

МИНИСТЕРСТВО ОБРАЗОВАНИЯ И НАУКИ РФ

федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение
высшего образования

КРАСНОЯРСКИЙ ГОСУДАРСТВЕННЫЙ ПЕДАГОГИЧЕСКИЙ
УНИВЕРСИТЕТ им. В.П. АСТАФЬЕВА

(КГПУ им. В.П. Астафьева)

Институт/факультет/филиал Факультет биологии, географии и химии

Выпускающая кафедра физиологии человека и методики обучения биологии

Раздайбеда Анастасия Александровна

ВЫПУСКНАЯ КВАЛИФИКАЦИОННАЯ РАБОТА

Тема: Занятия по физиологии кровообращения для школьников на базе
лаборатории физиологии человека и животных КГПУ им. В.П. Астафьева

Направление подготовки/специальность 44.03.05 «Педагогическое
образование»

Профиль Биология и география

ДОПУСКАЮ К ЗАЩИТЕ

Зав. кафедрой _____

(ученая степень, ученое звание, фамилия, инициалы)

_____ (дата, подпись)

Руководитель _____

_____ (ученая степень, ученое звание, фамилия, инициалы)

Дата защиты _____

Обучающийся _____

(фамилия, инициалы)

_____ (дата, подпись)

Оценка _____

(прописью)

Красноярск 2017

Содержание

Введение

Глава I Содержание курса занятий со старшеклассниками

«Кровообращение: От Гарвея к открытиям современности».....4

1.1 Физиология: история и современность.....5

1.2 Клеточная биология миокарда.....11

1.3 Физиология сердца: биопотенциалы сердца и их изучение.....13

1.4 Методы исследования сердечно-сосудистой системы,
регистрирующие механические и звуковые явления, сопровождающие
сердечную деятельность.....16

1.5 Сердце и адаптация.....17

1.6 Современные проблемы физиологии кровообращения и
кардиологии.....21

Глава II . Методические рекомендации к проведению занятий по
физиологии кровообращения на базе КГПУ им. В.П. Астафьева.....24

Заключение

Выводы

Список используемых источников

Введение.

Одной из быстро развивающихся форм сотрудничества вузов со школами являются занятия для школьников профильных классов на базе вузовских подразделений. Такая форма сотрудничества, привлекая недоступное для среднего образовательного учреждения сложное современное оборудование, интеллектуальный потенциал преподавателей вузов, расширяет возможности образовательного процесса мотивированных к глубокому изучению предмета старшеклассников. Появление классов, в расписании которых выделен отдельный день на занятия в прикрепленном вузе, поставило задачу разработки курсов таких занятий с учетом уже имеющихся и требующих углубления знаний, с учетом того материала, который дети одновременно осваивают в школе, с учетом возрастных особенностей, планов дальнейшего образования.

Среди биологических дисциплин особое место занимает физиология, поэтому для формирования научного мировоззрения, системы общебиологических понятий разработаны занятия по физиологии. Кроме того, одной из проблем школьного курса биологии является недостаточная системность, разрозненность рассматриваемых в разных разделах, но связанных с одной проблемой вопросов, зачастую отсутствие межпредметных связей [19].

С учетом продолжительности одного занятия, с учетом имеющегося оборудования в лаборатории, с учетом имеющихся у школьников знаний, умений и навыков, их интересов и пожеланий ранее проводимые случайные занятия со школьниками по физиологии были представлены преимущественно занятиями по физиологии сердца и кровообращения.

Данный курс включает обзор строения и функционирования основных систем органов. значительный интерес у школьников вызывает тема кровообращения.[19] В классе и старшей ступени материалы по физиологии кровообращения могут успешно использоваться при объяснении

таких сложных разделов: сердечно-сосудистая и кровеносная системы человека. Кроме того тема кровообращение представлена значительным количеством заданий на олимпиадах разного уровня. Оборудование анатомического музея, учебного модуля лаборатории физиологии ФБГХ КГПУ позволяет провести полноценный курс практических занятий и тем самым повысить уровень образованности детей, подготовить их к поступлению в ВУЗ.

Таким образом, разработка элективного курса по данной теме будет актуальна для естественнонаучных классов, для заинтересованных школьников, которые нацелены связать свою будущую профессию с биологией .

Цель: Разработка курса занятий по физиологии кровообращения для заинтересованных учащихся средней и старшей школы на базе КГПУ им. В.П Астафьева.

Задачи:

1. разработать теоретическое содержание курса занятий по физиологии «От Гарвея к открытиям будущего»
2. разработать методические рекомендации к занятиям курсу «Кровообращение: от Гарвея к открытиям будущего»

Глава I : Содержание курса «Кровообращение: От Гарвея к открытиям современности»

Анатомо-физиологические основы сердечной деятельности, движения крови по сосудам на протяжении значительного отрезка времени было одним из центральных направлений в физиологии человека и животных. Рождение физиологии как науки началось с экспериментального исследования У. Гарвеем кровотока, определения минутного объема крови, выяснения вопроса - циркулирует ли кровь или свободно изливается в межклеточные пространства и используется для регенерации основных структурных элементов тела, т.е. о замкнутости системы кровообращения. Многие важные выводы в развитии теории биопотенциалов, в развитии представлений о межклеточной коммуникации, внутриклеточной сигнализации, нервной регуляции, физиологических механизмов адаптации были получены при исследовании сердца и сосудистой стенки. Теория и практика хронического физиологического эксперимента, разработка и применение инструментальных методов для неинвазивной оценки физиологических функций также были тесно связаны с исследованиями сердца и кровообращения в целом. Поэтому занятия по физиологии кровообращения позволяют охватить как историю развития физиологии, так и показать современный этап ее развития от молекулярной биологии кардиомиоцита и его предшественников до вопросов интегративной физиологии, а также представить методологическую базу этой науки, тренировать экспериментальное мышление, экспериментальные умения и навыки . Условно в нашем курсе занятий были выделены следующие темы.

- 1 Физиология: история и современность
2. Клеточная биология миокарда
3. Физиология сердца: биопотенциалы сердца и их изучение
4. Другие методы исследования сердечно-сосудистой системы

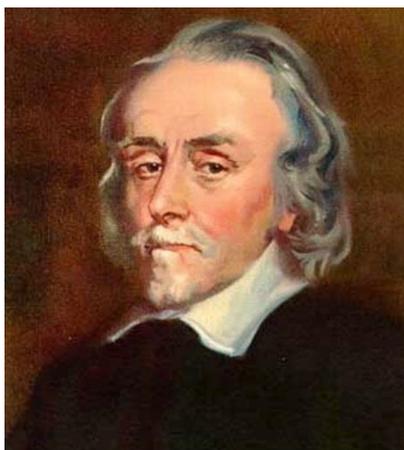
5. Сердце и адаптация

6. Современные проблемы физиологии кровообращения и кардиологии

1.1. Физиология: история и современность

Физиология уходит своими корнями к работам римского врача Галена во 2 в. Н.э. По дошедшим до нас рукописям именно он впервые вскрыл живой организм животного, что позволило наблюдать движение крови в сосудах, причем кровь двигалась не только по венам, но и по артериям, которые раньше, на основании вскрытия трупов, считались трубками для перемещения воздуха. Гален наблюдал разные свойства крови в артериях и в венах. В конце средних веков, переходе к эпохи возрождения интерес к научным основам жизни и смерти возродился снова в форме вопроса о движении крови, о работе сердца, т.е. к механизмам, определяющим визуальные проявления жизни.

В новое время задача экспериментального исследования организма была решена выдающимся английским врачом Уильямом Гарвеем. В молодости Гарвей много путешествовал по университетам Европы, слушал известных профессоров анатомии..



Уильям Гарвей

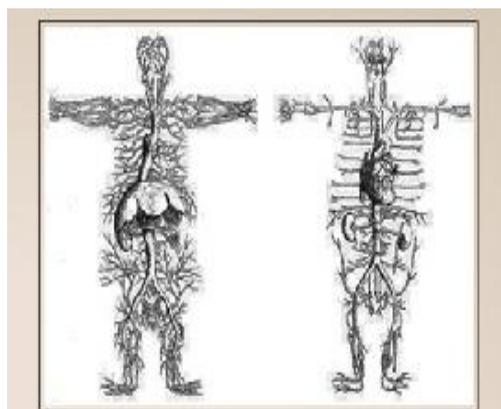


Рис 1. Уильям Гарвей (1578 – 1657), его представления о сердечно-сосудистой системе в сравнении с представлениями Галена

В те годы была принята схема кровеносной системы, предложенная еще Галеном. Согласно этой схеме, питательные вещества из пищеварительного тракта поступают в печень, где идет интенсивное кроветворение. Образующаяся кровь разносится от печени по венам ко всем органам, где расходуется на их регенерацию. Еще Гален заметил, что кровеносные сосуды отличаются свойствами протекающей в них крови. Гален считал, что кровь, пройдя через сердце и легкие приобретает жизненную силу - энтелехию.[8] Сердце работает по принципу кузнечных мехов. К эпохе Гарвея накапливались данные, заставляющие сомневаться в правдивости этой модели, наводящие на мысль о циркуляции крови. Такие идеи периодически высказывались предшественниками Гарвея, но была сильна католическая церковь. Мигель Сервет, высказавший идею о замкнутом малом круге кровообращения, был сожжен по приказу папы. Первое, о чем задумался Гарвей - роль клапанов в стенке вен нижних конечностей, привели его к постановке знаменитого эксперимента. Суть эксперимента состояла в сдавливании с помощью жгута кровеносных сосудов. В зависимости от формирования отека над или под жгутом, Гарвей сделал выводы о направлении движения крови по венам к сердцу. Поскольку в этот период еще отсутствовала микроскопическая техника, Гарвей изобрел оригинальный способ доказательства замкнутости кровеносной системы. Он состоял в оценке количества крови, продуцируемого печенью, именно для этого ему и пришлось вновь разработать технику острого эксперимента. Гарвей вскрывает различных живых животных, определяя сердечный выброс. Чтобы исключить видовые, возрастные особенности функционирования сосудистой системы, набор животных в экспериментах Гарвея очень широк. Можно по праву считать, что он является и основоположником сравнительно-видового и онтогенетического подхода.[24] Сделав несложные арифметические вычисления, Гарвей приходит к выводу, что при обратном предположении о незамкнутости кровеносной системы

невозможно объяснить скорость кроветворения в печени, степень усвояемости и бесперебойность работы пищеварения. Результаты своих экспериментов Гарвей обобщил в монографии «», изданной в 1628 г. Этот год отмечается как дата зарождения науки физиологии.

Таким образом, именно исследования кровотока дали импульс рождению физиологии как науки.

В дальнейшем физиологические исследования развивались в тесной связи с другими естественными науками. Появление гидродинамики, вывод Даниилом Бернулли уравнения стационарного течения несжимаемой жидкости, попытки математического описания законов движения крови по сосудам на основе уравнений Пуазейля подстегнули экспериментальное изучение закономерностей движения крови по сосудам, факторов, определяющих гемодинамическое сопротивление. Для развития физиологического эксперимента вообще и по физиологии сердца выдающуюся роль сыграло конструирование кимографа – первого регистратора физиологических функций Карлом Людвигом в Германии. Людвиг измерил величины давления в разных сосудах и обнаружил падение давления крови вдоль сосудистой системы и отрицательное давление в крупных венах. Шово и Марей (1861) определили давление крови в предсердии и желудочке лошади и прямым экспериментом показали, что давление крови в сосудах создается в результате работы сердца. Графическая регистрация давления крови позволила произвести детальный анализ его колебаний в зависимости от разных условий. Людвиг и Эйнбродт обнаружили дыхательные волны кровяного давления, а Траубе (1865) и затем Геринг описали медленные колебания давления (волны Траубе —Геринга). . В XIX столетии в физиологию кровообращения широко вошли измерения различных параметров кровообращения. Были измерены линейная и объемная скорости тока крови. А. Фолькман (в 1837—1843 гг. он был профессором физиологии Дерптского, ныне Тартуского, университета)

измерил с помощью изобретенного им гемодрометра линейную скорость кровотока в разных артериях. Эрнст Вебер определил линейную скорость тока крови в капиллярах. Объемная скорость кровотока в артериях была измерена К. Людвигом с помощью сконструированного им прибора — кровяных часов.

Э. Геринг и Г. Фирордт определили скорость кругооборота крови у разных животных и получили величины, близкие к принятым в настоящее время. А. Фик разработал принцип определения минутного объема кровотока. Методика измерения этого важнейшего гемодинамического показателя, основанная на принципе Фика, и сегодня признается наиболее точной. Эрн. и В. Веберы определили скорость распространения пульсовой волны, а К. Фирордт, а затем Э. Марей, сконструировавшие сфигмографы для записи артериального пульса, подробно проанализировали пульсовые кривые. В XIX столетии, особенно во второй его половине, много было сделано в изучении деятельности сердца. Были разработаны способы регистрации некоторых механических ее проявлений. После того как Лаэннек в 1819 г. ввел в медицинскую практику методику аускультации, были проведены исследования происхождения сердечных тонов. Обширную работу в этом направлении провели К. Людвиг и И. Догель. На том основании, что первый тон может быть слышен при прикладывании стетоскопа к вырезанному из организма или обескровленному сердцу, когда нет движения крови и клапаны не работают, но сердечная мышца еще сокращается, Людвиг и Догель пришли к заключению, что этот тон мышечного происхождения. Второй тон сердца был объяснен захлопыванием полулунных клапанов.

Развитие теории биопотенциалов поставило вопрос о механизмах, управляющих работой сердца. Камнем преткновения в широких научных дискуссиях была автоматия сердца. В 1844 г. Р. Ремак описал нервные ганглии в сердце коров, овец и свиней и показал, что идущие от них нервные волокна входят в

пучки мышечных волокон сердца. На основании своих морфологических находок Ремак высказал мнение, что сердечные сокращения зависят исключительно от нервной системы. Такого же мнения придерживался и А. Фолькман, который в статье, опубликованной в том же номере «Архива анатомии и физиологии», где была помещена работа Ремарка, писал, что центральный орган сердцебиений — это ганглии Ремарка.[11] Такому мнению о природе автоматической активности сердца вскоре был противопоставлен другой взгляд, выразителем которого был Р. Вагнер. В 1850 г. он писал о том, что автоматия сердца обусловлена процессами, происходящими в самой сердечной мышце. В пользу этого приводился тот факт, что сердце куриного эмбриона начинает сокращаться тогда, когда в нем еще нет нервных клеток и волокон. Мареем были изучены условия возникновения экстрасистол и компенсаторной паузы. Крупные успехи были достигнуты в XIX столетии в изучении нервной регуляции деятельности сердца.

В 1845 г. братья Эрн. и Эд. Веберы установили тормозящее влияние блуждающего нерва на сердце, а в 1867 г. братья И. и М. Ционы обнаружили, что раздражение симпатических нервов вызывает учащение сердечных сокращений (поэтому эти нервы были названы ускорителями сердца). В 1884 г. И. П. Павлов открыл усиливающее сердечную деятельность действие симпатических нервов и признал эти нервы трофическими, т. е. изменяющими обмен веществ (питание) клеток и тканей. Павловым и одновременно с ним Гаскеллом было высказано предположение, что центробежные нервы сердца — регуляторы функциональных свойств сердечной мышцы. Этот взгляд получил дальнейшее развитие в исследованиях Т. Энгельмана. В прямых опытах Энгельман показал, что раздражение сердечных нервов вызывает изменение возбудимости, проводимости и сократимости. В 1896 г. Энгельман предложил известную классификацию нервных влияний на сердце, разделив их на хронотропные (влияния на ритм), инотропные (влияния на силу сокращения), батмотропные

(влияния на возбудимость) и дромотропные (влияния на скорость распространения возбуждения по сердцу). Наряду с открытием центробежных нервов, регулирующих работу сердца, К. Людвиг и И. Ф. Цион обнаружили (1866) центростремительный нерв, раздражение которого вызывает замедление сердечных сокращений и падение артериального давления (нерв получил название депрессора). Й. М. Догель в 1866 г. показал, что у кролика можно вызвать рефлекторную остановку сердечной деятельности путем раздражения хлороформом чувствующих окончаний слизистой носа. Вслед за этим Ф. Гольц описал рефлекторную остановку сердца лягушки при поколачивании по ее брюшной стенке. В 1894 г. И. М. Догель опубликовал сравнительно-физиологическое исследование, показавшее, что рефлекторные влияния на сердце существуют и у беспозвоночных животных. У ракообразных рефлекторное угнетение сердечной деятельности наступало при раздражении любого участка их тела. В середине XIX столетия была изучена иннервация сосудов: были найдены нервы вазоконстрикторы и вазодилататоры. К. Борнар наблюдал, что перерезка симпатических сосудосуживателей вызывает сильное расширение сосудов. На этом основании был сделан вывод, что сосуды находятся в состоянии тонуса, который во многом обусловлен нервными влияниями. В 1871 г. Ф. В. Овсянников описал регулирующий кровяное давление сосудодвигательный центр продолговатого мозга. Наконец, многими авторами были открыты различные рефлекторные вазоконстрикторные и вазодилататорные реакции. Таким образом, в 19 столетии физиология обогатилась знанием нервной регуляции функций сердечно-сосудистой системы. Интенсивные исследования эндокринной регуляции развиваются в начале 20 в. Для физиологии кровотока особый интерес имел вопрос о регуляции просвета капилляров. К. доказал, что в покое открыта лишь часть капилляров, тогда как при работе их число увеличивается в соответствии с потреблением кислорода. Доказательство К. того, что этот механизм действует во всех

органах и тканях, имеет большое значение для современной науки. В Нобелевской лекции К. рассмотрел физиологию капилляров на основании данных, полученных в опытах на лягушках. В 1920 г. К. была присуждена Нобелевская премия по физиологии и медицине «за открытие механизма регуляции просвета капилляров».[3]

Продолжение исследований местной регуляции кровотока на уровне микроциркуляции привело к открытию сигнальной роли оксида азота. Это открытие сделало понятным механизм действия на сердце нитроглицерина.

Начало 20 в. – это еще и начало эпохи хронического эксперимента, позволяющего наблюдать, регистрировать работу органов на невскрытом животном. Для этого требовались приборы, регистрирующие работу органа без соприкосновения с ним, по физическим полям, генерируемым работающим органом. Одной из первых инструментальных методик, получивших в дальнейшем широкое применение и в физиологии и в медицине стал метод электрокардиографии. За его разработку в 1924 году была присуждена Нобелевская премия. В первой половине 20 в. В нескольких научных коллективах начинаются и работы по культивированию клеток вне организма. Особенно значительны были успехи в лаборатории француза Карреля. Его работы начинались с культивирования сердца куриного эмбриона, но еще до этих работ Каррель разработал технику сшивания поврежденных сосудов, использования дезинфицирующих растворов, что в дальнейшем пригодилось и в работе с клеточными культурами. А за его заслуги в 1912 году ему была присуждена Нобелевская премия.

1.2 Клеточная биология миокарда

Работа сердца в качестве нагнетательного насоса в системе кровообращения определяется уникальными свойствами его клеточного строения. Основу стенки сердца представляет особая мышечная ткань – миокард. Волокна миокарда неоднородны морфологически и функционально, выделяют

сократительный миокард и проводящую систему сердца. По сравнению с волокнами сократительного миокарда мышечные волокна, приводящие сердце в действие (клетки водителя ритма), тоньше и короче, а волокна, специализирующиеся в проведении возбуждения (волокна Пуркинье), несколько длиннее и толще их.[6] В составе специализированных волокон мало миофибрилл, они богаты чистой цитоплазмой и гликогеном, обильно снабжены капиллярами и вегетативными нервными волокнами. Клетки сократительного миокарда имеют удлинённую форму и зигзагообразные концы, увеличивающие контактную поверхность с последовательно расположенными смежными клетками (рис. 1). Контакты между миокардиоцитами - вставочные диски или нексусы. Нексус – разновидность щелевого контакта. В каждой из двух соседних клеточных мембран находятся регулярно распределённые коннексоны, пронизывающие всю толщину мембраны. Они расположены так, что в месте контакта клеток находятся друг против друга и их просветы оказываются на одной линии. У образованных таким образом каналов крупные внутренние диаметры и, значит, высокая проводимость для ионов. Через них могут проходить даже относительно крупные молекулы с молекулярной массой до 1000 (около 1,5 нм в поперечнике). Коннексон состоит из субъединиц числом до шести с молекулярной массой примерно 25000 каждая. Обладают низким сопротивлением для распространения электрической активности клеток, образуемой движением малых ионов. Благодаря этим участкам вставочных дисков, активация одного волокна другим осуществляется легко, и миокард функционирует как синцитий. При гипоксии, вызванной кровопотерей или вдыханием газовой смеси, обеднённой кислородом, а также после повторных введений тироксина и алкоголя у различных животных, при гистологическом исследовании отмечено выраженное расширение вставочных дисков. Миокардиальные клетки окружены соединительной тканью, богатой капиллярами и постганглионарными немиелинизированными холинергическими и адренергическими нейронами.

Нейроны, содержащие ацетилхолин, локализуются главным образом в предсердии, около клеток водителей ритма и проводящих тканей; нейроны, содержащие норадреналин, - в миокарде предсердий и желудочков.

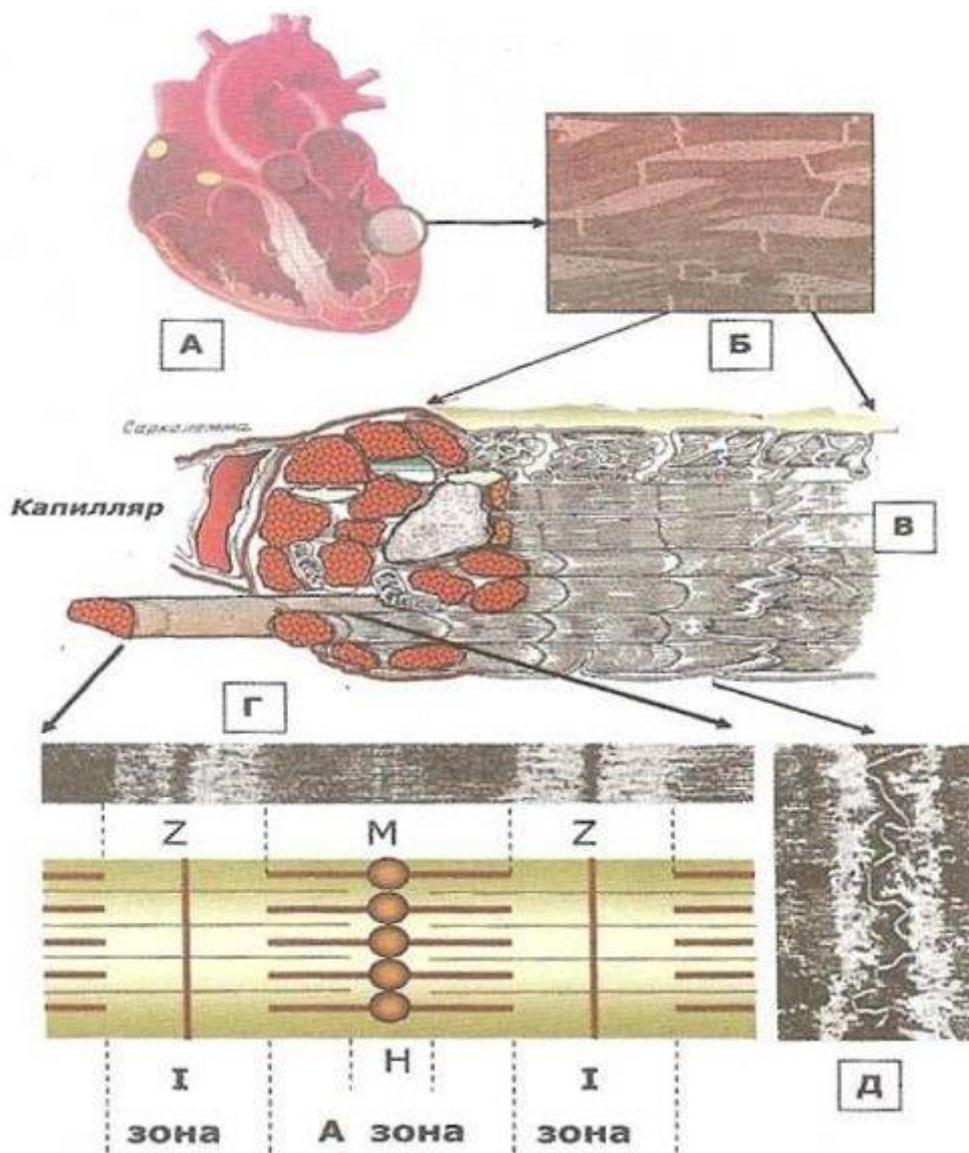


Рис. 2. Схема структурного строения сердца и кардиомиоцита: а - общий вид сердца; б - синцитиальное строение миокарда; в - изометрическое строение кардиомиоцита; г - электронная микроскопия саркомера; д - электронная микроскопия вставочного диска.

1.3. Физиология сердца: биопотенциалы сердца и их изучение

Работа сердца сопровождается распространением разности потенциалов по миокарду сердца, которая может быть зарегистрирована при помощи электрокардиографа (прибор для записи биотоков сердца). Тело человека является хорошим проводником электрического тока, поэтому биопотенциалы, возникающие в сердце, могут быть обнаружены на поверхности тела. Эйнтховен (1903) одним из первых зарегистрировал биопотенциалы сердца, отводя их с поверхности тела при помощи струнного гальванометра.[14] В нашей стране электрокардиографический метод исследования функций сердца был внедрен в клиническую практику А. Ф. Самойловым.

Графическая регистрация биопотенциалов с поверхности тела электрокардиограммы.

Для регистрации биотоков сердца пользуются так называемыми стандартными отведениями, для которых выбирают участки на поверхности тела, дающие наибольшую разность потенциалов. Применяют три классических стандартных отведения, при которых электроды укрепляют: I - на внутренней поверхности предплечий обеих рук; II - на правой руке в области икроножной мышцы левой ноги; III - на левых конечностях. Используют также и грудные отведения.

Зубец P характеризует возникновение и распространение возбуждения в предсердиях. Продолжительность его не превышает 0,08-0,1 с.

Зубец Q отражает возбуждение межжелудочковой перегородки и внутренних слоев миокарда желудочков. В норме этот зубец очень небольшой, нередко на ЭКГ не обнаруживается.

Зубец R - самый высокий зубец ЭКГ, соответствует периоду охвата возбуждением обоих желудочков.

Зубец S характеризует завершение распространения возбуждения в желудочках.

Зубец T отражает процесс реполяризации в желудочках. Высота этого зубца характеризует состояние обменных процессов, происходящих в сердечной мышце.

Комплекс зубцов QRS отражает скорость распространения возбуждения по мышцам желудочков. Продолжительность этого комплекса 0,06-0,1 с.

Интервал P-Q - предсердно-желудочковый интервал - характеризует скорость распространения возбуждения от ведущего узла к желудочкам. Продолжительность интервала 0,12-0,20 с.

Интервал S-T в норме может, быть лишь слегка, отклонен от изоэлектрической линии - на $0,5-1 \cdot 10^{-3}$ м (0,5-1 мм).

Интервал T-P характеризует отсутствие разности потенциалов в сердце (общая пауза). Этот интервал представляет собой изоэлектрическую линию, которая является исходным пунктом для сравнения уровней интервалов P-Q и Q-R-S-T.

Интервал Q-T соответствует продолжительности всего периода возбуждения желудочков (электрическая систола сердца), составляя 0,35-0,4 с.

Существуют методы, позволяющие регистрировать ЭКГ на расстоянии, например у космонавтов во время космического полета. Для этой цели используют специальный прибор-телеэлектрокардиограф. В этом случае запись ЭКГ осуществляют при помощи радиосвязи.

1.4. Методы исследования сердечно-сосудистой системы, регистрирующие механические и звуковые явления, сопровождающие сердечную деятельность

Один из наиболее древних, но сохранивших и сегодня значение в клинической практике метод аускультации позволяет выслушать два сердечных тона – I и II тоны, а в ряде случаев (особенно у детей) – III тон. При использовании фонокардиографии выявляются четыре тона. Тоны сердца обусловлены появлением колебаний в области сердца с частотой 15-400 Гц. Они возникают в результате закрытия клапанов, а также в результате воздействия потоков крови на желудочки. Считается, что первый тон возникает в результате закрытия атриовентрикулярных клапанов, главным образом, митрального, в меньшей степени – трикуспидального. Его лучше выслушивать на верхушке сердца в 5-м межреберье слева по среднеключичной линии или у основания мечевидного отростка. Второй тон в основном связан с закрытием полулунных клапанов (вначале закрывается аортальный и чуть позже – легочный клапаны). Аортальные клапаны лучше всего выслушивается во 2-м межреберье справа от грудины, а легочный во 2-м межреберье слева от грудины. Третий и четвертый тоны называются факультативными мышечными тонами, они всегда выявляются и обусловлены реакцией желудочка на быстрое наполнение кровью во время фазы быстрого пассивного наполнения и во время фазы активного наполнения кровью, обусловленное систолой предсердия.

Баллистокардиография.

БКГ- регистрация движений тела человека (краниально – каудального направления), связанных с сердечными сокращениями и перемещением крови в крупных сосудах. Она проводится с помощью индукционной катушки, то есть за счет электромагнитного датчика, сигнал которого подается на электрокардиограф. БКГ позволяет оценить сократительную

способность миокарда – в том числе и координированность сердечного сокращения, объем и скорость систолического изгнания крови, заполнение кровью полостей сердца во время диастолы, позволяет оценить гемодинамическую функцию сердца.[13]

Эхокардиография.

Первые сведения о физических свойствах ультразвука были получены в 1800 году, а в кардиологии ультразвук был впервые применен уже в 1850 году. В последние годы техника ультразвукового исследования (УЗИ) достигла больших возможностей, и поэтому эхокардиография как метод исследования деятельности сердца широко применяется во всем мире. Принцип метода состоит в том, что ультразвук то есть механические колебания 2- 5 мГц – с огромной скоростью (1540 м/с) проходит через ткани организма, не повреждая их.

1.5. Сердце и адаптация

Существование организма в постоянно меняющейся среде возможно благодаря физиологической адаптации. Сердечно-сосудистая система первой отзывается на воздействие средовых многочисленных факторов. Особенно детально изучены процессы тканевого ремоделирования, происходящие в сердце под действием физической нагрузки и гипоксии. Не случайно до настоящего времени оценка большинства функциональных проб с физической нагрузкой производится с обязательным учетом адекватности (соответствия) сдвигов в функциях сердечно-сосудистой системы физическим нагрузкам.

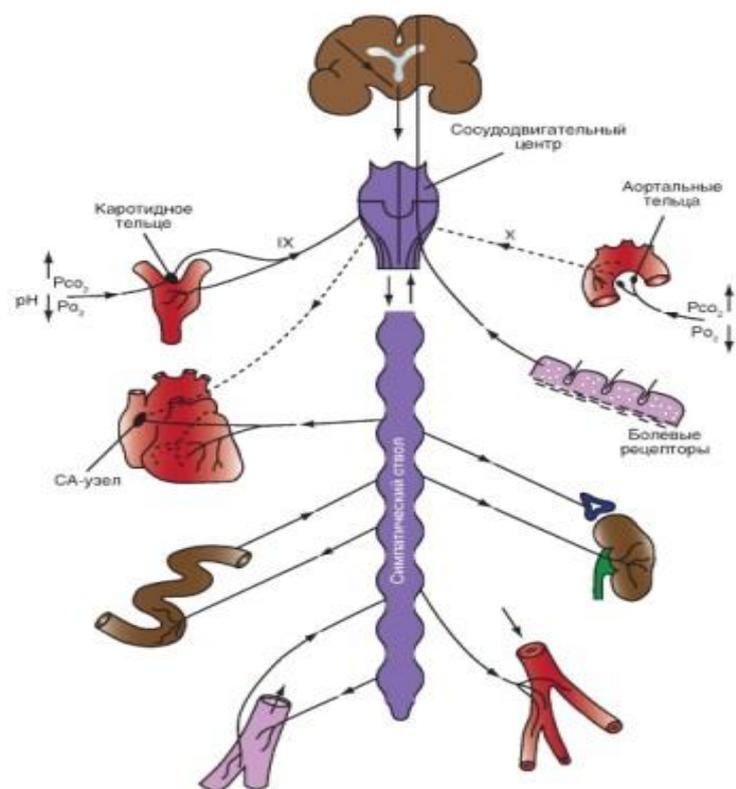


Рис.3 Схема, иллюстрирующая афферентные и эфферентные связи сосудодвигательного центра. IX - языкоглоточный нерв; X - блуждающий нерв.

Под действием регулярных физических упражнений увеличивается диаметр волокна, содержание в нем миофибрилл, митохондрий, креатинфосфата. Эти структурные изменения в теории адаптации получили название системный структурный след [Меерсон]. Благодаря им увеличивается мощность сокращения, сердечный выброс, минутный объем крови. Клеточные механизмы анаболических процессов детально расшифрованы в последние годы.[15]

Активация синтезов вызывается дефицитом АТФ, увеличением содержания аденозина, АМФ, которые через сложнейшие каскады реакций внутриклеточной сигнализации усиливают экспрессию (работу) генов функционально значимых белков [10]. Дефицит макроэргов при значительной физической нагрузке, в основном связан с временной

гипоксией. Термин «экспрессия», «экспрессивность» генов предложен выдающимся ученым Н.В. Тимофеевым-Ресовским (1900-1981).

Активация белковых синтезов в сердце, в регулирующих сердечную деятельность и сосудистый тонус нервных центрах, развивающаяся под влиянием гипоксии мозга запускает капиллярогенез, митохондриогенез, синтезы миоглобина. При гипоксии, связанной с недостаточностью кислорода в атмосфере, с разными видами недостаточности вентиляционной функции, анемии, имеет место увеличение активности гликолиза и, таким образом, вносит свой вклад в формирование системного структурного следа, составляющего основу адаптации к гипоксии [4]. Итог формирования этого состоит в том, что адаптированные животные, люди приобретают возможность осуществлять в условиях недостатка кислорода такую физическую и интеллектуальную активность, которая исключена для неадаптированных. В известном примере при подъеме в барокамере на высоту 7000 м хорошо адаптированные аборигены Анд могли играть в шахматы, а неадаптированные жители равнин теряли сознание [11].

Усиленный анаболизм в миокарде должен быть подкреплён достаточным транспортом энергетических и пластических субстратов, витаминов, функционирующих в качестве коферментов в метаболических путях, иначе имеет место срыв адаптации, проявляющийся нарушениями электрогенеза, несбалансированной гипертрофией как на клеточном так и на органном уровне. Клеточные механизмы процессов, сопровождающих патологическую адаптацию сердца детально изучены в последние годы.[29] Патологическое «ремоделирование» включает структурно-геометрические изменения в сердце, характеризующиеся гипертрофией, гиперплазией и нарушением взаимного расположения кардиомиоцитов, дистрофией и фиброзом миокарда, заменой в нем коллагена типа I на тип III, снижением относительной плотности капилляров и увеличением капилляро-мышечного пространства. Это приводит к дилатации и изменению геометрии полостей

сердца, его контуров, к прогрессирующему снижению его сократительной функции.

Выделяют несколько ключевых клеточных и молекулярно-генетических механизмов ремоделирования сердца. К ним относят:

— изменения в гено- и фенотипе (закключаются в активации экспрессии гена тяжелых цепей миозина, торможении процесса образования миофибрилл кардиомиоцитов, снижении АТФ-азной активности миозина, снижении инотропизма миокарда и др.);

— эксцентрическую гипертрофию миокарда (характеризующуюся гипертрофией, перерастяжением и увеличением продольного размера кардиомиоцитов);

— гибель кардиомиоцитов (как по механизмам некроза, так и апоптоза);

— тотальный кардиофиброз (интерстициальный, периваскулярный);

— повышенное образование и лизис коллагена;

— активацию металлопротеиназ с разрывами сшивок кардиомиоцитов и,

в связи с этим, их продольное проскальзывание.

Одновременно происходит и метаболическое ремоделирование, включающее расстройства энергообеспечения миокарда; дисбаланс ионов и жидкости,

спектра ферментов и их активности; нарушение синтеза компонентов мембран; существенные нарушения метаболизма в строме сердца и др. [30]

По сути своей, процесс ремоделирования сердца является ключевым звеном

патогенеза декомпенсации хронически поврежденного сердца. Если на сердце продолжает действовать повышенная нагрузка или оно дополнительно альтерируется, сила и скорость его сокращений падают, а их энергетическая «стоимость» возрастает: развивается декомпенсация ремоделированного сердца.

В основе этого процесса лежит нарушение сбалансированности роста различных его структур . Эти сдвиги, наряду с другими, обуславливают прогрессирующее нарастание: дилатации и сферизации полостей сердца, истончение его стенок, недостаточность клапанных отверстий, снижение силы сердечных сокращений и скорости контрактильного процесса, т. е. потенцирование хронической сердечной недостаточности.

Исследования в области спортивной физиологии и медицины продемонстрировали особую значимость для нормального протекания репаративных биосинтезов в миокарде тиамин, пантотеновой кислоты, никотиновой кислоты, пиридоксина [9]. Незавершенная адаптация сопровождается усилением активности симпатoadренальной и кортикостероидной осей, что можно регистрировать по содержанию в моче катехоламинов, содержанию в крови кортизола.

Снижение адаптивных возможностей, функционального резерва сердца и кровообращения в целом особенно выражено в процессе естественного старения.

1.6. Современные проблемы физиологии кровообращения и кардиологии

Успехи в лечении инфекционных заболеваний в первой половине 20 в привели к незначительному повышению средней продолжительности жизни. В настоящее время одна из основных причин смертности в мире связана с возрастными нарушениями сердечной деятельности. Интенсивные исследования природы возрастных нарушений метаболизма клеток сердца

продemonстрировали ключевую роль двух факторов. 1) Липидная дистрофия самих миокардиоцитов, угнетающей репаративные процессы в них, инициирующая апоптоз и другие формы клеточной гибели. 2) Сосудистые нарушения из-за повреждения сосудистой стенки атеросклеротическим процессом. Оба ключевых фактора, запускающих старение миокарда связаны, таким образом с необратимыми возрастными изменениями энергообмена и липидного обмена. До сих пор нет эффективных способов существенного замедления старения миокарда.[17]

Заместительная терапия миокарда – обширное направление кардиологии, базирующееся на современных достижениях хирургии, трансплантологии. Клеточные технологии в последние годы рассматриваются в качестве многообещающего подхода в кардиологии будущего.

Еще Каррель ставил задачу культивирования клеток *in vitro* для заместительной терапии. Зрелые миокардиоциты, как и другие типы мышечных клеток, не способны к делению. Однако в самом миокарде, как показали исследования последних лет, даже у взрослых сохраняется популяция клеток-предшественников, природа которых точно не установлена и является предметом научных дискуссий. Клетки – предшественники в различных органах – разновидность обширной популяции стволовых клеток.[17]

Стволовые клетки – это особый тип клеток, которые благодаря высокой активности теломеразы, имеют неограниченную способность к самообновлению и в то же время могут дифференцироваться в иные специализированные клетки. Стволовые клетки являются уникальной моделью и одновременно инструментом для того, чтобы изучать механизмы раннего развития, клеточной дифференцировки, поддержания и регенерации тканей. Уникальные способности стволовых клеток к длительной пролиферации и к дифференцировке делают их перспективным инструментом для клеточной терапии. Культивирование стволовых клеток,

разработка дифференцировочных коктейлей для направления их на путь миокардиальной дифференцировки все шире используется в экспериментальной медицине.

Однако любой орган состоит не из одного типа клеток, причем клетки разных типов формируют определенные функциональные трехмерные конструкции. Выращивание органов — перспективная биоинженерная технология, целью которой является создание различных полноценных жизнеспособных биологических органов для человека. Пока технология не применяется на людях, так как все попытки трансплантации подобных органов пока были безуспешными [16], однако идут активные разработки и эксперименты в этой области. Используя трёхмерные клеточные культуры (3D cell culture) учёные научились выращивать "затравки" органов названные органоидами (англ. organoid), не путать с органеллами). Такие органоиды используются учёными для изучения и моделирования органогенеза; тестирования и скрининга на органоидах различных лекарственных препаратов и токсичных веществ; а также для экспериментов по замене органов или терапии повреждённых органов трансплантатами .

Идея о искусственном выращивании человеческих органов не покидает учёных уже больше полувека, с того момента, как людям начали пересаживать органы доноров. Даже при возможности пересаживать большинство органов пациентам, в настоящее время очень остро стоит вопрос донорства. Многие пациенты умирают, не дождавшись своего органа [4]. Культивируя эмбриониды на коллаген-конъюгированных гидрогелях с жесткостью, подобной жесткости сердечной мышечной ткани Шкуматову с соавторами [8] удалось получить кардиоваскулярные органоиды, способные сокращаться.

Глава II: Методические рекомендации к курсу занятий «Кровообращение: от Гарвея к открытиям будущего»

Данный курс предназначен для специализированных классов естественнонаучной направленности, которые проходят свое обучение на базе КГПУ им. В.П Астафьева. Настоящие методические рекомендации являются обобщением первого опыта проведения занятий по физиологии сердца и кровообращения на базе ФБГХ. Эти рекомендации могут быть использованы при проведении дополнительных занятий для специализированных классов, так же для заинтересованных школьников, планирующих связать свою профессию с биологией.

Пояснительная записка к курсу занятий «Кровообращение: от Гарвея к открытиям будущего»

Цель – расширение и углубление представления по физиологии сердца и сосудов.

Задачи

1. Сформировать представления о многоуровневости механизмов функционирования системы кровообращения, о закономерностях структурного ремоделирования тканей сердца и сосудов при адаптации к разным факторам, в онтогенезе, при разных видах патологий, о современных клеточных технологиях в кардиологии, трансплантологии;
2. Формирование у учащихся некоторых экспериментальных навыков исследования функциональных резервов кровообращения;

3. Установление предметных связей с такими науками как химия, экология, физика;
4. Продолжить развитие умения анализировать, сравнивать, выделять главное, устанавливать причинно-следственные связи.

Занятие 1. « Физиология: история и современность »

В начале занятия преподаватель спрашивает, с какими разделами биологии они уже знакомы, занятия по каким биологическим дисциплинам у них уже состоялись на факультете. По ответам учащихся еще раз определяются предмет, цели и задачи физиологического исследования. Предлагается обсудить, кем и как эти задачи ставились, какие пути и способы предлагались для их решения, т.е. историю развития физиологии.

Далее следует фронтальная беседа. Основные вопросы, с которыми будут работать учащиеся:

- С какого периода начинает формироваться физиология как наука?

Преподаватель обращает внимание учащихся на интерес ученых древности к сердцу и сосудам с демонстрацией влажных препаратов сердца, на ограниченность анатомических наблюдений. Представления Галена о сердечно-сосудистой системе.

- Кто считается основоположником физиологии? Почему?

Далее следует рассказ преподавателя об У. Гарвее, его опытах и открытии кругов кровообращения, функции сердца. Два учащихся под руководством преподавателя выполняют опыт Гарвея со жгутом. Преподаватель обращается к учащимся с просьбой объяснить полученные в ходе выполнения опыта результаты. Далее преподаватель рассказывает об экспериментах Гарвея по оценке минутного объема крови у разных животных, математических расчетах, доказывающих замкнутость системы кровообращения. Дается определение понятия «Острый эксперимент (вивисекция)».

-Какие открытия в области естественных наук способствовали современным представлениям о кровотоке.

Какие процессы невозможно изучить в остром эксперименте?

Далее преподаватель рассказывает о возможностях и особенностях хронического эксперимента, о значении для его проведения приборов, регистрирующих физико-химические процессы, о создании электрокардиографа В. Эйнтховеном. Подчеркивается, что хронический эксперимент не дает, как правило, возможность выявить клеточный механизм физиологического процесса. Рассказ об эксперименте *in vitro*.

Выводы. Раскрыть сущность и механизм процессов в организме можно только экспериментальным путем. Поскольку в основе жизнедеятельности физико-химические процессы - физиологический эксперимент опирается на сведения из других естественных наук, на математические расчеты, использует приборы.

Формы организации занятия: лекция и практикум.

Занятие 2. « Клеточная биология миокарда »

В начале занятия преподаватель задает вопросы: Что происходит в волокнах миокарда в процессе сокращения? Подчеркивается значение знаний о клеточном строении миокарда для коррекции патологических расстройств сердечной деятельности.

Проводится актуализация знаний по строению животной клетки (возможно проведение в виде совместного рисования обобщенной схемы животной клетки). Кроме этих общих для всех клеток органелл разные виды клеток обладают специфическими структурами, необходимыми для реализации их функции. Вводится понятие дифференцированной клетки.

Лабораторная работа – особенности клеточного строения миокарда.

Учащиеся должны увидеть на микроскопическом препарате: кардиомиоциты, вставочные диски, рыхлую соединительную ткань. Сравнить со скелетно-мышечным волокном.

Обсуждаются с помощью выданных учащимся электронограм и схематического рисунка особенности строения кардиомиоцита, значение этих структур в процессе сокращения

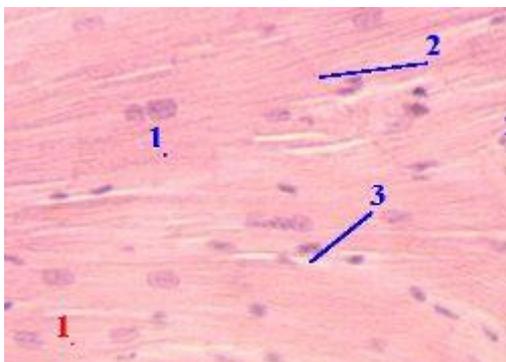


Рис.4 Препарат - срез миокарда. Окраска гематоксилин-эозином. кардиомиоциты (1), вставочные диски (2), рыхлая соединительная ткань (3)

Ввести понятие : атипичная мышечная ткань сердца. Особенности ее клеточного строения. Демонстрация на влажных препаратах, муляжей участков скопления атипичной мышечной ткани, ее роль в автоматии сердца. Природа управляющих сигналов.

Формируются выводы. Формы занятия применяемые на уроке : лекция и урок-практикум.

Вывод: На примере миокарды мы сталкиваемся с основополагающим биологическим принципом – единство структуры и функции. Процессы, управляющие функцией клетки, имеют физическую - электрическую природу. Поэтому, регистрируя электрические поля в организме – можно неинвазивно, не нарушая структур организма изучать работу его органов. С таким методом, имеющим давнюю историю, но не утратившим свое значение – с электрокардиографией, мы познакомимся на следующем занятии.

Занятие 3. «Физиология сердца: биопотенциалы сердца и их изучение»

В начале занятия проводится актуализация знаний об узлах автоматии, проводящей системе сердца.

- Кто основоположник электрокардиографии? Преподаватель напоминает об изобретении Виллиса Эйнтховена

Учащимся демонстрируется электрокардиограф, его узловые части, запись электрокардиограммы. Дается расшифровка зубцов ЭКГ и их соответствие отделам сердца, по которым движется возбуждение.

Что можно измерить на ЭКГ и какие сделать выводы по кардиограмме?

Затем проводится лабораторная работа « Электрокардиография », во время которой учащимся предлагается возможность снять свою электрокардиограмму. У одного или нескольких учащихся ЭКГ снимают до и после физической нагрузки. После того как учащиеся снимут свои показания проводится анализ электрокардиограмм. Рассчитывается ЧСС, делается заключение об управляющем узле автоматии (водителе ритма), оценивается правильность ритма, делается заключение о направлении электрической оси сердца. Преподаватель обращает внимание на изменение ЭКГ после нагрузки. Каково значение этих изменений? Каков их механизм?

Вывод: Электрокардиография – информативный неинвазивный метод изучения сердца, используемый на протяжении столетия.

Анализ занятия.

В общей сложности было проведено 3 занятия по данной теме, для специализированных классов естественно научной направленности. На занятии были представлены различные методы обучения: проблемный, частично-поисковый или эвристический метод, объяснительно-иллюстративный, практический. У данных групп учащихся достаточно высокий интерес к обучению, в связи с естественно научным профилем образовательного учреждения. С самого начала проведения занятия, учащимся удалось без проблем вывести цель и задачи, предварительно

ответив на вопросы преподавателя. Учащиеся с удовольствием участвовали в открытом диалоге с преподавателем.

В тоже время на занятии выявились и ряд проблем. У многих учащихся возникли сложности при обсуждении принципа работы основных узлов электрокардиографа из-за пробелов в знаниях по физике, раздел «Электричество и магнетизм». В частности, десятиклассники затруднялись в ответе на вопрос о принципе работы гальванометра, не прояснили ситуацию наводящие вопросы об опытах Эрстеда. Преподавателю пришлось кратко описать эти опыты, напомнить их значение для развития физики, и, после объяснить значение этих физических опытов и создания струнного гальванометра для регистрации и изучения биопотенциалов нервов и скелетной мускулатуры в острых экспериментах, а затем их использование в конструировании прибора для неинвазивного изучения сердца. Отдельные школьники испытывали затруднения, когда в задачах по ЭКГ использовалось понятие электрического вектора сердца. Выяснилось, что в естественнонаучных классах количество часов на физику, являющуюся фундаментом биологического знания, пренебрежимо мало.

Некоторые школьники испытывали сложности с расчетами и анализом ЭКГ, трудно было сопоставить длину интервала и его продолжительность. Эти трудности, вероятно, связаны с малой представленности лабораторных работ по физиологии в школьном курсе.

При объяснении изменений на ЭКГ после физической нагрузки школьники в основном, давая объяснения, акцентировали внимание на значение этих изменений для адаптации к интенсивной мышечной деятельности. Это, безусловно, положительная сторона их догадок, может быть использована в следующем занятии по адаптации сердца, например, к физическим нагрузкам. В тоже время из объяснений практически выпал материал об иннервации сердца, об эффектах симпатического и блуждающего нервов на миокард.

Занятие 4.« Методы исследования сердечно-сосудистой системы, регистрирующие механические и звуковые явления, сопровождающие сердечную деятельность »

В начале занятия учащиеся решают несколько задач ЭКГ. Преподаватель начинает лекцию по заявленной ранее теме, так же во время лекции происходит фронтальная беседа. Вопросы, рассматриваемые на данном занятии:

- Какие еще методы вы знаете в оценке работоспособности сердца?
- Чем характеризуется метод аускультация?
- Имеет ли практическое применение метод эхокардиографии?

Рекомендуется проведение лабораторной работы с помощью стетоскопа (учащимся раздаются памятки, с помощью которых проводится лабораторная работа. Затем учащиеся формируют выводы и делают заключение.

Формы организации: лекция и лабораторная работа.

Вывод: В измерении состояния сердца применяются различные методы. Самым распространенным является метод аускультации, его применяют уже несколько столетий, конечно прибор преобразуется и изменяется, но сам метод остается актуальным.

Занятие 5 « Сердце и адаптация »

Форма проведения: лекция с элементами практикума

В введении к занятию обсуждается значение инструментальных телеметрических методов оценки физиологических функций для выяснения работоспособности, рисков отказа функциональных систем у отдельных категорий людей, деятельность которых связана с экстремальными нагрузками, таким как космонавты, спортсмены, альпинисты, мореплаватели и др. В ходе обсуждения учащимся предлагается вспомнить такое

универсальное свойство живого организма как «Адаптация». Обычно учащиеся вспоминают про генотипическую и фенотипическую адаптацию. Преподаватель редактирует ответы и выдает понятие физиологической адаптации (*по Меерсону*), по желанию учащиеся записывают его. Одновременно вводятся понятия стресс-фактора.

Предлагается обсудить чем отличается и каковы механизмы адаптивных изменений в сердце спортсмена, одновременно заполняя таблицу(Рис.5). Параллельно проводится актуализация знаний по ЭКГ, эхокардиографии с использованием записей ЭКГ у спортсменов. Делается промежуточный вывод о повышении функциональных резервов сердца в процесса нормальной адаптации

Чтобы управлять адаптационным процессом, предупредить срыв адаптации, необходимо знание молекулярных механизмов. Рассматриваются молекулярные механизмы активации белковых синтезов. Многие учащиеся читали повесть Д. Гранина «Зубр», поэтому рассказывая про индуцированную стрессором экспрессию генов, целесообразно вспомнить, что этот термин введен выдающимся российским ученым Тимофеевым – Ресовским. Также целесообразно вспомнить таких выдающихся российских адаптологов как профессор Меерсон Ф.З., вводя понятие «системный структурный след».

Таблица 1

Механизмы адаптации к двигательной нагрузке в сердечно - сосудистой системе

Показатель	Изменения	
Механизмы адаптации сердца	Физиологическая дилатация (удлинение мышечного волокна)	Физиологическая гипертрофия (утолщение мышечного волокна)
	Увеличение резервного объема крови	Увеличение сократительной способности миокарда
Влияние физической нагрузки на функции сердца	Увеличение объема и производительности сердца	
Механизмы адаптации сосудов	Увеличение тонуса и эластичности сосудистой стенки, развитие коллатералей	
Экстракардиальные факторы кровообращения при мышечной работе	Сосудистые: расширение капилляров; ускорение кровотока; уменьшение депонирования крови; пульсовые толчки; чисто механическое действие мышечных сокращений на сосуды	Несосудистые: мышечный насос; изменение внутрибрюшного давления; присасывающее действие грудной клетки; движения в суставах

Структурные преобразования требуют притока пластических и энергетических субстратов. Исходя из этой посылки, раскрывается понятие «неспецифический адаптационный синдром» и его гормональный механизм. Поскольку дети уже знакомы с гормонами, целесообразно эту часть занятия провести в форме беседы.

Вывод: В процессе физических тренировок усиливается транскрипция с генов, кодирующих функционально значимые белки миокарда, факторы капиллярогенеза. Эти структурные преобразования обеспечивают тренированному организму преимущества перед нетренированным, позволяют ему выполнять мышечную работу такой продолжительности и интенсивности, какую нетренированный не способен осилить.

Занятие 6. «Современные проблемы физиологии кровообращения и кардиологии»

Форма проведения: видео-урок

Во введении к занятию преподаватель кратко останавливается на старении сердца и сопутствующих процессу старения заболеваниях. Учитывая достаточно высокий уровень знаний по химии, можно рассказать об окислительном клеточном стрессе, о вызванных им нарушениях клеточных мембран и др. Пользуясь знаниями о клеточных механизмах адаптации,

можно долго сдерживать процесс старения, но в поздние сроки онтогенеза возможности адаптационной медицины ограничены.

Проблемный вопрос: Как запустить репарационные процессы в старом и/или больном сердце? Что Вам известно о клеточных технологиях в современной медицине?

Для систематизации знаний учащимся предлагается видеофрагмент с научно-популярной лекцией известного специалиста в области клеточной биологии проф. Киселева С.В.

Перед просмотром видеофрагмента учащимся предлагаются вопросы, на которые после просмотра нужно будет ответить:

Основные свойства плюрипотентных стволовых клеток? Что означает термин «потентность»?

Каковы механизмы функциональной специализации клетки?

Как запускается этот процесс в клетке организма? Как можно его запустить искусственно? Что такое соматическое репрограммирование?

Процесс репрограммирования клеток можно представить как «бег с препятствиями», где «бегуны» (клетки, обладающие различными свойствами), расположившись на своих дорожках, должны преодолеть ряд барьеров, таких, как различная экспрессия в разных клетках генов самих факторов репрограммирования, провести ремоделирование хроматина, преодолеть апоптоз и т. д.

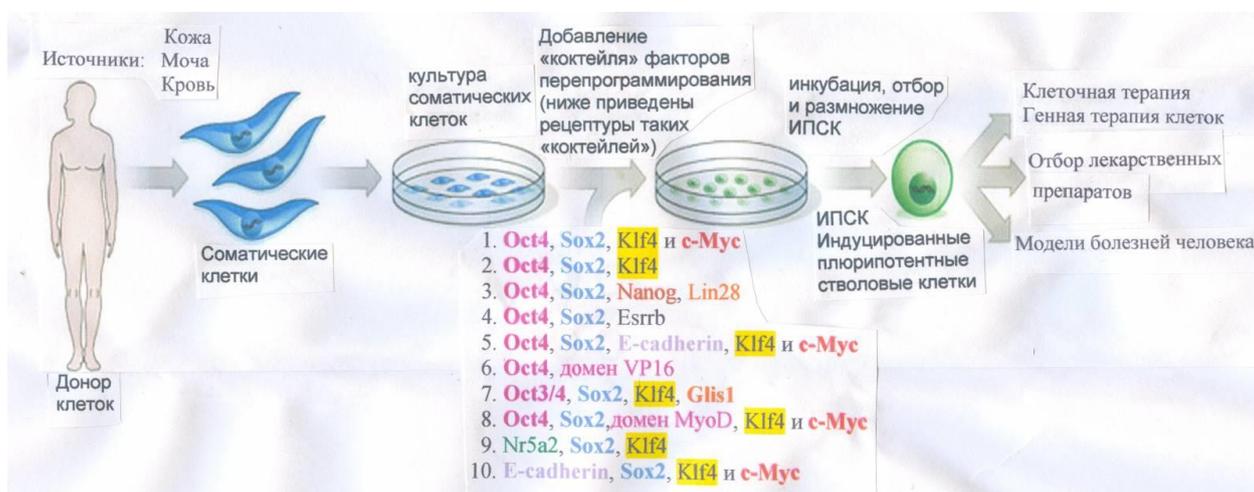


Рис.6 Основные этапы процесса соматического репрограммирования клеток

Вывод: Накопление знаний в области молекулярной биологии, исследования механизмов функционирования генома и протеома клетки дает импульс развитию новых технологий в физиологии и медицине.

Заключение

Данный курс был разработан для мотивированных школьников 10 класса и проведен на базе КГПУ им. В.П. Астафьева. Перед его проведением была поставлена цель и выведены задачи. Курс занятий имеет достаточно весомую практическую деятельность, в каждом занятии обязательно присутствует задания, которые формируют практические навыки. Мною было апробировано одно занятие, для 3 групп учащихся 10 класса гимназии №1. У данных групп учащихся достаточно высокий интерес к обучению, в связи с естественно научным профилем образовательного учреждения.

Данный курс занятий может быть проведен и на базе образовательного учреждения, за исключением некоторых практических работ. Из проведено рефлексии стало ясно, что большая часть учащихся усвоила материал, им понравилась форма организации занятия, большое количество работы практической направленности.

Выводы

1. Разработано теоретическое содержание курса занятий по физиологии кровообращения на базе лаборатории физиологии ФБГХ для учащихся профильных естественнонаучных классов. Особенностью курса является погружение старшеклассников в проблематику физиологического эксперимента.
2. Разработаны методические рекомендации с подробным описанием хода занятий, постановкой проблемных вопросов, формулировкой выводов. Занятие «Биопотенциалы сердца» апробировано с учащимися профильного 10 класса лицея №1.

Список используемых источников

1. Александрин, В.В. Мастер и сердце / В.В. Александрин //Химия и жизнь. 2010. № 11. С. 28-35.
2. Бабанов, С. Профессиональные поражения сердечно-сосудистой системы / С. Бабанов, Р. Бараева // Врач. - 2015. - № 3. - С. 7-10.
3. Бак, В.Ф. Биология языком сердца / В.Ф. Бак – Украина: Вебер, 2010. – 176 с.
4. Башмакова В. Исследована проводящая система сердца рыб / В. Башмакова // http://elementy.ru/novosti_nauki/431469
5. Беркенблит, М.Б., Глаголева, Е.Г. Электричество в живых системах /М.Б. Беркенблит, Е.Г. Глаголева – М.: Библиотечка «квант», вып. 69, 1988. – 200 с.
6. Давей, П. Наглядная ЭКГ / П. Давей ; пер. с англ. ; под ред. М. В. Писарева. - Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2011. - 168 с.
7. Евлахов, В.И. Основы физиологии сердца / В.И. Евлахов, А.П. Пуговкин и др. – Санкт-Петербург : СпецЛит, 2010. – 157 с.
8. Исторический очерк развития физиологии / <http://physiolog.spb.ru/history4.html>
9. Канищева, Л.О. Психология на уроках биологии / Л.О. Канищева, Л.В. Турищева – Украина: Триада+, 2007. – 128 с.
10. Киселев, С.Л. Стволовые клетки и генетическое репрограммирование / С.Л. Киселев. – Москва: Институт общей генетики им. Н.И. Вавилова РАН, 2013. – 853-863 с.
11. Конюшко, В.С. Методика обучения биологии / В.С. Конюшко, С.Е. Павлюченко, Чубаро С.В – Минск: Книжный дом , 2011. – 256 с.
12. Лункевич, В.В. От Гераклита до Дарвина. Очерки по истории биологии / В.В. Лункевич – М.: Бином, 2012. – 479 с.

13. Лучицкая, Е. Сердце в космосе: знакомство с космической биологией и медициной / Е. Лучицкая // http://elementy.ru/events/434464/Bioseminary_v_SPbGU
14. Минец, М.Л. Контроль знаний, умений и навыков на уроках биологии / М.Л. Минец, В.В. Гричик – Минск: БГУ, 2010. – 148 с.
15. Моисеев, В. С. Кардиомиопатии и миокардиты / В. С. Моисеев, Г. К. Киякбаев. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2013. - 352 с.
16. Мутафьян, О. А. Пороки сердца у детей и подростков / О. А. Мутафьян. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2009. - 560 с.
17. Наумова, А.В. Терапия 21 века: Upgrade / А.В. Наумова – Москва: Издательский дом «Панорама», 2014. – 68-72 с.
18. Ноздрачев, А.Д. Начала физиологии / А.Д. Ноздрачев – СПб: Издательский дом «Лань», 2014. – 149 с.
19. Пакулова, В.М. Современный урок биологии / В.М. Пакулова, Т.В. Голикова – Красноярск: КГПУ им В.П. Астафьева, 2014.- 214 с.
20. Поздняков, Ю. М. Практическая кардиология / Ю. М. Поздняков, В. Б. Красницкий. - Москва : БИНОМ, 2007. - 776 с.
21. Резник, Н.Л. Сердце питона /Н.Л. Резник // Химия и жизнь. 2012. №1. С. 28-40
22. Ройнтберг, Г.Е. Сердечно-сосудистая система / Ройнтберг Г.Е., Струтынский А.В. – М.: Просвещение, 2007. – 910 с.
23. Синельников, Р.Д. Атлас анатомии человека Т.3 / Р.Д. Синельников – Москва: «Медицина», 2008.- 267 с.
24. Сулимов, В.А. Медикаментозное лечение нарушений ритма сердца / В. А. Сулимов. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2011. - 448 с
25. Тот, П. П. Нарушения липидного обмена / П. П. Тот, К. К. Мэки ; пер. с англ. ; под ред. В. В. Кухарчука. - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 272 с.
26. Филимонов, В. И. Руководство по общей и клинической физиологии / В.И Филимонов. – М.: МИА, 2002. – 145с.

27. Хамм, К. Электрокардиография / К. Хамм, Ш. Виллемс - Москва : ГЭОТАР-Медиа, 2010. - 352 с.
28. Эволинская, Е. Ю. Распространенность некоторых модифицируемых факторов риска развития сердечно-сосудистых заболеваний среди студенческой молодежи / Е. Ю. Эволинская, М. Г. Кимициди, А. А. Александров и др. – Москва: Просвещение, 2015. – 97 с.
29. Яновская, М.И. Вильям Гарвей /М.И. Яновская – М: Молодая гвардия, 1957. – 176 с.
30. Ярыгин, В.Н Биология / В.Н. Ярыгин – Москва: Просвещение,2011. – 157 с.