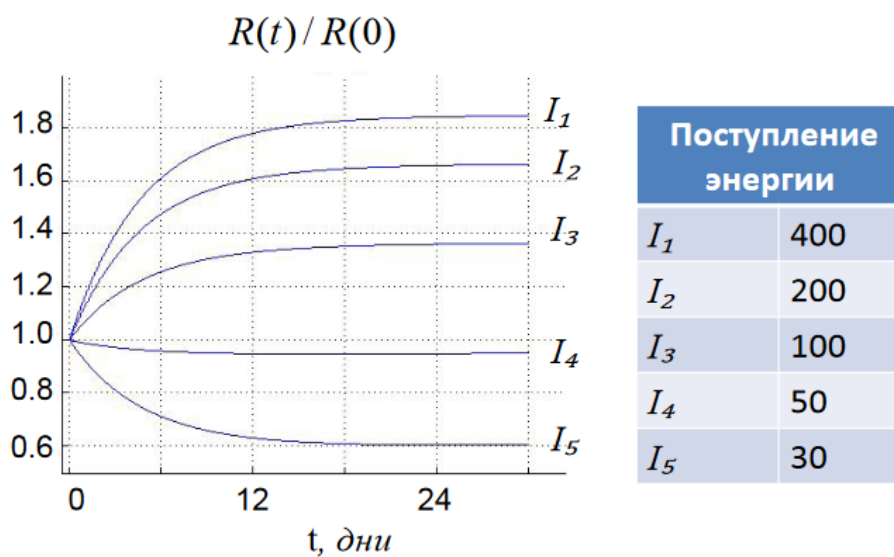
$$P_1 = k_{P1}M_1(S - \rho_1S^{\min}), \quad P_2 = k_{P2}M_2(S - \rho_2S^{\min})$$

$$P_3 = k_{P3}M_3(S - \rho_3S^{\min})$$

Динамика относительной энергоемкости энергетического субстрата в зависимости от интенсивности поступления энергии с пищей:



Динамика объема зарезервированной энергии в зависимости от интенсивности поступления энергии с пищей



### Индивидуальные задания.

Изучите соответствующие теоретические сведения и составьте рефераты на указанные темы :

№ варианта	Тема
1	«Математическое моделирование терморегуляции»
2	«Математическое моделирование $Ca^{2+}$ гомеостаза в нейронах»
3	«Моделирование гомеостаза методами классической теории автоматического регулирования»
4	«Математическая модель энергетического гомеостаза человека»
5	«Математическая модель клеточного гомеостаза»
6	«Особенности моделирования гомеостаза в

	старческом возрасте»
7	«Особенности моделирования гомеостаза в детском возрасте»
8	«Математическое моделирование фармакокинетических процессов»

### Контрольные вопросы

1. Что такое гомеостаз?
2. Что является задачей стабилизирующих систем?
3. Опишите гомеостат Эшби.
4. Опишите блоки, из которых состоит гомеостат Эшби.
5. Мощность, потребляемую системой, можно выразить тремя характеристиками. Какими? Укажите их уравнения.

### Библиография.

1. Алексеев А.А., Ларионова И.С., Дудина Н.А. Серия «Соединительно-тканная биология и медицина XXI века. Мезодермальная и альтернативная медицина». - М, 2001.
2. Бобров И.А., Готовский Ю.В., Мхитарян К.Н. Традиционная акупунктура с точки зрения современных теорий физиологии, патологии и терапии// Рефлексотерапия. - 2003.
3. Рявкин С.Ю., Рявкин А.Ю., Бахтина Е.А. Теоретические аспекты информационно-пептидной ДЭНС-ком-мутации. / ДЭНС - факультет. Архив научно-практических трудов. Теоретические, фундаментальные и методологические аспекты динамической электро-нейростимуляции. - Екатеринбург, 2004.
4. Калинин И.П. Титриметрические методы анализа. Примеры решения задач. Учебное пособие :[Текст] / И.П. Калинин, Т.Э. Маметнабиев - СПб.: СПбГТИ (ТУ), 2009.





## ТЕСТЫ ДЛЯ САМОКОНТРОЛЯ

(по книге Лекаж В. А. Ключ к пониманию физиологии: Учебное пособие. – М.: Едиториал УРСС, 2002. - 360 с.)

1. Как называется процесс перехода от одного устойчивого состояния к другому (причем разница между показателями, характеризующими эти состояния, может быть весьма значительной)?

А) Гомеокинез

Б) Гемостаз

В) Гомеостаз

Г) Болезнь

2. Гомеостаз - это ...

А) динамическое постоянство состава и свойств внутренней среды организма и его основных физиологических функций

Б) постоянство состава внутренней среды организма

В) постоянство биологических функций

Г) статическое постоянство состава и свойств внутренней среды организма

3. Гомеостаз обусловлен совокупностью...

А) взаимодействий на молекулярном, клеточном, органном и организменном уровнях

Б) взаимодействий на механическом уровне

В) взаимодействий на химическом уровне

Г) взаимодействий на физиологическом уровне

4. Физиологический смысл наличия щелочного резерва крови в том, что он связывает кислые продукты, которые в избытке образуются при мышечной деятельности. У человека, натренированного к выполнению значительной мышечной работы щелочной резерв ...

А) увеличен

Б) снижен

В) постоянно изменяется, чтобы адекватно реагировать на полученную нагрузку

Г) щелочной резерв не изменён, так как его количество в организме определяется генетически

5. Через какие пути осуществляется регуляция физиологических процессов?

- А) нервная и гуморальная регуляция
- Б) регуляция, осуществляемая центральной нервной системой
- В) костно-мышечная регуляция
- Г) сердечно-сосудистая регуляция

6. В процессе нервной регуляции управляющая информация передается при помощи ...

- А) импульсов возбуждения, которые распространяются по нервным волокнам к объектам управления
- Б) молекул биологически активных веществ, которые распространяются по нервным волокнам к объектам управления

В) механического сокращения или удлинения нервных волокон, идущих к объектам управления

Г) импульсов возбуждения, которые распространяются на кровь и изменяют её характеристики

7. При гуморальной регуляции носителями информации являются:

А) молекулы биологически активных веществ, поступающие в кровь и через нее действующие на органы, являющиеся объектами управления

Б) молекулы биологически активных веществ, которые распространяются по нервным волокнам к объектам управления

В) импульсов возбуждения, которые распространяются на кровь и изменяют её характеристики

Г) сокращения сосудистой стенки, переходящие на органы, являющиеся объектами управления

8. Нервная и гуморальная регуляция в организме ...

А) взаимосвязаны, действуют сочетано

Б) действуют по отдельности, исключая друг друга, в зависимости от ситуации

В) на разных этапах онтогенеза сменяют друг друга

Г) в эволюционно более развитых организмах присутствует только нервная регуляция

9. Если необходимо вернуть систему в исходное состояние, иначе говоря, уменьшить возникшее отклонение, свести его к нулю, то такая связь называется

- А) отрицательная обратная связь
- Б) положительная обратная связь
- В) отрицательная прямая связь
- Г) положительная прямая связь

10. Если необходим быстрый, скачкообразный переход в новое состояние, и возникшее отклонение нужно не уменьшать, а наоборот, еще более увеличивать, то такая связь называется

- А) положительная обратная связь
- Б) отрицательная обратная связь
- В) отрицательная прямая связь
- Г) положительная прямая связь

11. Регулирование по отклонению состоит в том, что ...

- А) система реагирует на любое отклонение выходной переменной от заданного уровня (рассогласование)
- Б) система реагирует на сигналы, которые сообщают не о том, что отклонение уже произошло, а о том, что оно может произойти в будущем
- В) система реагирует на возникшее в ней отклонение тем сильнее, чем больше величина этого отклонения
- Г) система реагирует на скорость возникающего отклонения

12. Регулирование по возмущению состоит в том, что ...

- А) система реагирует на сигналы, которые сообщают не о том, что отклонение уже произошло, а о том, что оно может произойти в будущем
- Б) система реагирует на любое отклонение выходной переменной от заданного уровня (рассогласование)
- В) система реагирует на возникшее в ней отклонение тем сильнее, чем больше величина этого отклонения
- Г) система реагирует на скорость возникающего отклонения

13. Условный рефлекс

- А) наследуется потомством, но не сохраняется в течение жизни
- Б) легко приобретается и теряется организмом в течение жизни
- В) наследуется потомством от родителей и сохраняется в течение

Г) является постоянной реакцией организма на строго определенные раздражители внешней среды

14. Пример условного рефлекса у кошки

- А) выделение слюны во время еды
- Б) отдергивание лапы при ожоге
- В) реакция на кличку
- Г) реакция на резкий звук

15. Кто из российских ученых ввел термины условный и безусловный рефлексы

- А) И. П. Павлов
- Б) П. К. Анохин
- В) И. М. Сеченов
- Г) А. А. Ухтомский

16. Центры условных рефлексов, в отличие от безусловных, расположены у человека в

- А) коре больших полушарий
- Б) продолговатом мозге
- В) мозжечке
- Г) среднем мозге

17. Слюноотделение у человека при виде лимона – рефлекс

- А) условный
- Б) безусловный
- В) защитный
- Г) ориентировочный

18. Условные рефлексы у человека образуются в процессе

- А) индивидуального развития
- Б) формирования вида
- В) исторического развития
- Г) образования зародыша

19. Примером условного рефлекса является

- А) выделение слюны при виде разрезанного лимона
- Б) выделение слюны во время кормления
- В) сужение зрачка при воздействии сильного света
- Г) отдергивание руки при внезапном уколе

20. Если не подкреплять условный рефлекс безусловным, то у собаки

- А) формируется новый безусловный рефлекс

- Б) исчезают безусловные рефлексы
  - В) приобретает новый условный рефлекс
  - Г) наступает торможение условного раздражителя
21. Реакция ребёнка на бутылочку с молоком - это рефлекс, который
- А) передаётся по наследству
  - Б) формируется без участия коры больших полушарий
  - В) приобретаются в течение жизни
  - Г) сохраняется в течение всей жизни
22. Защитный рефлекс чихания
- А) не передается по наследству
  - Б) является условным
  - В) ослабевает в течение жизни
  - Г) характерен для всех особей вида
23. При выработке условного рефлекса условный раздражитель должен
- А) действовать через 2 часа после безусловного
  - Б) следовать сразу после безусловного
  - В) предшествовать безусловному
  - Г) постепенно ослабляться
24. Реакции, приобретенные человеком и животными в течение жизни и обеспечивающие приспособление к меняющимся условиям среды, называют
- А) условными рефлексами
  - Б) инстинктами
  - В) безусловными рефлексами
  - Г) рефлексами, передающимися по наследству
25. Основу нервной деятельности человека и животных составляет
- А) мышление
  - Б) инстинкт
  - В) возбуждение
  - Г) рефлекс
26. Безусловный рефлекс
- А) передается по наследству
  - Б) приобретается в течение жизни
  - В) вырабатывается на определенные сигналы
  - Г) лежит в основе различных внешних сигналов

27. Основу нервной деятельности человека и животных составляет

- А) мышление
- Б) рассудочная деятельность
- В) возбуждение
- Г) рефлекс

28. Безусловные рефлексы человека и животных обеспечивают

- А) приспособление организма к постоянным условиям среды
- Б) приспособление организма к меняющемуся внешнему миру
- В) освоение организмом новых двигательных умений
- Г) различение животными команд дрессировщика

29. Реакция человека на зеленый цвет светофора – это рефлекс

- А) врожденный
- Б) приобретенный
- В) безусловный
- Г) наследуемый

30. Выделение желудочного сока в ответ на раздражение пищей рецепторов ротовой полости

- А) возбуждение
- Б) торможение
- В) безусловный рефлекс
- Г) саморегуляция

31. Каковы особенности спинномозговых рефлексов у человека и млекопитающих животных?

- А) приобретаются в течение жизни
- Б) передаются по наследству
- В) различны у разных особей
- Г) позволяют организму выжить в изменяющихся условиях среды

32. Угасание условного рефлекса при неподкреплении его безусловным раздражителем – это

- А) безусловное торможение
- Б) условное торможение
- В) рассудочное действие
- Г) осознанный поступок

33. Биологическое значение условных рефлексов для организма состоит в том, что они

- А) поддерживают постоянство внутренней среды
- Б) видоспецифичны и сохраняются в течение всей жизни

В) способствуют взаимодействию функциональных систем  
Г) обеспечивают приспособление к изменяющимся условиям среды

34. В процессе жизни животные приобретают рефлексy

- А) безусловные
- Б) передающиеся по наследству
- В) характерные для всех особей данного вида
- Г) позволяющие им выживать в изменяющихся условиях

35. Условным рефлексом у человека является

- А) сужения зрачка при ярком свете
- Б) поворот головы на резкий звук
- В) выделение слюны при попадании пищи в ротовую полость
- Г) реакция на смысл слова

36. Примером условного рефлекса может служить

- А) умение кататься на велосипеде
- Б) выделение слюны при еде
- В) желание спать при усталости
- Г) чихание и кашель

37. Условные рефлексy человека и животных обеспечивают

- А) приспособление организма к постоянным условиям среды
- Б) приспособление организма к меняющемуся внешнему миру
- В) освоение организмом новых двигательных, умений
- Г) различение животными команд дрессировщика

38. Врождённые рефлексy

- А) являются видовыми признаками организма
- Б) характерны для отдельных особей вида
- В) требуют дополнительных условий для осуществления
- Г) не передаются по наследству

39. Безусловные рефлексy

- А) вырабатываются у каждой особи в течение жизни
- Б) со временем затухают и исчезают
- В) индивидуальны для каждой особи
- Г) являются врожденными и передаются по наследству

40. К микроуровню относятся:

- А) уровень углекислого газа в крови
- Б) выделение слюны
- В) сокращение мышцы
- Г) переваривание пищи

41. К макроуровню относятся:

- А) выбрасывание крови сердцем
- Б) диффузия кислорода через альвеолярно-капиллярную мембрану
- В) блокада препаратом возбуждения в синапсах
- Г) количество общего билирубина в сыворотке крови

42. Состояние любой системы можно охарактеризовать двумя термодинамическими параметрами -

- А) свободная энергия и энтропия
- Б) волна и частица
- В) масса и объем
- Г) скорость и градиент

43. Правило АРР-ВС состоит в том, что:

- А) необходимо построить узлы пересечения рассматриваемых систем и сравнить различия в узлах пересечения с особенностями ожидаемых или уже полученных результатов
- Б) производят сравнение систем и находят элемент, особенности которого определяют различия систем в целом
- В) обращают внимание на то, как работает элемент, в чем состоят особенности процессов, которые он обеспечивает
- Г) для объяснения свойств системы, в первую очередь необходимо найти тот ее структурный элемент, который определяет данную особенность системы

44. Сравнительный анализ систем (правило САС) основан на том, что:

- А) производят сравнение систем и находят элемент, особенности которого определяют различия систем в целом
- Б) необходимо построить узлы пересечения рассматриваемых систем и сравнить различия в узлах пересечения с особенностями ожидаемых или уже полученных
- В) обращают внимание на то, как работает элемент, в чем состоят особенности процессов, которые он обеспечивает
- Г) для объяснения свойств системы, в первую очередь необходимо найти тот ее структурный элемент, который определяет данную особенность системы

45. Физиологическая регуляция – это ...

- А) совокупность изменений, которые происходят в организме в ответ на воздействие факторов внешней и внутренней среды,



осуществляются специальными механизмами и приводят к приспособительному, полезному для организма результату.

Б) физико-химические показатели, которые в нормально функционирующем организме могут изменяться лишь в очень небольших пределах.

В) минимальные энергетические затраты, которые осуществляются в организме в условиях полного физического и эмоционального покоя.

Г) приспособление живой системы к постоянно или достаточно чисто действующему фактору.

46. Адаптация – это ...

А) приспособление живой системы к постоянно или достаточно чисто действующему фактору.

Б) совокупность изменений, которые происходят в организме в ответ на воздействие факторов внешней и внутренней среды, осуществляются специальными механизмами и приводят к приспособительному, полезному для организма результату.

В) физико-химические показатели, которые в нормально функционирующем организме могут изменяться лишь в очень небольших пределах.

Г) минимальные энергетические затраты, которые осуществляются в организме в условиях полного физического и эмоционального покоя.

47. Основной обмен – это ...

А) минимальные энергетические затраты, которые осуществляются в организме в условиях полного физического и эмоционального покоя.

Б) приспособление живой системы к постоянно или достаточно чисто действующему фактору.

В) совокупность изменений, которые происходят в организме в ответ на воздействие факторов внешней и внутренней среды, осуществляются специальными механизмами и приводят к приспособительному, полезному для организма результату.

Г) физико-химические показатели, которые в нормально функционирующем организме могут изменяться лишь в очень небольших пределах.

48. Анализ системы структурный - основан на то, что:

А) для объяснения свойств системы, в первую очередь необходимо найти тот ее структурный элемент, который определяет данную особенность системы

Б) обращают внимание на то, как работает элемент, в чем состоят особенности процессов, которые он обеспечивает

В) производят сравнение двух систем и находят элемент, особенности которого определяют различия систем в целом

Г) необходимо построить узлы пересечения рассматриваемых систем и сравнить различия в узлах пересечения с особенностями ожидаемых или уже полученных результатов

49. К теплоотдаче приводит:

А) кровоток в коже

Б) произвольные сокращения мышц

В) мышечная дрожь

Г) несократительный термогенез

50. Передача сигналов от управляющего элемента к объекту управления называется

А) прямой связью

Б) обратной связью

В) гомеостазом

Г) гомеокинезом

51. Обратная связь - это ...

А) передача в управляющий элемент информации о состоянии объекта управления

Б) передача информации от управляющего элемента к объекту управления

В) передача информации от организма в окружающую среду

Г) передача информации от окружающей среды в организм

52. Рефлекс - это ...

А) реакция организма на внешнее или внутреннее воздействие при посредстве центральной нервной системы

Б) реакция организма на внешнее воздействие при посредстве нервной системы

В) реакция организма на внутреннее воздействие без участия нервной системы

Г) реакция организма на внешнее или внутреннее воздействие при посредстве периферической нервной системы

53. Свободная энергия – это ...

А) часть общей энергии, которая может быть превращена в работу

Б) мера неупорядоченности системы, хаотичности ее состояния

В) изменение величины во времени

Г) изменение величины в пространстве

54. Энтропия - это ...

А) мера неупорядоченности системы, хаотичности ее состояния

Б) часть общей энергии, которая может быть превращена в работу

В) изменение величины во времени

Г) изменение величины в пространстве

55. Скорость – это ...

А) изменение величины во времени

Б) мера неупорядоченности системы, хаотичности ее состояния

В) изменение величины в пространстве

Г) часть общей энергии, которая может быть превращена в работу

56. Градиент - это ...

А) изменение величины в пространстве

Б) изменение величины во времени

В) мера неупорядоченности системы, хаотичности ее состояния

Г) часть общей энергии, которая может быть превращена в работу

57. Анализ системы функциональный - основан на то, что

А) обращают внимание на то, как работает элемент, в чем состоят особенности процессов, которые он обеспечивает

Б) для объяснения свойств системы, в первую очередь необходимо найти тот ее структурный элемент, который определяет данную особенность системы

В) производят сравнение двух систем и находят элемент, особенности которого определяют различия систем в целом

Г) необходимо построить узлы пересечения рассматриваемых систем и сравнить различия в узлах пересечения с особенностями ожидаемых или уже полученных результатов

58. На макроуровне рассматриваются

А) физиологические реакции, связанные с деятельностью соответствующих систем или органов как таковых

Б) химические и физические реакции, протекающие на уровне молекул и ионов

В) взаимодействия организма с окружающей средой

Г) биосфера, гидросфера и ноосфера

59. На микроуровне рассматриваются

А) химические и физические реакции, протекающие на уровне молекул и ионов

Б) физиологические реакции, связанные с деятельностью соответствующих систем или органов как таковых

В) взаимодействия организма с окружающей средой

Г) биосфера, гидросфера и ноосфера

60. На макроуровне НЕ происходит определение ...

А) количества гормона, выделяемого железой

Б) силы сокращения мышцы

В) частоты дыхания

Г) объёма крови, выбрасываемой сердцем за одну систолу

61. Правила анализа физиологических систем:

А) АСС – анализ системы структурный, АСФ – анализ системы функциональный, САС – сравнительный анализ систем, АРР-ВС – анализ различных результатов взаимодействия систем

Б) АСН – анализ системы нормальный, САС – сравнительный анализ систем, АРР-ВС – анализ различных результатов, БХА – биохимический анализ

В) ДДА – дифференциально-диагностический анализ, ЛАРР – лабораторный анализ различных результатов, РСА – рентген-структурный анализ, МА – математический анализ

Г) ПС – прямая связь, ОС – обратная связь, РП – регуляторный процесс, ФР – физиологическая реакция

62. Законы управления (регулирования) в различных системах изучает ...

А) кибернетика

Б) физиология

В) системный анализ

Г) рефлексология

63. Что такое спинной мозг?

А) орган ЦНС позвоночных, расположенный в позвоночном канале

Б) единственная ткань взрослого организма, в норме содержащая большое количество незрелых, недифференцированных и низкодифференцированных клеток, так называемых стволовых клеток

В) жизненно важная железа внешней секреции

Г) самый крупный лимфоидный орган у позвоночных

64. Что такое рефлекторная дуга?

А) путь, проходимый нервными импульсами при осуществлении рефлекса

Б) нервное звено, воспринимающее раздражение

В) нервный центр

Г) орган, который осуществляют передачу от нервного центра к эффектору

65. Что такое рецептор?

А) нервное звено, воспринимающее раздражение

Б) нервный центр

В) путь, проходимый нервными импульсами при осуществлении рефлекса

Г) орган, который осуществляют передачу от нервного центра к эффектору

66. Что такое устойчивость?

А) вид реакции системы на возмущающие воздействия различного вида, вызывающие отклонения системы от заданного положения или движения

Б) устойчивость движений

В) разность между заданным и фактическим состоянием системы

Г) способность не противостоять различным неизбежным воздействиям

67. Что такое устойчивая система?

А) динамическая система, обладающая ограниченной реакцией на ограниченный входной сигнал

Б) нединамическая система, обладающая ограниченной реакцией на ограниченный входной сигнал

В) нединамическая система, обладающая неограниченной реакцией на ограниченный входной сигнал

Г) нединамическая система, обладающая неограниченной реакцией на неограниченный входной сигнал

68. Что представляет собой эпидемия? (выберите наиболее точное определение)

А) это состояние, когда заболеваемость значительно превышает уровень спорадической заболеваемости данной болезнью

Б) это состояние, когда заболеваемость незначительно превышает уровень спорадической заболеваемости данной болезнью

В) это постоянно регистрируемая на определенной территории заболеваемость, свойственная данной местности

Г) это заболеваемость несвойственная данной местности

69. Мутуализм представляет собой:

А) симбиотические взаимоотношения, когда оба сожительствующих вида извлекают взаимную пользу

Б) тип отношений, когда каждый из видов оказывает на другой неблагоприятное действие

В) использование одними видами других (их тел или их жилищ) в качестве убежища или жилища

Г) такой тип взаимоотношений, при котором представители одного вида поедают (уничтожают) представителей другого, т. е. организмы одного вида служат пищей для другого

70. Что представляет собой координационная деятельность ЦНС?

А) согласованную работу нейронов ЦНС, основанную на взаимодействии нейронов между собой

Б) несогласованную работу нейронов ЦНС, основанную на взаимодействии нейронов между собой

В) работу нейронов

Г) обеспечивает координацию движений

71. Что представляет собой принцип конвергенции?

А) при возбуждении большого количества нейронов возбуждение может сходиться к одной группе нервных клеток

Б) согласованная работа нервных центров, особенно у противоположных рефлексов (сгибание, разгибание и т.д.)

В) при возбуждении небольших групп нейронов возбуждение распространяется на значительное количество нейронов

Г) в ЦНС существует определенная подчиненность отделов друг другу, высшим отделом является кора головного мозга

72. Что представляет собой принцип субординации?

А) в ЦНС существует определенная подчиненность отделов друг другу, высшим отделом является кора головного мозга

Б) при возбуждении небольших групп нейронов возбуждение распространяется на значительное количество нейронов

В) при возбуждении большого количества нейронов возбуждение может сходиться к одной группе нервных клеток

Г) согласованная работа нервных центров, особенно у противоположных рефлексов (сгибание, разгибание и т.д.)

73. Что представляет собой принцип реципрокности?

А) согласованная работа нервных центров, особенно у противоположных рефлексов (сгибание, разгибание и т.д.)

Б) при возбуждении небольших групп нейронов возбуждение распространяется на значительное количество нейронов

В) при возбуждении большого количества нейронов возбуждение может сходиться к одной группе нервных клеток

Г) в ЦНС существует определенная подчиненность отделов друг другу, высшим отделом является кора головного мозга

74. Что такое контур?

А) замкнутый путь, который начинается и заканчивается в одном и том же узле, причем ни один узел не встречается на этом пути дважды

Б) путь, который начинается в одном узле и заканчивается в другом узле, причем ни один узел не встречается на этом пути дважды

В) замкнутый путь, который начинается и заканчивается в одном и том же узле, причем один и тот узел может встречаться на пути неограниченное число раз

Г) путь, который состоит из двух узлов - начального и конечного

75. Интеллектуальный анализ данных (Data Mining) — это ...

А) процесс поддержки принятия решений, основанный на поиске в данных скрытых закономерностей, при этом накопленные сведения автоматически обобщаются до информации, которая может быть охарактеризована как знания.

Б) компьютерная автоматизированная система, целью которой является помощь людям

В) многоконтурная замкнутая система со множеством прямых и обратных нервных и гормональных связей

Г) процесс сбора первичных данных для дальнейшей их обработки

76. Что такое доминанта?

А) это господствующий очаг стойкого, неколеблущегося, нераспространяющегося возбуждения в ЦНС в данный момент

Б) очаг первичного возбуждения, вслед за которым активируются остальные центры ЦНС

В) заблокированный центр головного мозга

Г) периодически возникающее возбуждение в определённом центре коры головного мозга

77. Что представляет собой принцип иррадиации?

А) при возбуждении небольших групп нейронов возбуждение распространяется на значительное количество нейронов

Б) согласованная работа нервных центров, особенно у противоположных рефлексов (сгибание, разгибание и т.д.)

В) при возбуждении большого количества нейронов возбуждение может сходиться к одной группе нервных клеток

Г) в ЦНС существует определенная подчиненность отделов друг другу, высшим отделом является кора головного мозга

78. Рефлекторная дуга включает в себя:

А) рецептивное поле, афферентный путь, центральную часть, эфферентный путь и эффектор

Б) рецептор, проводящий нерв, соответствующий центр в головном мозге

В) двигательный центр головного мозга, путь по проводящим нервам, мышца-эффektor

Г) рецептивное поле, центральную часть, эффektor

79. Главное условие рефлекторной реакции - это

А) прохождение возбуждения через нейроны центральной нервной системы

Б) раздражение рецептора

В) создание специфических условий внешней среды

Г) раздражение двигательного нерва

80. При высокой температуре среды организму необходимо увеличить теплоотдачу, чтобы предотвратить перегревание. Это пример действия принципа

А) целесообразности

Б) эволюционности



В) адаптивности

Г) регуляции физиологических функций

81. При сильной боли работа почек может временно затормозиться вплоть до полного прекращения образования мочи. Это пример

А) эволюционного принципа

Б) принципа целесообразности

В) принципа адаптивности

Г) принципа регуляции физиологических функций

82. Укажите НЕПРАВИЛЬНОЕ утверждение:

А) Межклеточная жидкость - хороший изолятор.

Б) Возбуждение в нерве – это поток нервных импульсов.

В) Нервные импульсы – это потенциалы действия.

Г) Элемент, находящийся между безмякотными волокнами, – это межклеточная жидкость.

83. Электропроводность – это ...

А) способность проводить электрический ток

Б) разность между уровнями мембранного потенциала и критического уровня деполяризации

В) способность отвечать на раздражение возникновением процесса возбуждения

Г) разность зарядов по обе стороны мембраны

84. Пороговый потенциал – это ...

А) разность между уровнями мембранного потенциала и критического уровня деполяризации

Б) разность зарядов по обе стороны мембраны

В) способность проводить электрический ток

Г) способность отвечать на раздражение возникновением процесса возбуждения

85. Устойчивость системы - это ...

А) возможность возврата к устойчивому состоянию при внешних воздействиях

Б) реакция на внезапное изменение входной величины

В) реакция на внезапные изменения внутренней среды

Г) возможность реагировать на внешние изменения

86. Скорость реакций в организме от температуры имеет зависимость

А) экспоненциальную

- Б) линейную
- В) гиперболическую
- Г) колебательную

87. Возбудимость – это ...

- А) способность отвечать на раздражение возникновением процесса возбуждения
- Б) способность проводить электрический ток
- В) разность зарядов по обе стороны мембраны
- Г) разность между уровнями мембранного потенциала и критического уровня деполяризации

88. Поляризация – это ...

- А) разность зарядов по обе стороны мембраны
- Б) способность отвечать на раздражение возникновением процесса возбуждения
- В) разность между уровнями мембранного потенциала и критического уровня деполяризации
- Г) способность проводить электрический ток

89. Астения - это ...

- А) быстрая утомляемость
- Б) плохое настроение
- В) нарушение поддержания нормального мышечного тонуса
- Г) отсутствие стенозов

90. Та часть системы, которая меняет свое состояние под влиянием поступающей в нее информации, называется ...

- А) объект управления
- Б) управляющий элемент
- В) прямая связь
- Г) квазисистема

91. Та часть системы, которая посылает информацию в объект управления, называется ...

- А) управляющий элемент
- Б) физиологический процесс
- В) обратная связь
- Г) кибернетика

92. Объектом управления НЕ являются ...

- А) нервные центры головного мозга, от которых идут сигналы к мышцам
- Б) сосуды в различных участках тела

- В) скелетные мышцы
- Г) железы внутренней секреции

93. Атония - это...

- А) нарушение поддержания нормального мышечного тонуса
- Б) быстрая утомляемость
- В) повышение тонуса сгибателей
- Г) повышение тонуса разгибателей

94. Что такое нейрон?

- А) структурно-функциональная единица нервной системы, представляющая собой электрически возбудимую клетку, которая обрабатывает, хранит и передает информацию посредством электрических и химических сигналов
- Б) это вид рефлекторной дуги, по которой проходят врождённые рефлексы
- В) вид расстройства функции нервной системы, характеризующийся повышенной возбудимостью и утомляемостью
- Г) неопределённое, беспредельное и бесконечное первовещество, всё возникло путём выделения из него противоположностей

95. Что такое аксон?

- А) обычно длинный отросток нейрона, приспособленный для проведения возбуждения и информации от одного нейрона к другому нейрону или от нейрона к исполнительному органу
- Б) короткий и сильно разветвлённый отросток нейрона, служащий главным местом образования влияющих на нейрон возбуждающих и тормозных синапсов, и который передаёт возбуждение к телу нейрона
- В) место контакта между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал эффекторной клеткой
- Г) это нарушение сна, характеризующееся трудностью засыпания, чутким сном и ранним пробуждением

96. Что такое дендрит?

- А) короткий и сильно разветвлённый отросток нейрона, служащий главным местом образования влияющих на нейрон возбуждающих и тормозных синапсов, и который передаёт возбуждение к телу нейрона

Б) обычно длинный отросток нейрона, приспособленный для проведения возбуждения и информации от одного нейрона к другому нейрону или от нейрона к исполнительному органу

В) место контакта между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал эффекторной клеткой

Г) клетка проводящего слоя древесины, через которую проходит вода и питательные вещества

97. Что такое синапс?

А) место контакта между двумя нейронами или между нейроном и получающей сигнал эффекторной клеткой

Б) короткий и сильно разветвлённый отросток нейрона, служащий главным местом образования влияющих на нейрон возбуждающих и тормозных синапсов, и который передаёт возбуждение к телу нейрона

В) обычно длинный отросток нейрона, приспособленный для проведения возбуждения и информации от одного нейрона к другому нейрону или от нейрона к исполнительному органу

Г) нейрон, секретирующий высокоактивные вещества

98. По принципу действия синапсы бывают (укажите НЕПРАВИЛЬНЫЙ ответ):

А) иррадианальными

Б) химическими

В) электрическими

Г) смешанными

99. Что такое компартмент?

А) некоторое количество вещества, выступающее в процессах транспорта и обмена как самостоятельная единица

Б) концентрация рассматриваемого вещества

В) уравнения в частных производных, которые используются для описания потоков вещества и энергии в пространстве

Г) метод исследования головного мозга, основанный на регистрации его суммарных электрических потенциалов

100. Электроэнцефалография - это ...

А) метод исследования головного мозга, основанный на регистрации его суммарных электрических потенциалов

Б) метод лечения нарушений деятельности головного мозга, основанный на подаче слабых импульсов в определённые зоны

В) способ оценки уровня кровотока в головном мозге, основанный на записи электрических потенциалов движения крови

Г) это диагноз нарушений проводимости и возбудимости в клетках мозга

101. Что такое надпочечники?

А) парные эндокринные железы, которые располагаются рядом с верхним полюсом каждой почки

Б) части почек, ответственные за выделение гормонов

В) узлы лимфатической ткани, контролирующие функции почек

Г) центры нервной системы, влияющие на работу почек

102. Что такое кислотно-щелочное равновесие?

А) относительное постоянство соотношения кислота-основание внутренней среды живого организма

Б) это гомеостаз во всех его проявлениях

В) характеристика химических реакций, используемых в лабораториях

Г) важный параметр в потребляемой пище

103. Сдвиг рН в кислую сторону называется ...

А) ацидоз

Б) алкалоз

В) аскаридоз

Г) анурия

104. Сдвиг рН в щелочную сторону называется ...

А) алкалоз

Б) ацидоз

В) амилоидоз

Г) ангидроз

105. Автоматия сердца - это ...

А) способность сердца сокращаться под действием импульсов, возникающих в нем самом

Б) проводящая система сердца

В) сократительные волокна сердца

Г) повышенная возбудимость и сократимость клеток рабочего миокарда

106. Давление, оказываемое кровью на стенки артериальных сосудов, называется ...

А) артериальное давление

- Б) пульсовое давление
- В) среднее динамическое давление
- Г) капиллярное давление

107. При увеличении силы сокращений сердце выбрасывает значительно больше крови - дополнительную порцию выбрасываемой при этом крови называют

- А) резервным объемом
- Б) остаточным объемом
- В) минутный выброс
- Г) конечнодиастолический объем

108. Цветовой показатель – характеризует соотношение между количеством гемоглобина крови и числом ...

- А) эритроцитов
- Б) лейкоцитов
- В) лимфоцитов
- Г) сердечных сокращений

109. И овальное, и круглое окно в костной капсуле улитки затянуты эластичной мембраной. Если бы эта мембрана стала жесткой, восприятие звуков резко нарушилось бы. Почему?

- А) перилимфа не могла бы смещаться, и раздражения рецепторов не происходило бы
- Б) нарушилась бы целостность нервов, обеспечивающих прохождение импульсов к центрам слуха головного мозга
- В) из-за толщины перегородок интенсивность звуков бы уменьшилась, и они стали бы хуже различимы
- Г) появились бы шумы из-за трения перилимфы о толстые перегородки

110. КЧСМ является более низкой для слабых вспышек света. Определяли раздельно КЧСМ для палочек и колбочек. В каком случае величина КЧСМ оказалась выше?

- А) для палочек будет ниже, а для колбочек – выше
- Б) для палочек будет выше, а для колбочек – ниже
- В) для палочек и колбочек уровень будет одинаково низким
- Г) для палочек и колбочек уровень будет одинаково высоким

111. Чтобы проверить, заряжена ли батарейка, электроды ее полюсов прикладывают к языку. На чем основан этот старинный способ?

А) деполяризация мембран рецепторных клеток приводит к возбуждению во вкусовых сосочках языка и возникновению ощущения кислого вкуса

Б) на языке возникает электрофорез, сопровождающийся сильным нагреванием тканей

В) при заряженной батарейке возникает ощущение "искр из глаз"

Г) деполяризация мембран рецепторных клеток приводит к возникновению ощущения шипения и булькания на языке

112. У дальновзоркого человека отсутствуют очки, а ему необходимо прочесть всего несколько слов. Как это сделать, не используя никаких приспособлений?

А) нужно смотреть на текст через небольшое отверстие, образованное большим и указательным пальцами руки

Б) отойти как можно дальше

В) поднести текст поближе и попытаться разобрать буквы на бумаге

Г) надо поморгать почаще, чтобы увеличилось смачивание роговицы и создалась дополнительная "линза"

113. Если во время сильного волнения проверить вкусовые ощущения человека, то будут они усилены или ослаблены по сравнению с обычным состоянием?

А) ослаблены

Б) усилены

В) не изменятся

Г) изменятся качественным образом (например, солёное станет восприниматься как кислое)

114. Ночью предметы видны лучше, если не смотреть прямо на них. Как Вы объясните это с кибернетической точки зрения?

А) свет падает на периферические участки сетчатки, в которых находятся палочки, обладающие более высокой чувствительностью к слабому свету

- Б) это полезный приспособительный результат, который сложился в процессе жизни конкретного испытуемого
- В) световой пучок тогда проходит через более толстый слой оптических систем глаза
- Г) исключается попадание пучка света в слепое пятно сетчатки

115. .... – это процесс перехода от одного устойчивого состояния к другому, причем разница между показателями, характеризующими эти состояния, может быть весьма значительной.

- А) Гомеокинез
- Б) Гемостаз
- В) Гомеостаз
- Г) Болезнь

116. Человек начинает работать в помещении с неприятным запахом. Однако через некоторое время он перестает ощущать этот запах. Почему?

- А) снизилась возбудимость соответствующего центра в головном мозге
- Б) часть рецепторов погибла
- В) из-за перевозбуждения проводящих нервов наступила их блокада
- Г) все перечисленные механизмы

117. Если бы клеточная мембрана была абсолютно непроницаема для ионов, как бы изменилась величина потенциала покоя?

- А) был бы равен нулю, т.к. потенциал возникает за счет диффузии ионов
- Б) увеличился, так как все ионы скапливались бы снаружи мембраны клетки
- В) уменьшился, так как все ионы скапливались бы внутри клетки
- Г) не изменился бы, так как потенциал не зависит от движения ионов

118. Эволюция пошла по пути создания специализированных органов дыхания. Почему легочное дыхание эффективнее кожного?



- А) суммарная поверхность альвеол лёгких больше, чем поверхность кожи
- Б) кожное дыхание - процесс пассивный, легочное - активный
- В) нервная регуляция легочного дыхания более эффективная
- Г) в связи с увеличением агрессивности среды, кожа стала выполнять защитные функции

119. У мужчин преобладает брюшной тип дыхания, а у женщин – грудной. Чем можно объяснить это различие?

- А) брюшной тип дыхания может быть для женщин невыгоден при беременности
- Б) у мужчин более низкий голос, а у женщин более высокий
- В) брюшная полость у мужчин больше, чем у женщин, в связи с необходимостью потребления большего количества пищи
- Г) все перечисленные механизмы

120. У собак слюна выделяется только во время еды, а у человека постоянно. В чем физиологический смысл такого различия?

- А) человек значительно чаще открывает рот в связи с речевой артикуляцией, поэтому слюна нужна для защиты от высушивания слизистой полости рта
- Б) человек постоянно хочет есть, в связи с более высоким метаболизмом, по сравнению с собакой
- В) у собаки объём вырабатываемой слюны при еде больше, а у человека не достаточный, поэтому требуется постоянная выработка
- Г) человек пьёт много воды, поэтому излишки выделяются постоянно со слюной

121. Глаз лягушки видит только движущиеся объекты, так как в природе лягушка питается насекомыми. Лабораторным лягушкам нужно много корма. Как учёные выходят из положения?

- А) используют кормушку в виде вращающейся карусели, по периметру которой размещены кусочки мяса
- Б) ловят и запускают в лягушатник живых мух в больших количествах
- В) кормят каждую лягушку вручную кусочками мяса

Г) выпускают всех лягушек в природную среду обитания и ловят их там перед опытами

122. Почему при одной и той же температуре воздуха мы больше зябнем в «слякотную» погоду, чем в сухую?

А) влажный воздух более теплопроводный, поэтому усиливается теплоотдача

Б) слякотная погода угнетает теплопродукцию

В) влажность воздуха препятствует испарению пота

Г) сигналы о влажности воздуха влияют на те нейроны в гипоталамусе, которые определяют уровень температуры тела

123. Почему под водой определить, откуда исходит звук, значительно трудней, чем в воздушной среде?

А) В воде скорость звука больше, поэтому разница между приходом звука в правое и левое полушария уменьшается, и мозг не может определить ее

Б) Плотность воды больше, поэтому звук оказывает большее давление на оба уха, чем подавляет их чувствительность

В) Вода поглощает звуковые волны, поэтому часть звуковой информации теряется

Г) В водной среде образуется слишком много шумов из-за трения воды о барабанные перепонки

124. Если бы размеры колбочек были в несколько раз больше, чем на самом деле, как изменилась бы при этом острота зрения?

А) снизилась, т.к. для отдельного восприятия близко стоящих объектов, лучи от них должны попасть в сетчатке на разные колбочки, разделенные хотя бы одной невозбужденной

Б) увеличилась, так как чем больше колбочки, тем больше их возможности к восприятию

В) не изменилась бы, так как структура глаза осталась бы той же самой

Г) ни один из перечисленных вариантов, так как острота зрения зависит от количества палочек, а не колбочек

125. Человек смотрит на группу людей и одновременно фотографирует ее. Отображение этой группы возникает и в мозгу, и на фотопленке. В каком случае имеет место обработка информации и в чем это выражается?

А) мозг обрабатывает информацию, а на фотопленке же фиксируется все без исключения и, обработки информации не происходит

Б) и в мозге, и на фотопленке изображение обрабатывается

В) в обоих случаях изображение не подвергается обработке

Г) отображение в мозге не обрабатывается, а на пленке обрабатывается

126. Человек страдает тугоухостью. Если при нем играют на скрипке или заставляют звучать камертон, он этого не слышит. Что сделать, чтобы он услышал хотя бы один из этих звуков?

А) Камертон можно приставить к голове испытуемого, в результате колебания камертона будут передаваться костям черепа, а от них рецепторному аппарату внутреннего уха

Б) Нужно играть на скрипке громче, в результате сила раздражителя будет больше, и человек сможет расслышать звуки

В) И скрипку, и камертон надо поднести ближе к уху испытуемого

Г) Без использования специальных аппаратов для улучшения слуха ничего сделать нельзя

127. В чем сущность закладывания ушей в самолете?

А) стенки евстахиевых труб спадаются, и давление на барабанную перепонку со стороны наружного уха не уравновешивается давлением со стороны среднего уха

Б) возникает головокружение и повышение внутричерепного давления, сопровождающееся ощущением закладывания ушей

В) усиливается секреция серных желез уха, приводящая к появлению пробок в ушах

Г) нарушается циркуляция слюны во рту, поэтому при глотании ощущение заложенности ушей пропадает

128. Для кого более опасны значительные водные нагрузки – для грудного младенца или для взрослого человека?

- А) для грудных младенцев, так как компенсаторные реакции почек пока еще весьма ограничены
- Б) для взрослого человека, так как компенсаторные реакции почек уже сильно истощены
- В) и для взрослого, и для младенца одинаково опасны
- Г) не представляют опасности, так как у человека есть развитая выделительная система

129. Почему больным гипертонической болезнью ставят пиявки?

- А) пиявки приводят к уменьшению количества крови, в результате чего снижается давление
- Б) пиявки выделяют в кровь гистамин, который вызывает сильное расширение множества капилляров, что приводит к снижению давления
- В) пиявки угнетают центры в головном мозге, ответственные за повышение давления
- Г) пиявки изменяют водно-солевой обмен таким образом, что в результате происходит снижение давления

130. Почему при беге учащается дыхание?

- А) образуется избыточное количество углекислого газа, который является стимулятором дыхательного центра
- Б) происходит активизация мышц не только ног, но и дыхательной мускулатуры
- В) увеличивается количество крови, за счет усиленного выброса её из мускулатуры, поэтому требуется усиленная вентиляция
- Г) повышается температура тела, для снижения которой учащается дыхание

131. Биохимическая перестройка, в ходе которой выделяется большое количество тепла в несокращающихся мышцах, называется ...

- А) несократительный термогенез
- Б) дрожь
- В) цикл Кребса
- Г) регрессионная кривая

132. Повышенное количество эритроцитов в крови у человека НЕ МОЖЕТ БЫТЬ обнаружено в ситуации:

- А) внутреннее или наружное кровотечение
- Б) пациент длительное время живет в горах на большой высоте
- В) человек, живущий на равнине, но страдающий патологической гипоксией
- Г) в результате какого-то патологического воздействия происходит постоянное раздражение тканей, которые прямо или косвенно участвуют в образовании эритроцитов

133. На какие группы делят рефлексы, которые регулируют тонус сосудов?

- А) на собственные и сопряженные
- Б) на прямые и обратные
- В) на сильные и слабые
- Г) линейные и экспоненциальные

134. Сосудистые рефлексы, возникающие при раздражении рецепторов сосудистых рефлексогенных зон, называются ...

- А) собственными
- Б) сопряженными
- В) систолическими
- Г) прессорными

135. Сосудистые рефлексы, возникающие при возбуждении рецепторов, расположенных вне сосудистого русла, называются ...

- А) сопряженными
- Б) собственными
- В) диастолическими
- Г) вазодилатационными

136. При ухудшении кровоснабжения мозга увеличивается концентрация углекислого газа и катионов водорода в нем. Они воздействуют на хеморецепторы ствола мозга, что приводит к ...

- А) сужению сосудов и росту артериального давления
- Б) расширению сосудов и росту артериального давления

- В) сужению сосудов и падению артериального давления
- Г) расширению сосудов и падению артериального давления

137. При повышении давления в сосудах малого круга возникает рефлекс Парина-Швигка, который состоит в том, что:

- А) сосуды расширяются, артериальное давление снижается, сердцебиения становятся реже
- Б) сосуды сужаются, артериальное давление снижается, сердцебиения становятся реже
- В) сосуды расширяются, артериальное давление повышается, сердцебиения становятся чаще
- Г) сосуды сужаются, артериальное давление повышается, сердцебиения становятся чаще

138. Основные элементы ЭКГ:

- А) зубец Р, комплекс QRS, зубец Т
- Б) четыре тона различной высоты (15-400 гц) и громкости: I, II, III, IV
- В) минутный выброс, систолический выброс, конечнодиастолический объем, резервный объем
- Г) индекс кровоснабжения, цветовой показатель

139. Основными методами исследования деятельности сердца являются следующие:

- А) электрокардиография, фонокардиография
- Б) электроэнцефалография
- В) электромиография
- Г) реовазометрия, спирометрия

140. Функции координационной деятельности (укажите НЕПРАВИЛЬНЫЙ ответ):

- А) обеспечивает ориентацию тела в пространстве
- Б) обеспечивает четкое выполнение определенных функций, рефлексов
- В) обеспечивает последовательное включение в работу различных нервных центров для обеспечения сложных форм деятельности

Г) обеспечивает согласованную работу различных нервных центров (при акте глотания в момент глотания задерживается дыхание, при возбуждении центра глотания тормозится центр дыхания)

141. В чем заключается роль синапсов ЦНС?

- А) передают возбуждение с одного нейрона на другой
- Б) являются местом возникновения возбуждения в ЦНС
- В) формируют потенциал покоя нервной клетки
- Г) проводят токи покоя

142. Как называется торможение нейронов собственными импульсами, поступающими по коллатеролям аксона к тормозным клеткам?

- А) возвратным
- Б) реципрокным
- В) поступательным
- Г) латеральным

143. Как называется более слабый эффект одновременного действия двух сильных афферентных возбуждений, чем сумма их отдельных эффектов?

- А) окклюзией
- Б) торможением
- В) конвергенцией
- Г) отрицательной индукцией

144. Как называется схождение различных путей проведения нервных импульсов к одной и той же нервной клетке?

- А) конвергенция
- Б) дивергенция
- В) пролонгирование
- Г) суммация

145. Как называется способность нейрона устанавливать многочисленные синаптические связи с различными нервными клетками?

- А) дивергенция

- Б) конвергенция
- В) пролонгирование
- Г) суммация

146. Главные пути поддержания рН на постоянном уровне (укажите НЕПРАВИЛЬНЫЙ ответ)

- А) прием щелочных или кислотных продуктов питания
- Б) буферные системы жидкой внутренней среды
- В) выделение углекислого газа легкими
- Г) выделение кислых или удержание щелочных продуктов почками

147. В плазме крови содержатся основные буферные системы (укажите НЕПРАВИЛЬНЫЙ ответ):

- А) гликолизная
- Б) бикарбонатная
- В) фосфатная
- Г) белковая

148. В несвежих недоброкачественных консервах может содержаться микробный токсин ботулин, который нарушает возбуждение скелетной мускулатуры. Почему отравление может оказаться смертельным?

- А) если дыхательные мышцы перестают возбуждаться, то происходит остановка дыхания
- Б) возникает остановка сердца
- В) происходит заражение крови
- Г) причиной смерти является инсульт

149. Имеются три варианта обеда из двух блюд. Мясной бульон и жирное мясо с картофелем. Овощной суп и курица с кашей. Молочный суп и постное мясо с макаронами. Размеры порций во всех вариантах равны. В каком случае переваривание второго блюда осуществится наиболее быстро, если известно, что жир тормозит, а отвары стимулируют желудочную секрецию?

- А) Овощной суп и курица с кашей.
- Б) Мясной бульон и жирное мясо с картофелем.
- В) Молочный суп и постное мясо с макаронами.



Г) Во всех трёх случаях переваривание будет происходить с одинаковой скоростью.

150. Перед едой большого количества мяса один испытуемый выпил стакан воды, второй - стакан сливок, третий – стакан бульона. Как это повлияет на переваривание мяса?

А) у первых двух испытуемых переваривание мяса замедлится, а у третьего – ускорится

Б) у первого испытуемого ускорится, а у второго и третьего – замедлится

В) у второго испытуемого ускорится, а у первого и третьего – замедлится

Г) у третьего испытуемого замедлится, а у первого и второго – ускорится

151. Температура воздуха  $+38^{\circ}\text{C}$ . Раздетый человек испытывает следующие способы борьбы с перегреванием: а) лежит, свернувшись «калачиком»; б) находится в воде при той же температуре; в) заворачивается в мокрую простыню; г) стоит.

Расположите эти способы в порядке снижения эффективности.

А) в-г-а-б

Б) а-б-в-г

В) б-в-г-а

Г) г-в-б-а

152. Один человек выпил два стакана соленой воды, второй – два стакана водопроводной воды, третий пять минут полоскал рот соленой водой. Как изменилась величина диуреза у каждого?

А) солёная вода - уменьшает диурез, водопроводная - увеличивает, полоскание на диурез не влияет, так как диурез зависит от осмотического давления в крови

Б) у всех троих диурез увеличится, так как диурез рефлекторно зависит от количества воды, находящейся в полости рта

В) у всех испытуемых диурез не изменится, так как для изменения диуреза необходимо большее количество воды

Г) у пивших воду диурез увеличится, у полоскавшего рот - не изменится, так как диурез зависит только от факта приема воды в организм

153. При мозжечковых нарушениях среди других симптомов развиваются атония и астения. Однако при этом не нарушаются биохимические процессы в самих мышцах. В таком случае, чем можно объяснить астению?

А) при атонии для достижения результата требуются излишние движения, которые приводят к астении

Б) нарушается структурная целостность мышц, что и приводит к астении

В) астения - это первичное нарушение, характерное для поражений мозжечка, атония является вторичным

Г) возникают психические расстройства, которые и являются причиной астении

154. При раздражении мышцы одиночными ударами электрического тока она каждый раз сокращается и расслабляется. Затем мышцу охлаждают и продолжают раздражать. В этих условиях она работает...

А) более медленно

Б) быстрее

В) рассогласовано

Г) точно так же, как и до этого

155. В аорте кровяное давление составляет 120-130 мм рт. ст. В полых венах давление падает до нуля. Куда девалась полученная кровью энергия?

А) была потрачена на преодоление сил трения, возникающих при течении крови по сосудам, и превратилась в тепло

Б) пошла на обеспечение процессов гемостаза в тканях

В) израсходовалась на дыхательные процессы

Г) потрачена на мышечные сокращения при движении

156. Как изменится величина кровяного давления при воздействии холода?

А) сосуды сузятся, и давление увеличится

Б) сосуды расширятся, и давление уменьшится

В) с давлением ничего не произойдёт, увеличится только теплопродукция

Г) теплоотдача увеличится, и давление уменьшится

157. Среди великого множества клеток организма эритроциты выделяются тем, что не имеют ядра. В чем физиологический смысл этого?

А) при наличии ядра эритроцит потреблял бы в 200 раз больше кислорода, и другим клеткам кислорода бы доставалось мало

Б) эритроцит с ядром не был бы плоским, и не смог бы пройти по капиллярам

В) скорость движения эритроцита с ядром бы резко замедлилась

Г) гемоглобин в эритроците вырабатывается только при отсутствии ядра

158. В естественных условиях рефлекс возникает при раздражении рецепторов. Можно ли в эксперименте вызвать рефлекторную реакцию без участия рецепторов?

А) можно выполнить это требование, раздражая не рецепторы, а идущий от них афферентный нерв

Б) без рецептора рефлекс не возникнет

В) можно раздражать мышцы, которые выполняют рефлекс

Г) можно раздражать центр головного мозга

159. Для взятия пробы желудочного сока больному предлагают проглотить зонд. Однако при этом у некоторых людей возникает рвотный рефлекс, который делает манипуляцию невозможной. Как быть?

А) смазать анестетиком области рецепторов заднего неба, корня языка

Б) отказаться от процедуры

В) продолжить вводить зонд, несмотря на рвотный рефлекс

Г) взять пробу желудочного сока чрезкожно непосредственно из желудка

160. К какой группе относится процесс: Из синусного узла приходит импульс возбуждения, вызывающий сокращение сердечной мышцы

А) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

Б) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

В) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

161. К какой группе относится процесс: Испаряется пот с поверхности кожи

А) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

Б) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

В) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

Г) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

162. К какой группе относится процесс: Инсулин, действуя на клеточную мембрану, повышает ее проницаемость для глюкозы

А) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

Б) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

163. К какой группе относится процесс: При повышении артериального давления рецепторы каротидного синуса посылают частые импульсы в сосудодвигательный центр

А) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

Г) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

164. К какой группе относится процесс: Импульсы из дыхательного центра вызывают сокращение дыхательных мышц.

- А) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение
- Б) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта
- В) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС
- Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

165. К какой группе относится процесс: При растягивании кишки газами возникает ощущение боли.

- А) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта
- Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение
- В) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС
- Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

166. К какой группе относится процесс: При действии яркого света зрачок суживается.

- А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС
- Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение
- В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта
- Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

167. К какой группе относится процесс: У жителей гор увеличивается количество эритроцитов в крови.

- А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС
- Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

168. К какой группе относится процесс: При увеличении скорости кровотока течение крови из ламинарного переходит в турбулентное.

А) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

169. К какой группе относится процесс: При укачивании у человека возникает чувство тошноты.

А) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

170. К какой группе относится процесс: При еде лимона выделяется много слюны.

А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

171. К какой группе относится процесс: При мышечной работе сердце сокращается чаще.

- А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС
- Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение
- В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта
- Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

172. К какой группе относится процесс: Гемоглобин соединяется с кислородом и образует оксигемоглобин.

- А) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция
- Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение
- В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта
- Г) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

173. К какой группе относится процесс: Тиреотропный гормон стимулирует деятельность щитовидной железы

- А) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение
- Б) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС
- В) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция
- Г) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

174. К какой группе относится процесс: При переполнении мочевого пузыря возникает позыв на мочеиспускание

- А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС
- Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение
- В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта
- Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

175. К какой группе относится процесс: При воспалительном процессе в кишечнике мышцы брюшной стенки напрягаются

А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

176. К какой группе относится процесс: Адреналин, попадая в сердце, усиливает его сокращения

А) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

Б) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

В) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

Г) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

177. К какой группе относится процесс: При раздражении лицевого нерва усиливается выделение слюны.

А) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

Б) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

В) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

Г) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

178. К какой группе относится процесс: Человек ночью сел на камень и ощутил холод

А) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС



Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

179. К какой группе относится процесс: В жаркую погоду выделяется пот

А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

180. К какой группе относится процесс: После гипервентиляции наступает апноэ

А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

181. К какой группе относится процесс: При ударе молоточком по ахиллову сухожилию сокращаются мышцы стопы

А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

182. К какой группе относится процесс: Реакции буферных систем крови на изменение величины рН

А) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

183. К какой группе относится процесс: Человек вошел в комнату с неприятным запахом и остановился в том месте, где запах особенно сильный

А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

184. К какой группе относится процесс: При сокращении мышцы в спинной мозг поступают импульсы от мышечных веретен

А) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

185. К какой группе относится процесс: На холоде у человека начинается дрожь

А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение

В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта

Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

186. К какой группе относится процесс: Рана после операции постепенно заживает

- А) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС
- Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение
- В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта
- Г) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

187. К какой группе относится процесс: Мышцу растянули грузом. После снятия груза она укоротилась до исходной длины

- А) физический процесс (ФП), в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция
- Б) прямая связь (ПС) – передача команды на исполнение
- В) обратная связь (ОС) – передача информации о состоянии объекта
- Г) регуляторный процесс (РП) – целостная реакция, включающая и ПС, и ОС

188. Система находится в состоянии равновесия, если:

- А) при отсутствии воздействия на систему возмущающих факторов ошибка регулирования (разность между заданным и фактическим состоянием системы) стремится к нулю
- Б) при отсутствии воздействия на систему возмущающих факторов ошибка регулирования (разность между заданным и фактическим состоянием системы) стремится к единице
- В) при отсутствии воздействия на систему возмущающих факторов ошибка регулирования (разность между заданным и фактическим состоянием системы) стремится к двум
- Г) при отсутствии воздействия на систему возмущающих факторов ошибка регулирования (разность между заданным и фактическим состоянием системы) стремится к трём

189. рН артериальной крови составляет

- А) 7,35-7,48
- Б) 0-1
- В) 60-80
- Г) 0,04-0,06

190. Сино-атриальный узел определяет частоту сокращений сердца

- А) 60-80 в 1 мин
- Б) 40-50 в 1 мин
- В) 30-40 в 1 мин
- Г) 20 в 1 мин

191. Если функции водителя ритма выполняет атриовентрикулярный узел, то частота сердечных сокращений

- А) 40-50 в 1 мин
- Б) 30-40 в 1 мин
- В) 60-80 в 1 мин
- Г) 20 в 1 мин

192. Если функции водителя ритма выполняет пучок Гиса, то частота сердечных сокращений

- А) 30-40 в 1 мин
- Б) 40-50 в 1 мин
- В) 60-80 в 1 мин
- Г) 20 в 1 мин

193. Если функции водителя ритма выполняют волокна Пуркинье, то частота сердечных сокращений

- А) 20 в 1 мин
- Б) 40-50 в 1 мин
- В) 60-80 в 1 мин
- Г) 30-40 в 1 мин

194. Основные факторы, обеспечивающие возникновение I тона сердца

- А) захлопывание атриовентрикулярных клапанов
- Б) захлопывание полулунных клапанов
- В) период быстрого наполнения желудочков сердца кровью
- Г) поступление крови в желудочки сердца во время систолы предсердий

195. Основные факторы, обеспечивающие возникновение II тона сердца

- А) захлопывание полулунных клапанов
- Б) захлопывание атриовентрикулярных клапанов
- В) период быстрого наполнения желудочков сердца кровью
- Г) поступление крови в желудочки сердца во время систолы предсердий

196. Основные факторы, обеспечивающие возникновение III тона сердца

- А) период быстрого наполнения желудочков сердца кровью
- Б) захлопывание полулунных клапанов
- В) захлопывание атриовентрикулярных клапанов
- Г) поступление крови в желудочки сердца во время систолы предсердий

197. Основные факторы, обеспечивающие возникновение IV тона сердца

- А) поступление крови в желудочки сердца во время систолы предсердий
- Б) захлопывание полулунных клапанов
- В) захлопывание атриовентрикулярных клапанов
- Г) период быстрого наполнения желудочков сердца кровью

198. При повторных измерениях АД установлено, что величины его колебались в пределах 120/80-125/75 мм рт. ст. Можно ли считать, что при этом происходил процесс гомеокинеза?

- А) Нет, т.к. гомеокинез – это процесс перехода от одного устойчивого состояния к другому
- Б) Да, т.к. гомеокинез – это колебания или отклонения от определенного уровня

199. Может ли процесс гомеокинеза идти с отрицательной обратной связью?

- А) Нет, т.к. отрицательная связь не дает значительно отклоняться от заданного уровня
- Б) Да, т.к. отрицательная связь способствует отклонению от определенного уровня

200. Даже если человек стоит по стойке «смирно», можно при помощи специального прибора установить, что его тело постоянно испытывает небольшие колебания. О чем это свидетельствует?

А) в системе протекает процесс регулирования: в силу ряда причин (работа сердца, дыхание, случайные факторы) центр тяжести тела все время смещается, в ответ на это и происходит компенсаторное перераспределение мышечного тонуса.

Б) на прибор влияют факторы внешней среды или прибор не исправен

В) это физический процесс, в котором не происходит передача информации и отсутствует регуляция

201. Когда у овец наблюдается более интенсивное слюноотделение при поедании корма – в пастбищный период или в стойловый?

А) в стойловый период – при поедании сухого корма

Б) в пастбищный период при поедании большого количества свежей пищи

В) в оба периода количество слюны одинаковое

202. Вместо «иглоукалывание» (введение специальных игл в определенные точки кожи) сейчас используют термин «иглорефлексотерапия». Какой термин более точен?

А) иглорефлексотерапия, т.к. описывает механизм - раздражение определенных БАТ вызывает те или иные рефлекторные реакции

Б) иглоукалывание, т.к. описывает метод введения игл

В) оба термина одинаковые и описывают одно и то же

203. Можно ли считать рефлекторной реакцию, вызванную воздействием электрического тока или химического вещества непосредственно на какую-либо область спинного или головного мозга, содержащую например, мотонейроны?

А) Нет. Это реакция на прямое раздражение.

Б) Да. Это рефлекторная реакция.

204. Если щекотать волоски в ухе собаки или кошки, то возникает так называемый рефлекс ушной раковины – подергивание уха, а затем энергичное встряхивание головы. В чем физиологический смысл этого рефлекса?

- А) способствует удалению инородного тела из ушной раковины
- Б) производит разминку ушных мышц
- В) напрягает ухо, чтобы лучше слышать

205. Некоторые антарктические рыбы живут в воде, температура которой может быть ниже нуля (вода не замерзает из-за высокой солености). А почему не замерзают жидкости внутри тела рыбы?

- А) у этих рыб синтезируется специальный белок – антифриз, понижающий температуру замерзания
- Б) у этих рыб произошло увеличение количества солей во внутренней среде организма
- В) у этих рыб нагревается температура тела

206. Стенки левого желудочка значительно толще, чем правого. В чем физиологический смысл этого?

- А) приспособление к выполнению значительно большей работы, т.к. в большом круге в 6 раз больше КД, чем в малом
- Б) стенки левого желудочка сокращаются чаще, чем правого
- В) это атавизмы, доставшиеся нам от предков в историческом развитии

207. У двух людей произошел инфаркт миокарда одинаковой тяжести. Один из них до этого систематически занимался физкультурой, а второй нет. У кого из них болезнь протекала легче?

- А) у занимавшегося физкультурой, т.к. у него имеется более выраженная сеть коллатеральных сосудов, улучшающих кровоснабжение миокарда
- Б) у не занимавшегося физкультурой, т.к. он не тратил свой физиологический резерв организма
- В) у обоих протекала одинаково тяжело

208. К каким воздействиям адаптация не развивается?

- А) к боли и мышечному чувству
- Б) к гипоксии
- В) к повышенной температуре окружающей среды
- Г) только к мышечному чувству

209. Как изменяется всасывающая функция кишечника при частичном голодании?

- А) Включаются приспособительные механизмы, способствующие максимальному усвоению продуктов переваривания
- Б) С уменьшением количества пищи всасывательная способность уменьшится
- В) Не изменится

210. На единицу массы тела маленькое сердце плода доставляет тканям в 2 – 3 раза больше крови, чем сердце взрослого человека. Чем это объясняется? (Укажите НЕПРАВИЛЬНЫЙ ответ)

- А) меньший минутный объем крови
- Б) ЧСС у плода составляет 130-140 уд/мин
- В) у плода синтезируется фетальный гемоглобин, который обладает повышенным сродством к кислороду
- Г) количество эритроцитов увеличено

211. В каком случае скорость прохождения пищи через ЖКТ будет выше – у несущихся кур и индеек или у не несущихся?

- А) у несущихся
- Б) у не несущихся
- В) одинаковое

212. Если бы стенки аорты полностью утратили эластичность, как изменились бы параметры гемодинамики? (укажите НЕПРАВИЛЬНЫЙ ответ)

- А) кровь проходила бы по сосудам более легко
- Б) давление крови во время систолы резко возросло
- В) нагрузка на сердце значительно увеличилась
- Г) кровь стала бы течь по сосудам прерывисто – только во время систолы



213. Порог раздражения электрическим током у одной мышцы 2 В, у другой – 3 В. У какой из мышц возбудимость выше?

А) у первой

Б) у второй

В) одинаковая возбудимость, т.к. возбудимость не зависит от порога раздражения

214. После трудового дня порог слуховой чувствительности у рабочего изменился с 5 децибел до 12 децибел. Как изменилась возбудимость органа слуха?

А) снизилась, т.к. порог слуховой чувствительности увеличился на 7 единиц

Б) увеличилась, т.к. порог слуховой чувствительности увеличился на 7 единиц

В) увеличилась, т.к. порог слуховой чувствительности уменьшился на 7 единиц

215. Как убедиться, что при раздражении нерва в нем возникает возбуждение?

А) регистрируют появление в нем потенциала действия

Б) регистрируют появление в нем потенциала покоя

В) регистрируют увеличение в нерве биологически-активных веществ

Г) нерв утолщается и укорачивается

216. Если у зайца раздражать кожу в области шеи, то у него происходит задержка дыхания. У кролика такое явление отсутствует. В чем смысл этой регуляторной реакции у зайца?

А) выработалась стойкая комплексная защитная реакция – при опасности прячась в кусты и не дыши

Б) заяц притворяется мертвым при приближении хищника

В) заяц выдыхает и становится чуть более мелким и незаметным для хищника

217. Если у новорожденного жеребенка или ягненка затемнить голову (например, поместить над ней кусок картона), то голова

поднимается вверх и начинаются сосательные движения. Чем это можно объяснить?

А) в естественных условиях затемнение головы является сигналом начала кормления и вызывает у младенца соответствующую реакцию

Б) это выученный рефлекс, а не врожденный

В) это защитный рефлекс отряхивания

218. При перегревании организма необходимо увеличить теплоотдачу. Это достигается благодаря резкому увеличению кровотока в коже. Но очень большое количество крови не сможет пройти через капилляры. Как регуляторные системы преодолевают это препятствие?

А) открываются артериовенозные шунты, и большая часть крови проходит через них, обеспечивая усиленную теплоотдачу

Б) часть крови депонируется и охлаждается в печени и лёгких

В) расширяется просвет капилляров, и через них проходит больший объем крови

219. Почему при интенсивной мышечной работе может резко уменьшиться образование мочи?

А) мышцы, сердце и мозг в условиях физической нагрузки работают в оптимальном режиме кровоснабжения, а остальным органам, в том числе и почкам, крови достаётся меньше

Б) вся вода выделяется с потом, и почкам уже нечего фильтровать

В) блокируется нервный центр, отвечающий за работу почек

Г) нарушается афферентная иннервация почек

220. Отряхивательный рефлекс у собаки возникает при механическом раздражении кожи спины. В лабораторном эксперименте у животного вызывали этот рефлекс, обливая спину водой. После каждого отряхивания собаку «награждали», подкрепляя это действие пищей. После повторения нескольких опытов собака начала сама выпрашивать еду. Каким образом?

А) чтобы раздражать кожу спины, собака залезала под диван и тёрлась спиной об его край

Б) собака чесала спину лапой

- В) собака раздражала себе кожу спины хвостом
- Г) собака выливали себе на спину миску с водой

221. Если поднести к носу кролика ватку, смоченную нашатырным спиртом, то происходит временная задержка дыхания. В чем ее физиологический смысл?

- А) Задержка дыхания предотвращает попадание токсического вещества в дыхательные пути и легкие
- Б) Кролик впадает в гипнотический транс
- В) Резко повышается давление, поэтому нарушается кровоснабжение головного мозга кролика, и блокируется дыхательный центр

222. В филогенетическом ряду кислородная емкость крови становится максимальной ...

- А) у птиц и млекопитающих
- Б) у рыб
- В) у моллюсков
- Г) у рептилий

223. По мере усложнения и совершенствования функций мозга в эволюции прогрессивно развивалась и функция почек. Чем можно объяснить такой параллелизм?

- А) Чем сложнее и тоньше работа мозга, тем выше требования к поддержанию гомеостаза, а одна из важнейших функций почек – гомеостатическая
- Б) Мозг и почки развиваются в онтогенезе из одного источника
- В) Эти события не связаны между собой, существуют организмы с развитым мозгом и не развитыми почками.

224. Начиная первые опыты по изучению условных рефлексов И. П. Павлов построил специальные «башни молчания», в которых находились экспериментальные камеры с абсолютной звукоизоляцией. Однако впоследствии оказалось, что в таких камерах собаки засыпают. Особенно быстро это происходило с собаками – сангвиниками. В чем состоит причина такой, казалось бы неожиданной реакции?

- А) резкое ограничение афферентных импульсов значительно снижает тонус коры больших полушарий, особенно чувствительны к этому сангвиники
- Б) сангвиники обладают более развитым умом, поэтому помещение их в такую башню вызывало у них чувство депрессии и полной апатии
- В) срабатывал веками выработавшийся рефлекс "тишина-ночь-спать"

225. У одной собаки при виде спринцовки начинается усиленное слюноотделение. Другая собака при включении звонка многократно сгибает заднюю лапу. Что общего в этих условных рефлексах?

- А) оба рефлекса - оборонительные
- Б) пищевые рефлексы
- В) ориентировочные
- Г) врождённые рефлексы

226. На движущемся конвейере лежат одинаковые детали – металлические шарики. Некоторые из них имеют отклонения от стандарта (при этом меняется отражающая способность поверхности) и поэтому подлежат браковке. Одна из фирм использовала в качестве контролеров голубей. Голуби клевали бракованные детали, которые падали после этого в специальные ящики. Нормальные шарики птицы не трогали. Эффективность браковки оказалась очень высокой. Почему были выбраны именно голуби, и в чем состояло их обучение?

- А) Голуби обладают очень острым зрением и поэтому легко различают шарики, поверхность которых блестит по-разному. Клевание «плохих» шариков подкрепляют пищей (зерно), а клевание «хороших» - нет.
- Б) Можно было взять любых птиц, и после клевания «плохих» шариков давать зерно.
- В) Голуби очень умные, поэтому им достаточно не давать зерно в ответ на клевание «хороших» шариков

227. Хрусталик глаза у рыб имеет форму шара. В отличие от хрусталика млекопитающих, он не может существенно изменять

свою форму, что необходимо для рассматривания объектов на разных расстояниях. Следовательно, у рыб такая возможность ограничена. Испытывают ли они в связи с этим какие-нибудь неприятности?

А) рыбы близоруки, но вода по сравнению с воздухом является средой весьма мутной, и на большом расстоянии в ней и так ничего рассмотреть не получится

Б) рыбы страдают сильной дальновзоркостью, и вблизи ничего не видят, поэтому им трудно находить пищу с помощью зрения

В) рыбы страдают астигматизмом, ничего не видят ни вблизи, ни вдали

Г) у рыб нормальное зрение, в воде они всё прекрасно видят