

Министерство образования и науки Российской Федерации  
Ярославский государственный университет им. П. Г. Демидова

**Н. Н. Тятенкова**

**Физиология висцеральных систем**

Часть 2

**Физиология сердечно-сосудистой  
и дыхательной систем**

*Текст лекций*

*Рекомендовано*

*Научно-методическим советом университета для студентов,  
обучающихся по направлению «Экология и природопользование»*

Ярославль  
ЯрГУ  
2013

Наталия Тятенкова

**Физиология висцеральных систем.  
Часть 2. Физиология сердечно-  
сосудистой и дыхательной систем**

«БИБКОМ»

2013

УДК 612:591.1(042.3)  
ББК 28.707я73+28.673я73

**Тятенкова Н. Н.**

Физиология висцеральных систем. Часть 2. Физиология сердечно-сосудистой и дыхательной систем / Н. Н. Тятенкова — «БИБКОМ», 2013

ISBN 978-5-8397-0962-1

Текст лекций содержит сведения о строении, функциях и методах исследования сердечно-сосудистой и дыхательной систем.

УДК 612:591.1(042.3)  
ББК 28.707я73+28.673я73

ISBN 978-5-8397-0962-1

© Тятенкова Н. Н., 2013  
© БИБКОМ, 2013

## Содержание

Лекция 1. Физиология сердца	5
1. Строение сердца	6
2. Свойства сердечной мышцы	8
Конец ознакомительного фрагмента.	10

**Н. Н. Тятенкова**  
**Физиология висцеральных систем.**  
**Часть 2. Физиология сердечно-**  
**сосудистой и дыхательной систем**

**Лекция 1. Физиология сердца**

1. *Строение сердца.*
2. *Свойства сердечной мышцы.*
3. *Механическая работа сердца.*
4. *Методы исследования деятельности сердца.*
5. *Понятия и термины.*

## 1. Строение сердца

Сердце представляет собой полый мышечный орган, расположенный в левой половине грудной полости. Его вес у взрослого человека составляет в среднем 300 гр. (0,40–0,46 % от массы тела), длина – 12–13 см. Сердце человека продольной перегородкой разделено на две не сообщающиеся между собой половины: левую (системную), содержащую оксигенированную кровь, и правую (легочную), в которую поступает венозная кровь, бедная кислородом. В верхней части каждой половины расположено предсердие, в нижней части – желудочек, отделенные друг от друга прослойкой плотной соединительной ткани. Предсердие и желудочек соединены между собой отверстием, снабженным в левой половине двустворчатым (митральным), а в правой – трехстворчатым клапанами. Свободные края створок клапанов обращены в полость желудочков. Со стороны желудочков к клапанам прикрепляются сухожильные нити, что позволяет створкам открываться только в сторону желудочков. От левого желудочка отходит аорта, от правого – легочная артерия. Выходы из желудочков закрыты полулунными клапанами. Полулунный клапан представляет собой три карманообразные складки, свободные края которых направлены в просвет сосуда. Между предсердиями и впадающими в них венами клапанов нет, обратному току крови препятствует кольцеобразная мускулатура, работающая наподобие сфинктера.

Сердце расположено в эластичной соединительнотканной оболочке – околосердечной сумке, или *перикарде*. Стенка сердца состоит из трех оболочек: наружной, средней и внутренней. Наружная оболочка (*эпикард*) представлена слоем мезотелиальных клеток. Внутренняя оболочка (*эндокард*) образована соединительнотканными элементами и эпителиальными клетками.

Средняя многотканевая оболочка – *миокард* – состоит из поперечнополосатой сердечной мышечной ткани, межмышечной рыхлой соединительной ткани, многочисленных кровеносных сосудов и нервных элементов.

Основную массу миокарда составляет сердечная мышечная ткань, в ее составе выделяют несколько разновидностей мышечных клеток (кардиомиоцитов): сократительные, специализированные, переходные и секреторные. Между собой кардиомиоциты связаны волокнами межмышечной соединительной ткани. Все кардиомиоциты – это высоко дифференцированные клетки, не способные к делению и регенерации. Увеличение массы сердца в постэмбриональном периоде происходит за счет увеличения объема отдельных волокон.

Наиболее многочисленными клетками миокарда являются *сократительные кардиомиоциты* (рабочие, или сократительные, волокна) – средние по величине клетки, имеющие поперечнополосатую исчерченность благодаря наличию актиновых и миозиновых филаментов. Сократительные кардиомиоциты способны сильно сокращаться, обеспечивая нагнетательную функцию сердца. Их сокращение не зависит от внешней иннервации. Нервы, иннервирующие сердце, могут только изменять частоту и силу сокращений.

*Переходные кардиомиоциты* (Т-клетки) располагаются между проводящими и сократительными кардиомиоцитами, имеют промежуточные цитологические характеристики и обеспечивают взаимодействие между разными типами кардиомиоцитов.

*Специализированные кардиомиоциты* (специфические, атипичные) имеют небольшие размеры, слабо развитый сократительный аппарат. Различают Р-клетки и клетки Пуркинье. *Р-клетки* почти лишены сократительных элементов, способны генерировать электрические импульсы. Возбуждение по таким клеткам проводится очень медленно. *Клетки (волокна) Пуркинье* расположены на внутренней оболочке желудочков, это самые крупные клетки миокарда, имеют вытянутую форму. Эти клетки слабо сокращаются, обладают автоматией, но в меньшей степени, чем Р-клетки, и очень быстро проводят возбуждение, обеспечивая его распро-

странение по миокарду. Специализированные кардиомиоциты составляют основу проводящей системы. Последняя включает синусно-предсердный, предсердно-желудочковый узлы и пучок Гиса. *Синусно-предсердный узел* (узел Кейт – Флака, синоатриальный узел), расположен в месте впадения полых вен в правое предсердие и образован Р-клетками, которые посредством Т-клеток связаны между собой и сократительными кардиомиоцитами предсердий. *Предсердно-желудочковый узел* (атриовентрикулярный узел, узел Ашоффа – Товара) расположен в толще сердечной перегородки на границе предсердий и желудочков, образован Р-клетками, клетками Пуркинье, Т-клетками. *Пучок Гиса* берет начало от предсердно-желудочкового узла и образует две ножки, заканчивающиеся тонкими волокнами Пуркинье, которые непосредственно контактируют с рабочими клетками миокарда. Основу пучка составляют клетки Пуркинье, связанные с сократительными кардиомиоцитами посредством Т-клеток.

*Секреторные кардиомиоциты* выполняют эндокринную функцию и располагаются преимущественно в предсердиях.

Кардиомиоциты структурно и функционально связаны друг с другом при помощи вставочных дисков. Десмосомы, находящиеся в области диска обеспечивают механическую связь, а щелевые контакты (*нексусы*) – функциональное взаимодействие. Вставочные диски соединяют кардиомиоциты «конец в конец», образуя тем самым непрерывную электрическую сеть (*функциональный синцитий*). В результате возбуждение, возникая в любой точке сердца, охватывает его целиком.

**Кровоток в сердце.** Сердечная мышца является самым большим потребителем кислорода в расчете на 1 г массы. В покое сердце поглощает около 30 мл кислорода за 1 минуту. Особенностью коронарного кровотока является прерывистость, периодичность. В момент систолы кровоток по артериям прекращается, а по венам кровь выталкивается. В основном миокард получает кровь во время диастолы. Следовательно, чем короче систола и длиннее диастола, тем лучше кровоснабжение сердца. В среднем в покое сердце получает 200–250 мл крови в минуту, в условиях интенсивной нагрузки кровоток достигает 3–4 л/мин. Уменьшение коронарного кровотока снижет сократимость миокарда.

## 2. Свойства сердечной мышцы

Сердечная мышца обладает следующими физиологическими свойствами: автоматия, возбудимость, проводимость и сократимость. Возбудимость, проводимость и автоматия миокарда обеспечиваются электрохимическими процессами, происходящими на плазматической мембране кардиомиоцитов. Сократимость реализуется за счет сократительных и регуляторных белков, расположенных в саркоплазме.

**Автоматия** сердца проявляется в способности ритмически возбуждаться под влиянием импульсов, возникающих в самом органе. Автоматия сердца обеспечивается клетками специфической мускулатуры, способными к самопроизвольной генерации потенциала действия. Эти клетки образуют *узлы автоматии* (водители ритма, пейсмекеры). В норме водителем ритма первого порядка служит синусно-предсердный узел. Частота его разрядов составляет 60–80 импульсов в минуту. Водитель ритма второго порядка локализован в предсердно-желудочковом узле, собственная частота ритмической активности клеток которого составляет 40–60 импульсов в минуту. Водитель ритма третьего порядка представлен клетками Пуркинью, входящими в состав проводящей системы желудочков с импульсацией 20–40 разрядов в минуту. Водители ритма в сердце подчиняются «закону градиента автоматии», согласно которому степень автоматии пейсмекера тем выше, чем ближе он расположен к синусно-предсердному узлу. В результате активность нижележащих водителей ритма подавляется синоатриальным узлом. Если по каким-либо причинам возбуждение синусно-предсердного узла не возникает, роль водителя ритма берет на себя пейсмекер второго или третьего порядка. В случае полной поперечной блокады предсердия и желудочки сокращаются независимо друг от друга.

Из всей массы синусно-предсердного узла только несколько клеток обладают способностью к спонтанной генерации потенциала действия. Эти самые «быстрые» клетки называют *истинными пейсмекерами*, они обычно подавляют более медленные и определяют частоту сокращений сердца. Если активность таких клеток по какой-либо причине прекращается, то водителем ритма становятся более медленные клетки (латентные, или *потенциальные пейсмекеры*), которые задают менее частый ритм.

**Возбудимость.** Сердечная мышца относится к возбудимым тканям. Это означает, что волокна миокарда отвечают на пороговые стимулы генерацией потенциала действия. По скорости развития фазы деполяризации кардиомиоциты делят на клетки с «медленным ответом» (проводящие клетки синусно-предсердного и предсердно-желудочкового узлов) и клетки с «быстрым ответом» (сократительные кардиомиоциты, проводящие кардиомиоциты и волокна Пуркинью).

В межимпульсный период проницаемость мембраны кардиомиоцита существенно выше для ионов калия, следовательно возникновение отрицательного диастолического потенциала определяется пассивным транспортом ионов калия. В формировании отрицательного диастолического потенциала также участвует активный транспорт ионов (К-Na-насос). В результате в клетку вносится два иона калия и выносятся три иона натрия, что создает выходящий ток положительных зарядов.

Мембранный потенциал «медленных клеток» водителей ритма во время диастолы не стабилен. Поэтому его нельзя назвать «потенциалом покоя». Мембранный потенциал самопроизвольно отклоняется от максимального отрицательного уровня в сторону деполяризации (медленная диастолическая деполяризация). Когда мембранный потенциал достигает критического уровня, пейсмекер генерирует потенциал действия. Потенциал действия распространяется с возбужденной клетки на соседние невозбужденные, что приводит к распространению возбуждения по миокарду. Диастолический потенциал для кардиомиоцитов этого типа составляет около –60 мВ, амплитуда потенциала действия порядка 50 мВ, скорость распространения неве-

лика. Фазы деполяризации и реполяризации протекают плавно. Фаза деполяризации обеспечивается входящим током ионов кальция. Фаза реполяризации обеспечивается соотношением между выходящим током ионов калия и входящим током ионов кальция. Реполяризация завершается достижением диастолического потенциала, после чего следует спонтанная диастолическая деполяризация. У «быстрых клеток» максимальный диастолический потенциал составляет около  $-90$  мВ, амплитуда потенциала действия порядка  $120$  мВ. Мембранный потенциал сократительных кардиомиоцитов в период между двумя электрическими импульсами стабилен и называется потенциалом покоя. Формирование потенциала действия проходит пять фаз: быстрая деполяризация, быстрая начальная реполяризация, плато, конечная реполяризация, диастолический потенциал (наблюдается в период покоя клетки).

В период *быстрой деполяризации* открываются быстрые натриевые каналы, и натрий устремляется в клетку. Каналы быстро инактивируются (закрываются) и открываются медленные Na-Ca-каналы, по которым в клетку входят ионы натрия и кальция. Это порождает достижение пика потенциала действия (овершута). Медленные Na-Ca-каналы не способны к быстрой инактивации и остаются открытыми в фазу быстрой реполяризации и плато. *Реполяризация* обусловлена входом в клетку ионов кальция. В период *плато* продолжается вход в клетку натрия и кальция по медленным каналам. Одновременно открываются калиевые каналы, и ионы калия выходят из кардиомиоцитов. Число входящих катионов (ионы натрия и кальция) равно числу выходящих катионов (ионы калия), в результате мембранный потенциал «застывает» – возникает плато потенциала действия. В фазу *конечной реполяризации* поток выходящих ионов калия становится сильнее.

В состоянии покоя в кардиомиоцитах в электрогенном режиме работает натрий-калиевый насос, в результате которого один ион калия вносится в клетку, три иона натрия выносятся из клетки.

Определенным фазам цикла возбуждения миокарда соответствуют периоды невозбудимости (*абсолютной рефрактерности*) и сниженной возбудимости (*относительной рефрактерности*)

## **Конец ознакомительного фрагмента.**

Текст предоставлен ООО «ЛитРес».

Прочитайте эту книгу целиком, [купив полную легальную версию](#) на ЛитРес.

Безопасно оплатить книгу можно банковской картой Visa, MasterCard, Maestro, со счета мобильного телефона, с платежного терминала, в салоне МТС или Связной, через PayPal, WebMoney, Яндекс.Деньги, QIWI Кошелек, бонусными картами или другим удобным Вам способом.