

 We would be interested to hear your opinion about this publication. You can let us know at <http://www.kingfishergroup.nl/questionnaire/>

ФИЗИОЛОГИЯ

Органофизиология с
феноменологической
точки зрения



Christina van Tellingen MD

**Дополнительная литература для изучающих
медицину Volk's companions**

Физиология

**Физиология органов с феноменологической точки
зрения**

Христа ван Теллинген, доктор медицины

Об Институте Луи Болка

Институт Луи Болка проводит исследования, необходимые для развития органического и устойчивого сельского хозяйства, продовольствия и здравоохранения с 1976 года. Его основная доктрина гласит, что природа является источником всех знаний о жизни. Институт является лидером в своей области благодаря внутреннему и международному взаимодействию с практикующими специалистами, использованию знаний, полученных эмпирическим путем и рассмотрению различных вопросов в более широком контексте. С помощью своих новаторских исследований Институт стремится внести свой вклад в здоровое будущее для людей, животных и окружающей среды. Институт работает совместно с Фондом Кингфишер.

Physiology

Organphysiology from a Phenomenological Point of View

Christina van Tellingen, MD

Номер публикации GVO 04

ISBN/EAN: 978-90-74021-27-1

Для дополнительной информации:

Институт Луи Болка Hoofdstraat24

NL3972 LADriebergen, Нидерланды

Тел.: (+31) (0) 343 -523860

Факс: (+31) (0) 343-515611

Colofon:

©Louis Bolk Instituut, 2003, переиздание 2012

Обложка: www.fingerprint.nl

Картина на обложке: Алексей фон Явленский «Юрформа»

Перевод с английского: Егор Сорокин

Медицинские редакторы перевода:

к.м.н. Евгения Сергеева, антропософский врач;

к.м.н. Жанна Архипова, антропософский врач

Рекомендовано для IPMT по антропософской медицине

Об авторе

Христа ван Теллинген, доктор медицины (1949) работает врачом общей практики с 1982 года. Она обучала студентов-медиков и врачей в Соединенных Штатах, Канаде и Европе. Она преподает студентам-медикам и врачам в Университете Виттен / Хердеке, Германия. Она является членом Медицинской Секции Высшей Школы Духовной науки в Гётеануме (Дорнах, Швейцария).

О проекте

Проект Обновления Медицинского Образования ставит своей целью создание модулей, которые показывают, как современные естественно-научные факты могут быть по-другому восприняты через призму гётеанистического феноменологического метода, что, в свою очередь, приводит к возникновению новых концепций в биологии и медицине. Эти новые концепции позволяют по-другому оценить роль биохимических, физиологических и морфологических факторов в жизнедеятельности организмов в их развитии во времени и пространстве. Они позволяют, к примеру, увидеть соотношение между сознанием, психологией, поведением и формой человеческого тела. Серия брошюр Volk's companions "изучающим медицину" дополняет современное медицинское образование.

Оглавление

1. Введение	10
2. Легкие и дыхательные пути	12
2.1 Введение	12
2.2 Физиологическая морфология дыхательных путей.....	13
2.2.1 Форма дыхательных путей.....	13
2.2.2 Структура дыхательных путей	16
2.2.3 Эмбриология и развитие	18
2.3. Кровоснабжение легких	21
2.4. Физиология дыхательных путей.....	23
2.4.1 Движение воздуха	23
2.4.2. Дыхание	26
2.4.3. Частота дыхания.....	28
2.4.4. Пищеварение и дыхательная система	28
2.5 Регуляция дыхания и легочного кровоснабжения	30
2.6 Функция дыхательных путей и легких	31
2.7. Заключение	31
3.Печень и пищеварительный тракт.....	35

3.1 Введение	35
3.2 Физиологическая морфология.....	35
3.2.1 Форма печени и пищеварительного тракта	35
3.2.2. Строение печени и кишечника	37
3.2.3 Эмбриология печени и кишечника.....	38
3.3 Кровоснабжение кишечника и печени.....	40
3.4. Физиология печени и кишечника	43
3.4.1 Физиология кишечника	43
3.4.2. Физиология печени	45
3.5. Регуляция в печени и кишечнике	48
3. 5. 1. Кишечник.....	48
3.5.2. Печень	50
3.6. Функция печени и кишечника в организме.....	50
3.7. Заключение	51
4. Почки и мочевыводящие пути.....	54
4.1. Введение	54
4.2. Физиологическая морфология.....	55
4.2.1. Форма почек и мочеполового тракта	55

4.2.2. Внутреннее строение почек	57
4.2.3. Эмбриология.....	60
4.3.Кровоснабжение почек	62
4.4. Физиология почек	63
4.4.1. Клубочки.....	63
4.4.2. Проксимальный каналец	64
4.4.3. Петля Генле.....	65
4.4.4. Дистальные канальцы и собирательные трубочки	67
4.4.5. Кислотно-щелочной баланс.	68
4.5. Регуляторная активность почек и надпочечников	70
4. 5. 1. Регуляция почечной активности.....	70
4.5.2. Гормоны надпочечников.....	74
4.6. Функция почек в организме	75
4.7. Заключение	75
5. Сердце и кровообращение	78
5.1. Введение	78
5.2. Физиологическая морфология сердца и кровообращения.....	79
5.2.1.Форма сердца и сосудов	79

5.2.2. Структура сердца и сосудов.....	82
5.2.3. Эмбриология.....	84
5.3. Кровоснабжение сердца и сосудов.....	90
5.4. Физиология сердца и кровообращения.....	92
5.4.1. Кровоток в сердце и сосудах.....	92
5.4.2. Электрофизиология гладкой мускулатуры и миокарда.....	97
5.5. Регуляция в сердце и сосудах	100
5.5.1. Сердце	100
5.5.2. Сосуды.....	102
5.6. Функция сердца и кровообращения для организма.....	103
5.7. Заключение	104
6. Обзор и заключение	107
6.1. Характерные особенности органов.....	107
6.1.1. Легкие и дыхательные пути	108
6.1.2. Печень и пищеварительный тракт.....	109
6.1.3. Почки и мочевыводящие пути	111
6.1.4. Сердце и сосуды.....	113

Благодарности

Этот модуль из серии "BOLK'S COMPANIONS изучающим медицину" был написан в Институте Луи Болка в Дрибергене. Это результат творческого обмена идеями с моими коллегами. Я хочу поблагодарить Гууса ван дер Би, Барта ван дер Эльста, Дидерика Хоуэрта, Си Клайзена, Тома Шефферса и Эдмонда Шореля за их ценные замечания и поддержку.

В тот период, когда этот модуль был завершен, этот проект стал возможным благодаря финансовой помощи от фонда Феникс, фонда Иона, фонда Терапевтической поддержки лечебной педагогики, фонда Mahle и Evidenz Gesellschaft.

Христа ван Теллинген, Дриберген, ноябрь 2002 года.

Предисловие

Это издание для изучающих медицину создано, чтобы помочь студентам медицинских и других направлений в изучении физиологии и лучшем понимании ее для дальнейшей учебы и работы.

Оно задумано как дополнение к учебнику по физиологии и направлено на создание цельной картины у студентов с помощью инновационного метода изучения и исследования: метода Гёте. В Институте Луи Болка, Голландия, где была написана эта работа, гетеанистический метод широко используется в исследованиях в области сельского хозяйства, питания и медицины, поскольку он позволяет пронаблюдать связи между отдельными фактами.

Поскольку отдельные факты в области физиологии мы получаем от соответствующих организмов, мы можем собрать отдельные факты вместе, чтобы расширить наше понимание функционирующих организмов как единого целого.

Гётеанистический метод подразумевает, что известные факты сначала перечисляются, а затем им дается общая оценка. Следующим шагом является демонстрация того, где определенные процессы являются типичными в живой природе, и их характеристика. Затем мы можем сравнить типичный процесс с другими внутри организма или живой природы, что позволяет нам сделать выводы относительно его значения для всего организма. Таким образом, мы получаем более широкий взгляд на предмет изучения. Поэтому, вместе с получением фактических знаний по физиологии, изучение этого модуля поможет найти связь между органами, организмами и живой природой.

Мы посвящаем эту работу всем студентам, которые нуждаются в изучении фактов физиологии и которые также хотят получить более глубокое понимание дисциплины. Мы хотим подчеркнуть, что этот модуль не заменяет изучение учебника по физиологии. Информация, содержащаяся в этом модуле, компактна и предполагает знания, содержащиеся в таких учебниках. Но мы надеемся, что она может сделать изучение и запоминание текстов (ещё) более интересным.

1. Введение

В своей книге «Линии жизни» Стивен Роуз заявляет: «Проблема противников биологического детерминизма состоит в том, что мы эффективно критикуем его редуccionистские утверждения, но не можем предложить последовательную альтернативную систему взглядов, через призму которой можно было бы воспринимать процессы, протекающие в живых организмах».

Мы сталкиваемся с такой же проблемой в области физиологии. Необходимо создать альтернативную систему взглядов, удовлетворяющую нашим запросам. Феноменология подходит к жизни с точки зрения целого: всего организма или всей экологической системы. Это позволяет поставить факты физиологии в соотношение друг к другу. Новые идеи, вытекающие из этого подхода, могут быть интерпретированы с помощью методов гётеанистической науки, которая помещает факты в контекст, как описано в предисловии. Физиология занимается *живыми* организмами. Организмы функционируют как единое целое, и вследствие этого физиологические процессы в каждом организме взаимосвязаны.

Мы рассмотрим четыре системы органов: легкие и дыхательные пути, печень и пищеварительный тракт, почки и мочевыводящие пути, сердце и кровообращение. Мы попытаемся выяснить, где и как их физиологические процессы вписываются в целостный организм, и в то же время имеют ли они особенное место и функцию в нем. Мы выбрали эти четыре системы органов, потому что их изучение позволяет нам увидеть, что органы подчиняются различным формообразующим принципам в своем развитии и физиологии. Эти основополагающие принципы сами по себе связаны с силами природы и проявляются в определенном порядке везде, где они действуют. Все млекопитающие и люди имеют сердце и легкие; мы покажем, где в человеческом организме и в живой природе принципы, лежащие в основе сердца и легких, преобразены и играют особую роль. Это расширит наше

понимание функций органов, а также организма в целом. Мы сделаем это, взглянув сначала на:

- **Физиологическую морфологию** органов: их общие анатомические характеристики (форма), их внутреннее строение (гистология) и эмбриологические процессы, которые привели к их возникновению.
- **Обзор кровоснабжения**
- Соответствующие **физиологические факты**
- Способ **регуляции** физиологии органа и то, как физиология органов регулирует сам организм.
- **функцию** органа для целого организма
- последующие **выводы**, касающиеся физиологии этого органа с феноменологической точки зрения.

В **заключительной главе** (Глава 6) представлены выводы, и рассматривается связь четырех систем органов друг с другом. Это дает возможность интерпретировать факты в контексте и получить более широкое представление о роли этих органов и лежащих в их основе формообразующих принципах.



Рис. 1.1. Эти четыре египетских кувшина были найдены в могилах фараонов. Каждый из них содержал один из четырех органов умершего. Египтяне часто хоронили органы отдельно, рядом с мумифицированным телом.

2. Легкие и дыхательные пути

2.1 Введение

Дыхательные пути позволяют газообразным веществам из окружающего воздуха (главным образом кислороду - O_2) проникать в водную среду организма, а газам, образующимся в ходе метаболических процессов (главным образом углекислому газу - CO_2), попадать из крови в атмосферу. Воздух из окружающей среды поступает в дыхательные пути, когда мы вдыхаем, а затем кислород всасывается в кровь в легких. O_2 транспортируется главным образом гемоглобином, содержащимся в эритроцитах, к

каждой клетке организма. В митохондриях всех клеток организма кислород участвует в метаболическом расщеплении субстрата. CO_2 , который образуется в этом процессе, растворяется в крови и переносится гемоглобином в легкие. В легких он покидает жидкую среду и поступает в дыхательные пути в виде газа. При выдохе углекислый газ выбрасывается в воздух. Дыхание происходит в дыхательных путях; дыхание происходит в каждой клетке организма, когда метаболиты окисляются. Циркулирующая кровь обеспечивает транспортировку газов между дыхательными путями и клетками организма.

Далее мы рассмотрим физиологическую морфологию (форму и структуру), эмбриологию, кровоснабжение, физиологию, регуляцию и функции дыхательной системы, чтобы получить представление о ее характерном месте в организме.

2.2 Физиологическая морфология дыхательных путей

2.2.1 Форма дыхательных путей

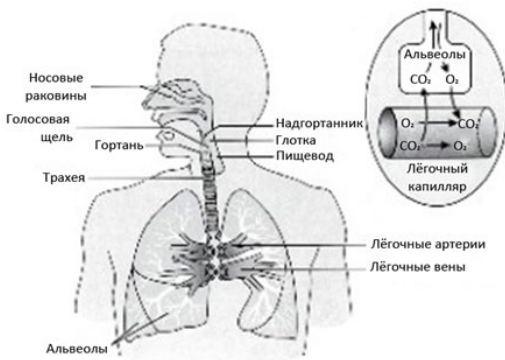


Рис. 2.1. Верхние и нижние дыхательные пути (Guyton 2000)

Дыхательные пути подразделяются на верхние и нижние дыхательные пути.

Верхние дыхательные пути

Верхние дыхательные пути состоят из носа, глотки и гортани (рис. 2.1.). Также в этой области присутствуют

другие заполненные воздухом пространства - околоносовые пазухи и среднее ухо, которые тесно связаны с верхними дыхательными путями. В патологию верхних дыхательных путей могут быть вовлечены носовые пазухи и среднее ухо (включая воздушные ячейки сосцевидного отростка височной кости). Мы также рассмотрим околоносовые пазухи и среднее ухо, когда будем обсуждать верхние дыхательные пути. Все вместе они образуют заполненные воздухом пространства головы. Большая часть объема носовых ходов, пазух и среднего уха расположена внутри костей. Евстахиева труба подвешена к хрящевой стенке, а глотка - к основанию черепа.

Все верхние дыхательные пути, включая околоносовые пазухи и среднее ухо, встроены или подвешены к костям или хрящам.

Нижние дыхательные пути.

Нижние дыхательные пути по большей части имеют трубчатую форму.

- **Проксимально:**

нижние дыхательные пути состоят из гортани, трахеи и бронхов (рис. 2.1.), которые имеют хрящи в своих стенках. Хрящи гортани удерживают голосовые связки. Гортань - это сложная система хрящевых и мышечных волокон, образующих центральный орган речи человека.

- **Дистально:**

дистально нижние дыхательные пути состоят из дыхательных бронхиол (рис. 2.1.). Альвеолярные ходы и альвеолы образуют ацинусы, в которых происходит собственно газообмен. Трахея, бронхи и ацинусы вместе образуют легкое. В тканях ацинусов нет костей

или хрящей, которые удерживали бы эти образования открытыми для тока воздуха. Они удерживаются открытыми с помощью плевры и грудной стенки, а также сурфактанта.

- Плевра:

слой висцеральной плевры покрывает легкое, а слой париетальной плевры покрывает внутреннюю часть грудной стенки. Вязкая жидкость в плевральной полости, образующейся между слоями, позволяет легкому скользить вдоль грудной стенки, расширяясь при вдохе. Отрицательное внутриплевральное давление гарантирует, что два слоя плевры будут удерживаться вместе, когда грудная клетка расширяется, и таким образом обеспечивает расширение легких вместе с расширением грудной клетки во время вдоха.

- Сурфактант:

сурфактант - это соединение, снижающее поверхностное натяжение внутри альвеол, которое предотвращает их спадение при выдохе. Сил, удерживающих вместе каплю воды, было бы достаточно, чтобы альвеола спалась, если бы локальное поверхностное натяжение не было резко снижено до $1/12$ от его изначального значения поверхностно-активным веществом, таким как сурфактант (см. также раздел 2.2.2.).

- Другие факторы, влияющие на форму нижних дыхательных путей:

Сердце располагается между легкими, или, скорее, легкие растут вокруг сердца филогенетически. Бронхиальное дерево имеет особую

бронхоассоциированную лимфоидную ткань (БАЛТ), которая контактирует с поступающими патогенами, так как бронхиальное дерево непосредственно и интенсивно взаимодействует с окружающей средой.

Верхняя часть нижних дыхательных путей удерживается в открытом состоянии хрящом. Ацинусы остаются открытыми благодаря тяге грудной стенки во время вдоха и действию сурфактанта во время выдоха. Паренхима легких с внешней стороны удерживается костями и мышцами грудной стенки. (Для дальнейших размышлений о морфологии дыхательных путей см. модуль "Анатомия" из серии Volk's companions)

→Внешняя форма всех дыхательных путей в значительной степени зависит от окружающих структур черепа, позвоночника, грудной клетки, средостения и диафрагмы.

2.2.2 Структура дыхательных путей

Дыхательные пути - это по большей части мембранозная структура, которая обеспечивает прохождение и диффузию воздуха, когда описанные выше процессы удерживают их открытыми для окружающего воздуха.

Мембраноподобная структура дыхательных путей повторяется в структуре сурфактанта. Молекулы сурфактанта выстилают стенки альвеол (рис. 2.2.). Сурфактант состоит в основном из фосфолипида дипальмитоилфосфатидилхолина и некоторых специфических белков.

Молекулы липидов, которые в основном гидрофобны, располагаются так, что их гидрофобные хвосты торчат внутрь просвета альвеол.

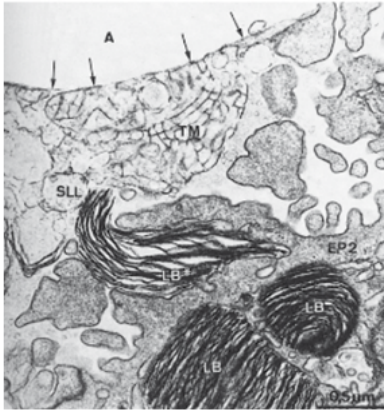


Рис. 2.2 Апоикальная часть альвеолоцита II типа с кератиносомами(LB), которые выделяются в слизистый слой (SLL). Альвеолярное пространство(A) выстлано тонкой черной пленкой Дипальмитоилфосфатидилхолина(↓) (Fishman 1988)

Специфические белки сурфактанта образуют каналы в липидном слое для прохождения веществ. Таким образом, структура сурфактанта имеет сходство со структурой слоев мембран в организме.

Альвеолоциты II типа, выстилающие стенки альвеол, выделяют сурфактант. Мембраноподобная структура сурфактанта восстанавливается, когда мы вдыхаем каждые несколько минут или около того, когда мы зеваем или когда мембрана иным образом растягивается.

Особенностью сурфактанта является то, что он позволяет поверхностному натяжению в альвеолах изменяться по отношению к изменениям площади альвеолярной поверхности во время дыхания. Сурфактант является характерным веществом дыхательных путей и имеет важное значение для механики попадания воздуха в жидкую фазу. Под мембраной сурфактанта находятся внутриальвеолярные макрофаги, которые постоянно удаляют молекулы сурфактанта.

Структура дыхательных путей мембраноподобна. Кроме того, сурфактант, являющийся прототипическим веществом легких, имеет мембраноподобную структуру.

→Мембраноподобная структура характерна для дыхательных путей.

2.2.3 Эмбриология и развитие

Макроскопическое развитие

Развитие верхних и нижних дыхательных путей начинается с разных точек происхождения. Они будут описаны отдельно.

Верхние дыхательные пути

Нос и околоносовые пазухи развиваются в

течение первых лет жизни из и в плоских костях головы, которые происходят из нервного гребня (рис. 2.3.). Пазухи начинаются как дивертикулы боковой стенки носа после рождения. Нос и носовые пазухи не вырастают полностью до наступления половой зрелости. Они вносят существенный вклад в формирование окончательной формы лица.

Область *глотки, гортани и уха* почти полностью происходит от глоточных (или жаберных) дуг и расщелин. Эта область филогенетически связана с жаберной системой у рыб и земноводных. У них газообмен происходит в жабрах.

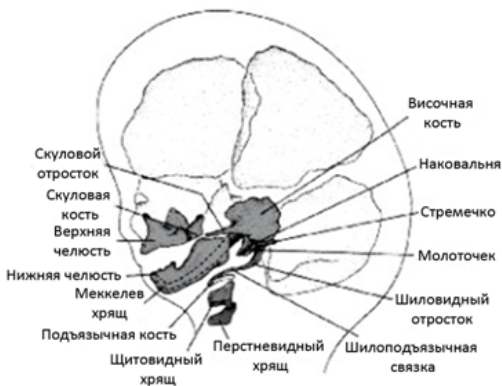


Рис. 2.3 Развитие головы четырехнедельного эмбриона. Темные области происходят из глоточных дуг (Sadler 1995)

Нижние дыхательные пути

нижние дыхательные пути развиваются из дивертикула в первичной кишке (см. также раздел 3.2.3.). Этот предшественник легкого образует 24 порядка дихотомических ветвей (рис. 2.4.). Две структуры, которые образуются в каждом порядке, имеют не одинаковый диаметр. Ветвление в легочном дереве происходит не случайно, а в соответствии с определенным принципом упорядочения (Goldberger et al., 1985).

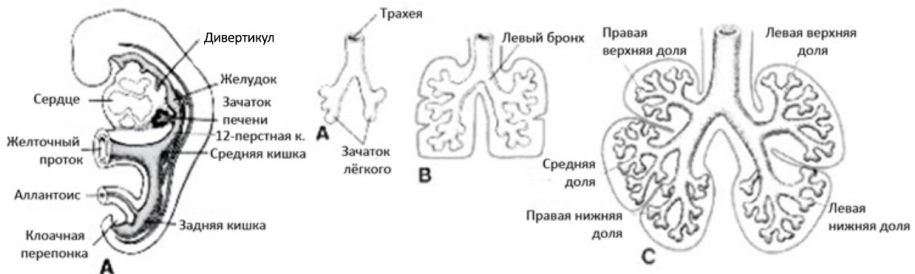


Рис 2.4 Эмбриологическое развитие нижних дыхательных путей от респираторного дивертикула до легкого

Спланхномезодерма, окружающая переднюю часть тела, также окружает будущую трахею и бронхи. Она развивается в гладкие мышцы и хрящи, что делает возможным- и в то же время ограничивает- расширение и сокращение этой системы независимо от давления в легких.

Гортань развивается там, где зачаток легкого соединяется с первичной передней кишкой. Хрящи и мышцы гортани развиваются, однако, не из спланхномезодермы, а происходят из мезенхимы 4-й и 6-й глоточных дуг. Их иннервация и кровоснабжение развиваются от иннервации и кровоснабжения этих глоточных дуг.

В течение первых 10-14 лет жизни в легких продолжается процесс созревания, заключающийся в дальнейшем разветвлении

бронхиальной системы, образовании и росте новых альвеол, истончении аэрогематического барьера. Альвеолярная поверхность у взрослых составляет около 70 м². У новорожденного она составляет 2,8 м². Легкие не вырастают полностью до наступления половой зрелости.

Дыхательные пути, включая носовые пазухи и среднее ухо, берут свое начало во всех 3 различных зародышевых листках:

- *нос и носовые пазухи развиваются из **эктодермы** нервного гребня;*
- *среднее ухо, глотка и гортань развиваются из **мезодермы** всех 6 глоточных дуг, покрытых с одной стороны слоем **эктодермы**, с другой - слоем **энтодермы**, в результате чего гортань развивается в точке перехода между примитивной кишкой и дыхательным дивертикулом;*
- *бронхиальная система и дыхательные узлы развиваются из **энтодермы** из дыхательного дивертикула передней кишки*

Развитие эпителия нижних дыхательных путей

На 3-4-й неделе после оплодотворения, в то время, когда все органы начинают развиваться (см. также модуль "Эмбриология" VOLK'S COMPANIONS), зачаток легкого выстилается первичным эпителием, который является недифференцированным и цилиндрическим. Он имеет энтодермальное происхождение, поскольку респираторный дивертикул происходит из первичной передней кишки.

Начиная с 10-12-й недели трахея и главная бронхиальная система могут быть легко дифференцированы от будущих ацинусов

благодаря эпителию, который выстилает их стенки. В главной бронхиальной системе он цилиндрический, в дыхательных бронхиолах - кубический. Цилиндрические клетки в трахее и бронхах развиваются в реснитчатые клетки и клетки, продуцирующие слизь, которые помогают легкому очищаться от инородных частиц, продвигая их вверх и наружу. Это необходимо, поскольку легкие будут находиться в прямом контакте с внешним миром!

В конце 6-го месяца кубический эпителий включает альвеолоциты II типа, которые продуцируют сурфактант. В последние два месяца беременности и в первые годы жизни некоторые кубические клетки становятся все более и более уплощенными (альвеолоциты I типа), что сводит к минимуму толщину аэрогематического барьера между альвеолами и легочной капиллярной сетью и таким образом облегчает транспорт газов. Расстояние между гемоглобином эритроцитов и воздухом у взрослого человека составляет всего около 1,5 мм.

В ацинусах, где должен происходить эффективный газообмен, эпителий становится все более и более мембраноподобным.

→Эмбриология дыхательных путей показывает, как они возникают из всех трех зародышевых листков. В ацинусах эпителий дифференцируется, что позволяет ему выполнять свою функцию в газообмене.

2.3. Кровоснабжение легких

Легкие имеют два источника кровоснабжения: бронхиальные и легочные сосуды. Легочная система намного больше, чем бронхиальная.

Бронхиальная система

Бронхиальная система снабжает структуры крупных дыхательных путей и больших легочных сосудов насыщенной кислородом артериальной кровью. Она также согревает и увлажняет поступающий воздух. Симпатические нервы регулируют кровоток в бронхиальной системе.

Легочная система

Легочная система развивается из артерии правой 6-й плечевой дуги и снабжает капиллярную сеть вокруг альвеол, где происходит газообмен. Легочное сосудистое сопротивление заметно снижается после рождения и в конечном итоге составляет лишь 10% от сосудистого сопротивления в системном кровообращении. С ним уменьшается и толщина стенок сосудов этой системы. Капиллярная сеть больше похожа на тонкую пленку из крови, распространяющуюся по внешней поверхности альвеол. Пленка достаточно тонкая, чтобы позволить прохождение эритроцитов. Низкое сосудистое сопротивление в большом капиллярном русле приводит к локальному образованию области низкого давления.

Кровь, наполняющая легочную артерию - это артериальная кровь с низким насыщением кислородом, поступающая непосредственно из правого желудочка (см. также раздел 5.2.1.). Легочная вена передаёт насыщенную кислородом кровь из легких непосредственно в левое предсердие. 10% от общего объема крови скапливается в легочном кровообращении. Кровь составляет 40-50% от общей массы легкого. Эта доля больше, чем в любом другом органе.

→ Легкие содержат наибольшее количество крови по отношению к весу. Большая часть крови, поступающей в легкие, имеет низкое насыщение кислородом. Большая часть крови, которая выходит из них, имеет высокое насыщение кислородом.

2.4. Физиология дыхательных путей

2.4.1 Движение воздуха

Физиологически дыхательные пути можно разделить на три области, каждая из которых имеет различное отношение к току воздуха. Есть области, где воздух в основном абсорбируется, те, где воздух преимущественно только проводится, и область, где воздух обменивается в процессе диффузии.

Абсорбция воздуха

В носовых пазухах воздух почти не движется. Воздух пассивно поступает в носовые пазухи через узкое отверстие в боковой стенке носа. Небольшое количество воздуха в носовых пазухах абсорбируется в кровоток. Это может привести к отрицательному давлению в пазухе во время синусита, так как воздух не может поступить из носа из-за набухания мембран в отверстии между носом и пазухой. Это может вызвать сильную боль при гайморите.

Среднее ухо также содержит воздух, который не двигается. Воздух в эту область пассивно поступает из глотки через евстахиеву трубу. Мы можем осознать это явление, когда затыкаем уши. Существует некоторая абсорбция воздуха из среднего уха, которая становится видимой при втянутой барабанной перепонке при хронической инфекции среднего уха, когда отекающая евстахиева труба не позволяет воздуху проникать в среднее ухо.

*В носовых пазухах и среднем ухе воздух становится почти статичным, и происходит **абсорбция** некоторого количества воздуха в кровь.*

Проведение воздуха и речь

Нос, глотка, гортань и бронхиальное дерево проводят воздух. Физиологически они образуют среднюю область, в которой воздух ритмично движется вперед и назад вместе с дыханием. Это область анатомического "мертвого" пространства, составляющая 30% объема каждого вдоха. Сокращение или расслабление гладких мышц в трахее и бронхиальной системе может влиять на ток воздуха. Эти гладкие мышцы не контролируются сознательно, однако они могут находиться под влиянием подсознательных мыслей и чувств, связанных со стрессом или тревогой, например, при астматических заболеваниях. Прочищение горла, кашель, чихание или плач также перемещают воздух в дыхательных путях.

В середине вентиляционного «мертвого» пространства расположена гортань, которая нуждается в ритмичном движении воздуха для функционирования (рис. 2.5.). Голосовые связки человека, с их очень специфической, в основном мышечной структурой, влияют на поток воздуха, частично прерывая его или приводя к полной остановке многочисленными разнообразными и утонченными способами. Голосовые связки - это область, где сопротивление потоку воздуха в дыхательных путях является наибольшим. Обычно неслышимые вдох и выдох воздуха становятся слышимыми в речи. Глотка также является частью речевого аппарата и еще больше расширяет возможности речи.

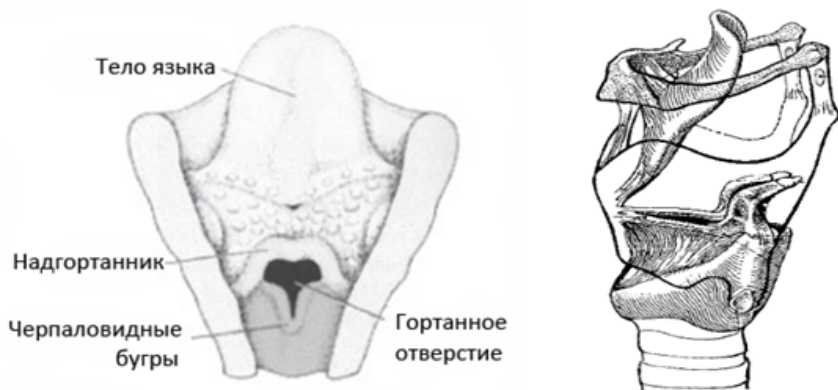


Рис. 2.5. Гортанное отверстие у 12-недельного эмбриона (Sadler 1995 г.) и гортань взрослого человека

Это происходит в результате опускания гортани, приводящего к удлинению глотки, и специфического положения языка, более дорсального и каудального, чем у высших приматов. Кроме того, в речевом процессе участвуют мышцы тазового дна, брюшного пресса, диафрагмы и шеи.

Голосовые связки у низших приматов только мембранные. У высших приматов есть некоторая мышечная ткань в голосовых связках (Verhulst 1999).

Речь у человека - это активный сознательный процесс, который происходит во время выдоха в средней части дыхательных путей, где воздух обычно движется пассивно, ритмично и в основном бессознательно.

Прохождение воздуха преобладает в носовых ходах, глотке, гортани и бронхиальном дереве. Воздушный поток движется непрерывно и ритмично на вдохе и выдохе и позволяет говорить.

Диффузия воздуха

Нижние дыхательные пути содержат ацинусы, в которых фактически происходит газообмен. Газообмен происходит путем диффузии. Диффузия - это пассивный процесс, при котором субстраты движутся по градиенту давления, в данном случае между давлением газов альвеолярного воздуха и крови в капиллярном слое. Кислород и углекислый газ – это газы, растворимые в липидах. Это облегчает их диффузию через слой сурфактанта и альвеолярную и капиллярную мембраны. Для обеспечения адекватного газообмена площадь капиллярной поверхности легкого является наибольшей среди всех органов в организме.

Диффузия воздуха преобладает в ацинусах легких. Воздух снова становится почти неподвижным, но только на мгновение между вдохом и выдохом, когда поток воздуха разворачивается.

2.4.2. Дыхание

Дыхание состоит из двух фаз: вдоха и выдоха.

Вдох

Течение воздуха в дыхательных путях во время вдоха осуществляется за счет сокращения мышц грудной стенки (внутренних и наружных межреберных мышц, диафрагмы), а в случае необходимости и вспомогательных мышц

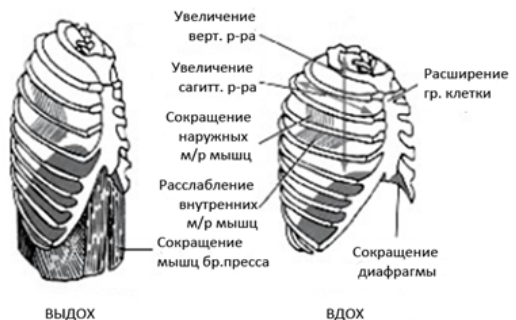


Рис. 2.6 Грудная клетка во время вдоха и выдоха (Guyton 2000)

дыхания (лестничных и грудинно-ключично-сосцевидных). Все мышцы - это сознательно-контролируемые поперечнополосатые мышцы. Они увеличивают грудную полость как в каудальном, так и во фронтально-дорсальном направлении (рис. 2.6.). Из-за наличия отрицательного внутриплеврального давления легкие вынуждены двигаться вместе с грудной стенкой. Расширение грудной стенки вызывает увеличение отрицательного внутриплеврального давления и возникновение отрицательного давления в дыхательных путях и, следовательно, поток воздуха из окружающей среды через верхние дыхательные пути в легкие.

Вдыхание воздуха- это активный процесс. Мышцы, окружающие дыхательные пути, выполняют эту работу. Ткани дыхательных путей пассивно следуют за движениями грудной стенки.

Выдох

Движение воздуха в фазе выдоха в значительной степени зависит от упругости или эластичности легких (80%) и окружающих тканей (20%). Легкие не спадаются во время выдоха отчасти из-за ригидности грудной клетки и хряща вокруг больших дыхательных путей и отрицательного внутриплеврального давления. Когда это давление становится положительным, например, при пневмотораксе в результате проникающего ранения грудной клетки, легкое спадается. Плевра удерживает легкое соединенным с грудной стенкой. Молекулы альвеолярного сурфактанта играют важную роль в этой фазе, гарантируя, что альвеолы не спадутся (см. также раздел 2.2.2.).

Выдыхание воздуха – это в целом пассивный процесс.

2.4.3. Частота дыхания

Частота дыхания у человека изменяется в зависимости от кислородной потребности тканей. В состоянии покоя она составляет 16-18 вдохов в минуту. При ходьбе или беге частота дыхания может варьироваться от одного вдоха на 4 и более шагов до одного на каждые 2 шага. Большинство позвоночных должны делать один вдох на каждый шаг, когда они двигаются. Это связано с тем, что их грудные мышцы и кости также служат защитой против воздействия на позвоночник и нервную систему сил, возникающих от контакта передних ног с землей. Они также нуждаются в дыхании, чтобы избавиться от избыточного тепла, производимого во время движения. У человека эту функцию берут на себя потовые железы, что еще больше освобождает легкие от других функций, помимо дыхания (Verhulst 1999). У человека легкие освобождаются от всех функций, кроме дыхания, что создает дальнейшую возможность развития речи.

→ Воздушный поток в дыхательных путях в целом вызван не самим дыхательным трактом, а окружающими мышцами и упругой отдачей тканей. Воздушный поток сам по себе является пассивным событием. Только в гортани мы находим мышцы, которые активно и добровольно управляют потоком воздуха против потока нормального дыхания. Это составляет основу для способности речи, которая присутствует только у человека.

2.4.4. Пищеварение и дыхательная система

Воздух, проходящий через дыхательные пути, нагревается, частично очищается и увлажняется в носу, глотке и бронхах, чтобы соответствовать температуре и уровню влажности в альвеолах, где газы из воздуха будут поступать в кровоток. Этот процесс уравнивания происходит очень быстро, и, даже когда воздух

вдыхается через рот, он завершается к тому времени, когда воздух достигает дистальных бронхов.

Мы могли бы сравнить это с деятельностью пищеварительного тракта, который должен преобразовывать пищу, а не воздух, чтобы она могла попасть в кровоток. Для этого на разных уровнях образуются и секретируются ферменты, которые химически расщепляют пищевые продукты, а желчь секретируется, чтобы гидрофобные липиды могли быть поглощены в водной среде крови. Кроме того, пища разогревается, частично очищается и разжижается.

Эпителий в альвеолах легких активно продуцирует сурфактант (раздел 2.2.2.). Эпителий бронхов, трахеи, гортани, глотки и носа вырабатывает слизь. Эндотелий капилляров в легких метаболизирует некоторые вещества, наиболее важным из которых является ангиотензин I из печени. Он превращает ангиотензин I в его активный метаболит ангиотензин II, который является сильным вазоактивным гормоном (см. Также разделы 3.5.2. и 4.5.).

Согревание, очистка и увлажнение воздуха перед тем, как он попадает в кровоток в дыхательных путях, и секреция слизи, являются относительно пассивными явлениями по сравнению с производством и деятельностью пищеварительных соков и движением пищи в кишечнике.

→Физиология дыхательных путей характеризуется относительно пассивными явлениями. Исключение составляет активная выработка сурфактанта в альвеолах.

2.5 Регуляция дыхания и легочного кровоснабжения

Дыхание регулируется главным образом через различные центры центральной нервной системы и блуждающие нервы (рис. 2.7.). Избыток углекислого газа или избыток ионов водорода (низкий pH) в крови непосредственно

вливают на дыхательный центр, увеличивая частоту дыхания. Рецепторы растяжения в стенках дыхательных путей воздействуют на дыхание через дыхательные центры в центральной нервной системе через афферентные волокна блуждающих нервов.

Насыщение кислородом влияет на периферические хеморецепторы в сонных и аортальных телах в соответствующих артериях, которые, в свою очередь, передают сигнал в дыхательный центр.

Альвеолярная циркуляция уменьшается, когда насыщение кислородом в альвеоле падает. Увеличение сердечного выброса, как и при физической нагрузке, увеличивает легочное кровообращение до семи раз за счет открытия дополнительных капилляров, так что общий объем капиллярного русла увеличивается. Местное давление в капиллярах изменяется очень мало при увеличении сердечного выброса.



Рис.2.7 Дыхательные центры ствола мозга (Guyton 2000)

→Регуляция дыхания происходит главным образом извне дыхательных путей, через нервную систему.

2.6 Функция дыхательных путей и легких

Функция дыхательных путей состоит в том, чтобы облегчить поступление воздуха в организм и из него. Кислород и углекислый газ необходимы в обмене веществ. Кислород играет важную роль в катаболических процессах в клетках, поскольку он позволяет передавать энергию гидрогенизированных молекул, таких, как восстановленная форма никотинамидадениндинуклеотида (НАДН), таким энергоносителям, как аденозинтрифосфат (АТФ). Это сопровождается образованием воды. Углекислый газ является наиболее распространенным конечным продуктом катаболизма.

2.7. Заключение

Дыхательные пути выполняют свою функцию, снабжая организм необходимым кислородом для (катаболических) процессов окисления и выделяя газообразные продукты жизнедеятельности (главным образом углекислый газ), в основном, создавая условия для этого, а не активно преследуя свои цели.

- Морфология:

мембраноподобный дыхательный тракт в значительной степени поддерживается и формируется *пассивно* окружающими костями, мышцами или хрящами. Альвеолы сохраняют свою *пассивную* форму на выдохе под действием сурфактанта. *Дыхательные*

пути имеют мембраноподобную структуру и полностью поддерживаются извне. Это наиболее характерная особенность дыхательных путей.

- Кровоснабжение:

кровоснабжение легочной артерии содержит кровь с низким уровнем насыщения кислородом. До 50% веса легких составляет кровь.

- Физиология:

в физиологии дыхательных путей преобладает *пассивность* со стороны дыхательных путей: необходимое движение воздуха осуществляется окружающими мышцами для вдоха и упругим сопротивлением легочной ткани для выдоха. Газообмен происходит через *пассивный* процесс диффузии на основе градиентов давления в верхних дыхательных путях, а также в альвеолах. Изменение, которое воздух претерпевает в дыхательных путях, очень мягкое по сравнению с изменениями, которые пища должна претерпеть, прежде чем она сможет войти в кровоток в пищеварительном тракте.

- Регуляция:

вентиляция и перфузия дыхательных путей регулируются главным образом *без участия* нервной системы через концентрацию углекислого газа и кислорода, pH крови и сердечный выброс.

- Функция:

функция дыхательного тракта *пассивна* в том, что он снабжает организм необходимыми газами, непосредственно не изменяя их.

	Легкие + Дыхательные пути	Печень	Почки	Сердце
Морфология	Форма извне, Трубчатый орган, Мембранозная структура			
Кровоснабжение	50 % веса составляет кровь, в основном не насыщенная O ₂ , капиллярная кровь в тонкой пленке			
Физиология	Пассивная диффузия			
Регуляция	В основном извне, через центральную нервную систему			
Функция	Пассивное обеспечение			
Характеристика	Мембрано- подобная структура, диффузия газов (O ₂ и CO ₂) и воды			



→ Дыхательные пути - это в целом пассивная система. Они постоянно находятся в движении, но движутся вместе с другими структурами, а не активно движутся сами. Мембраноподобная структура является их наиболее характерной особенностью.

Пассивность дыхательных путей преодолевается в **гортани**, особенно у человека. Человеческая гортань активно преобразует воздух, чтобы он стал носителем звука, приводя его в относительную неподвижность. Этот эффект

усиливается действием мышц голосовых связок и глотки, включая язык, и поддерживается многими другими мышцами в теле. Речевой аппарат развивается в той части дыхательных путей, которая считается физиологическим и анатомическим “мертвым” пространством.

3. Печень и пищеварительный тракт

3.1 Введение

Поступление в организм питательных веществ происходит через пищеварительный тракт. Пища расщепляется в кишечнике, становится растворимой в воде и попадает в кровоток. Впоследствии венозное кровообращение (портальное) переносит из кишечника большую часть питательных веществ в печень, где они подвергаются дальнейшим преобразованиям и, наконец, попадают в венозный кровоток печени, чтобы транспортироваться к их конечному месту назначения.

Мы рассмотрим физиологическую морфологию и эмбриологию, кровоснабжение, физиологию, регуляцию и функцию печени и пищеварительного тракта, чтобы получить представление об их характерном месте в организме.

3.2 Физиологическая морфология

3.2.1 Форма печени и пищеварительного тракта

Кишечник

Кишечник имеет трубчатую форму, как и нижние дыхательные пути, как описано в разделе 2.2.1. Нижние дыхательные пути и кишечник происходят из первичной кишки, но кишечник не фиксируется к хрящам и не перемещается пассивно, как дыхательные пути. Он находится в постоянном, медленном движении, которое в основном активно и автономно, опять же в отличие от движения дыхательных путей (раздел 2.4.2.). Форма и положение различных частей кишечника в брюшной полости зависят от внешних воздействий, таких как тонус мышц живота и диафрагмы, форма позвоночника, наполнение крупных брюшных сосудов. Хирурги могут перемещать кишечник после операции более или менее произвольным образом. Насколько это влияет на работу кишечника, неизвестно.

Кишечник соединен и окружен брюшиной, которая также несет кровеносные сосуды и вегетативные нервы.



Рис.3.1 Печень и кишечник (Guyton 2000)

Печень расположена на правой стороне брюшной полости.

Печень-это большой, расширяемый орган, который в любой момент времени содержит более 10% от общего объема кровотока. Это один из самых крупных органов тела, на долю которого приходится чуть менее 2,5% от общей массы тела, примерно столько же, сколько и на мозг.

→Внешняя форма печени и кишечника подобна поверхности водоема: все вокруг оставляет на ней отпечатки, а окружающая среда определяет ее форму.

Печень

Внешняя форма печени определяется окружающими ее структурами. Печень - это крупный орган, на нижней поверхности которого имеются отпечатки правой почки, желчного пузыря и сосудов. Диафрагма определяет форму ее верхней поверхности.

3.2.2. Строение печени и кишечника

Кишечник

Кишечник имеет мембраноподобное строение. Его внутренний слой представлен слизистой оболочкой, сквозь которую питательные вещества поступают в организм по кровеносным сосудам, расположенным непосредственно под ее поверхностью. Слизистая оболочка кишечника окружена несколькими слоями гладкомышечных клеток. В стенках кишечника находится сплетение вегетативной нервной системы с симпатическими и парасимпатическими волокнами- интрамуральное сплетение (рис. 3.7.).

Кишечник, как и нижние дыхательные пути, имеет особую слизисто-ассоциированную лимфоидную ткань (MALT), которая контактирует с поступающими патогенами, поскольку, как и дыхательные пути, он непосредственно и интенсивно взаимодействует с окружающей средой.

Печень

Печень представляет собой паренхиматозный орган. Основной вид функциональных клеток - гепатоциты. Все гепатоциты похожи друг на друга. Они придают паренхиме печени однородный вид и объединяются в доли и дольки. Печеночная долька имеет шестиугольную форму.

Структура дольки печени позволяет постоянному, медленному потоку крови (как венозной, так и артериальной) проходить непосредственно рядом с каждым гепатоцитом. Поступающая кровь стекает с периферии печеночной дольки в крупные синусоиды и медленно движется к центральной вене (рис. 3.4.).

Синусоиды печеночной дольки выстланы гепатоцитами, эндотелиальными клетками и клетками Купфера. Клетки Купфера - это клетки ретикулоэндотелиальной системы, которые действуют

как фагоцитарные макрофаги. В частности они способствуют удалению из портальной крови некоторого количества кишечных палочек. В культурах системного кровотока, в норме, не вырастают бактерии. В этом явлении становится видимым взаимодействие печени с внешним миром!

Между гепатоцитами существуют желчные каналы. Они направляют желчь, которая секретируется гепатоцитами, в общий желчный проток через терминальные желчные протоки и печеночный желчный проток. Оттуда желчь либо поступает непосредственно в двенадцатиперстную кишку, либо накапливается в желчном пузыре.

Паренхима печени имеет высокий болевой порог. Клетки печени и пищеварительного тракта обладают мощной регенераторной способностью.

→Кишечник имеет мембраноподобную структуру, с большим количеством мышц, чем дыхательные пути, и обладает автономной подвижностью. Печень - это паренхиматозный орган, состоящий в основном из одного вида клеток - гепатоцитов.

3.2.3 Эмбриология печени и кишечника

Кишечник развивается из первичной кишки. Первичная кишка образуется на 4-й неделе после оплодотворения, когда происходит латеральное сворачивание эмбриона. Латеральное сворачивание приводит к образованию вентральной стенки эмбриона. В процессе кранио-каудального роста образуется трубка, которая проходит через эмбрион сверху вниз: примитивная кишка, которая выстлана частями желточного мешка (рис. 3.2.).

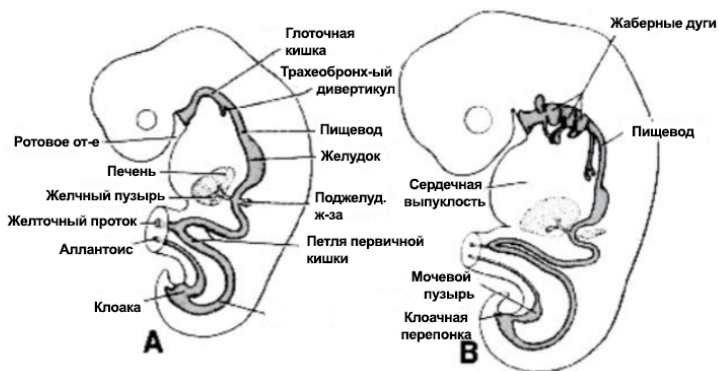


Рис. 3.2 Желудочно-кишечный тракт и печень на четвертой (А) и пятой (В) неделе эмбрионального развития

На краниальном конце легкие отпочковываются от примитивной кишки; примерно на полпути зачаток печени превращается в паренхиматозный орган.

Во втором триместре беременности основным органом для синтеза эритроцитов является печень. В это же время в селезенке и лимфатических узлах также происходит образование некоторого количества эритроцитов. В течение первого триместра они образуются в желточном мешке. В третьем триместре их развитие происходит за счет костного мозга. У эмбриона печень гораздо крупнее в отношении к общему размеру тела, чем у взрослого человека.

→ *Первичная кишка дает начало нижним дыхательным путям, а также кишечнику и печени, которая становится паренхиматозным органом.*

3.3 Кровоснабжение кишечника и печени

Печень имеет обильное кровоснабжение. Около четверти сердечного выброса (27%) направляется в печень. Это означает, что через печень каждую минуту проходит 1350 мл крови. Три четверти кровотока через печень - это венозная кровь, которая поступает из воротной вены, одна четверть - артериальная кровь из печеночной артерии. Эти два типа крови поступают в синусоиды печени и смешиваются там. Следовательно, большая часть крови, протекающей через печень, является венозной кровью, имеющей низкое насыщение кислородом.

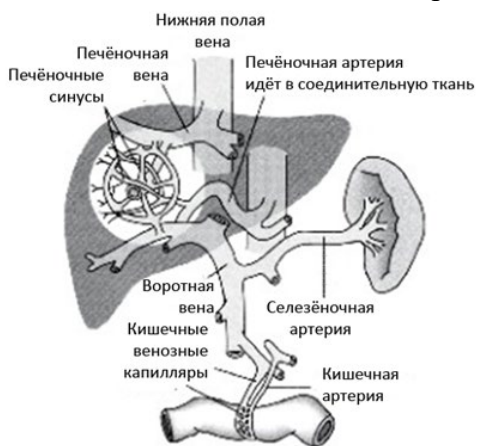


Рис. 3.3 Кровоснабжение печени и кишечника (Guyton 2000)

Кровоснабжение кишечника и воротная вена

Кровь к воротной вене поступает от кишечника, селезенки и поджелудочной железы (рис. 3.3.). Она несет с собой расщепленные в основном нелипидные питательные вещества (углеводы и белки). В кишечнике они становятся растворимыми в воде и всасываются в кровь. Система противоточного обмена между кишечными артериями и венами позволяет воротной вене переносить дополнительный кислород, поступающий непосредственно из кишечных артериол, особенно при низких скоростях потока. Специализированное венозное кровоснабжение печени через портальную систему уникально в организме. Есть только одно место, где это происходит, а именно в гипофизе.

Печеночная артерия

Печеночная артерия несет кровь, которая полностью насыщена кислородом, от аорты к печени. Около трех четвертей кислорода, используемого печенью, поступает из печеночной артерии. Печень поддерживает почти постоянный уровень потребления кислорода.

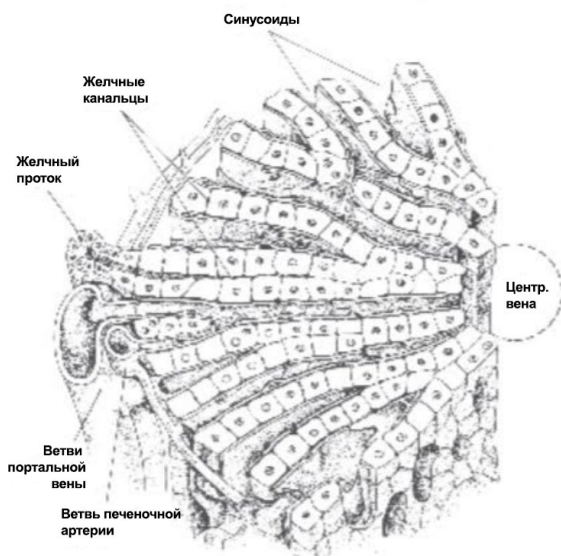


Рис. 3.4 Кровоток в печени (Веппе 1998)

Кровоток в печени

Два кровотока, которые текут к печени, впадают в большие синусоиды в ее долях (рис. 3.4.). Они образуют тонкий слой крови вокруг гепатоцитов.

Кровоснабжение портальной системы и артериальной системы печени изменяется взаимно, так что приток крови к клеткам печени почти

постоянен. Только кровоток в печеночной артерии может быть автоматически отрегулирован для достижения этой цели.

При низком градиенте давления между синусоидами и печеночными венами (сосудистое сопротивление в ложе печени очень низкое) питательные вещества всасываются в гепатоциты. На рис.3.4 имеются крупные поры, или фенестры, синусоиды, которые позволяют образовывать лимфу в печени в пространствах Диссе. Половина всей лимфы возникает в печени.

Печень-это большой, расширяемый венозный орган, который действует как резервуар крови. При кровотечении или при шоке, когда возникает нехватка внутрисосудистой жидкости, печень может выбросить несколько сотен миллилитров крови, которую она сохраняла в запасе. Печень содержит 10-15 % от общего объема крови в любой момент времени. Селезенка также является резервуаром крови; она может хранить до 100 куб. см крови одновременно. В больших брюшных венах может храниться еще 300 кубических сантиметров. Таким образом, пищеварительная система может хранить 650 куб. см крови или более. Для сравнения, сердце и легкие хранят только 75 и 150 кубических сантиметров соответственно.

→Печень обладает наибольшей перфузией крови из всех органов в организме. Её кровоснабжение состоит на три четверти из крови, имеющей низкое насыщение кислородом, которая поступает в печень по специализированной венозной системе (портальное кровообращение), и на одну четверть из крови, имеющей высокое насыщение кислородом. Капилляры печени образуют тонкий слой крови в синусоидах. Кишечник имеет специализированную систему противоточного обмена. Кишечные органы действуют как резервуар крови.

3.4. Физиология печени и кишечника

3.4.1 Физиология кишечника

Различные части кишечника специализируются на различных физиологических процессах, связанных с пищеварением, таких, как перемещение пищевого потока вдоль (пищевод), всасывание питательных веществ в дополнение к перемещению пищевого потока вдоль (тонкий кишечник) или выделение в дополнение к перемещению пищевого потока вдоль и всасыванию (толстый кишечник).

Движение в кишечнике инициируется растяжением. Гладкомышечные слои кишечника образуют функциональный синцитий, который ритмично сокращается и в норме перемещает пищу с помощью перистальтических волн от рта к анусу. Растяжение делает унитарные гладкомышечные клетки более возбудимыми, так что наложенные потенциалы действия генерируются поверх непрерывных, спонтанных медленных волн. Потенциалы действия основаны на притоке в клетку ионов кальция, наряду с некоторым количеством ионов натрия. Они сопровождают сокращение гладких мышечных слоев (см. также раздел 5.4.2.).

Слизистая оболочка тонкого кишечника обеспечивает пассивную диффузию и активное всасывание питательных веществ в кровоток, а также обеспечивает пассивное привлечение пищеварительных соков, которые несут с собой растворенные вещества.

- *Углеводные* компоненты, такие как глюкоза и галактоза, активно всасываются с помощью Na^+/K^+ АТФазы.

- *Белковые* компоненты активно усваиваются с помощью различных систем носителей, в зависимости от типов аминокислот в их составе; в основном также с помощью механизма натрий-калиевого насоса. Некоторое количество белка обычно всасывается целиком, особенно в младенчестве. Увеличение поглощения цельного белка у взрослых связано с развитием пищевой аллергии (Linder 1997).

- *Липиды* поглощаются путем пассивной диффузии через клеточную мембрану, так как они могут растворяться в ней. Липиды транспортируются в кишечнике и утилизируются локально в виде мицелл. Большинство липидов поступает в лимфу грудного протока в виде хиломикронов через эндоплазматический ретикулум клеток слизистой оболочки. Они проникают в кровоток, где грудной лимфатический проток впадает в подключичные вены. Некоторые липиды всасываются непосредственно в портальную кровь.

Кишечник также *активно* участвует в секреции множества местных пищеварительных ферментов и гормонов, которые влияют на моторику пищеварительного тракта и готовят пищевые продукты для всасывания в организм, расщепляя их и делая их водорастворимыми. Важные ферменты - это пепсин, трипсин, липаза и амилаза. Важные местные гормоны -это гастрин, холецистокинин и секретин.

Кишечный тракт позволяет питательным веществам поступать в организм извне через его мембраноподобную структуру слизистой оболочки. Он активно перемещает пищу вместе с перистальтическими волнами, создаваемыми сокращением его мышечных слоев, и выделяет отходы жизнедеятельности. Поглощение энергии питательных веществ через слизистую

оболочку кишечника является как активным, так и пассивным. Кишечник активно выделяет ферменты и гормоны для переваривания питательных веществ и повышения моторики соответствующих своих отделов.

3.4.2. Физиология печени

Гепатоциты представляют собой большой пул химически активных клеток. Они обладают высокой скоростью метаболизма и производят большое количество химических превращений питательных веществ. Химические превращения делают многие вещества лучше растворимыми в воде и придают им форму, наиболее пригодную для организма в данный момент. Это может быть как форма запаса, так и активный метаболит. Гепатоциты поглощают и временно хранят от половины до трех четвертей всех поглощенных водорастворимых питательных веществ.

Углеводы

Большая часть метаболической активности печени направлена на углеводный (гликогеновый) запас, а так же реакции, подобные гликолизу и глюконеогенезу. Печень выполняет функцию буфера глюкозы для сыворотки крови. Она играет важную роль в гомеостазе глюкозы, поскольку может превращать глюкозу в гликоген, липиды или аминокислоты, а также наоборот, за исключением прямого превращения липидов в углеводы (рис. 3.5.).



Рис.3.5 Печень превращает углеводы в липиды и белки, и наоборот

Белки и аминокислоты

Аминокислоты из рациона накапливаются не в виде свободных аминокислот, а в виде быстро обменивающихся белков, особенно в печени. Уровень свободных аминокислот в крови пополняется за счет распада белков в печени. Печень играет центральную роль в гомеостазе, регулируя метаболизм аминокислот.

Клетки печени образуют все белки плазмы, включая альбумин. Одна треть аминокислот, необходимых в рационе, может быть связана с синтезом альбумина и других белков плазмы в печени. Альбумин может быть временным хранилищем аминокислот и выступать в качестве транспортного средства для переноса аминокислот в периферические ткани для восполнения ежедневных потерь (Linder 1996). Процессы трансаминирования и дезаминирования позволяют печени преобразовывать аминокислоты в другие аминокислоты, глюкозу или липиды (рис. 3.5.). Дезаминирование приводит к образованию NH_4^+ , который преобразуется в мочевины для выведения в почках. По существу, вся мочевина в организме образуется в печени. Снижение функции печени приводит к высокому уровню аммиака, что ухудшает сознание.

Печень - это орган, в котором гемоглобин крови расщепляется до билирубина и выводится с желчью.

Липиды

Печень является местом нескольких специфических реакций липидного обмена. Она может синтезировать липиды из белков или углеводов и наоборот. Печень синтезирует фосфолипиды, холестерин и многие липопротеины. Около 80% синтезированного холестерина превращается печенью в более водорастворимые соли желчи. В то же время это основной путь выведения холестерина из организма. Таким образом, печень играет центральную роль в регулировании уровня холестерина в сыворотке крови.

Благодаря β -окислению жирных кислот печень может снабжать организм энергией в виде кетоновых тел. Печень играет важную роль в поддержании липидного гомеостаза благодаря своей центральной роли в синтезе и катаболизме липидов (рис. 3.5.). (Для получения дополнительной информации о биохимии углеводов, белков и липидов см. также модуль Биохимия VOLK'S COMPANIONS)

Желчь

Гепатоциты выделяют желчь. Соли желчи составляют около половины растворенных в желчи веществ. Они являются продуктом распада холестерина и могут помочь как эмульгировать липиды в желудочно-кишечном тракте, так и способствовать их всасыванию через образование мицелл. С желчью печень может также непосредственно выделять избыточный холестерин, а также билирубин, метаболит гемоглобина. Другие составные части желчи включают лецитин и неэлектролиты. Желчный пузырь в основном хранит и концентрирует желчь. Часть желчи, включая холестерин, всасывается из желудочно-кишечного тракта в портальную циркуляцию и таким образом входит в энтерогепатический цикл (рис. 3.6.).



Рис. 3.6. Кишечно-печеночная циркуляция желчных кислот (Berne 1998)

Другая физиологическая активность печени

Гепатоциты также играют определенную роль в хранении железа и некоторых витаминов (А, D, В12), выделении кальция через желчь, а также инактивации, распаде и выведении лекарственных препаратов, токсинов и гормонов.

Печень обладает характерной активностью в физиологических процессах метаболических циклов. Она играет определенную роль в запасании веществ и поддержании гомеостаза.

→ Физиология печени и кишечника состоит из многих активных процессов

3.5. Регуляция в печени и кишечнике

3. 5. 1. Кишечник

Гормоны

Автономные функции кишечника регулируются местным выделением гормональных веществ из желез слизистой оболочки, которое вызывается механическим давлением пищи, поступающей в ту или иную часть кишечника. Органы пищеварения, такие как поджелудочная железа, добавляют пищеварительные гормоны-секретин и холецистокинин-, которые стимулируют секрецию желчи в двенадцатиперстную кишку. Три гормона поджелудочной железы - глюкагон, инсулин и соматостатин - играют важную роль в регуляции метаболических функций печени. Внутренняя секреция поджелудочной железы- инсулин и глюкагон- регулирует метаболизм, особенно, но не исключительно, метаболизм углеводов во всем организме. Кишечные гормональные вещества - являются пептидами или их производными.

Вегетативная нервная система

Вегетативная стимуляция и торможение играют важную роль в функционировании кишечника.

Вегетативная нервная система конкретного сегмента

стимулируется

непосредственным контактом с пищей. Интрамуральное сплетение (рис. 3.7.) состоит из двух систем сплетений, которые имеют как симпатическую, так и парасимпатическую иннервацию: мезентериальное сплетение в основном регулирует движение, подслизистое сплетение - секрецию. Нейроны этих сплетений содержат много нейропептидов (пептидов кишечник-мозг), которые обнаруживаются в центральной нервной системе.

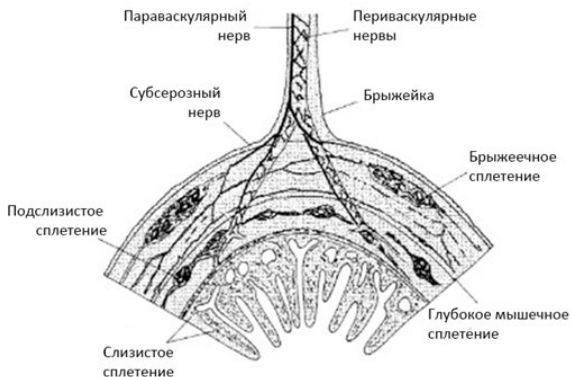


Рис. 3.7 Автономная иннервация кишечника (Berne 1998)

• Парасимпатическая стимуляция:

парасимпатическая стимуляция в основном стимулирует перистальтику, расслабляет сфинктеры и стимулирует секрецию. Без парасимпатической стимуляции движение кишечника становится очень медленным. Парасимпатическая стимуляция может усиливаться активностью ствола головного мозга в центральной фазе регуляции при виде или мысли о еде. Активность ствола головного мозга передается в желудочно-кишечный тракт через блуждающие нервы. Центральная фаза стимулирует слюноотделение и

секрецию желудочного и панкреатического соков.

- Симпатическая стимуляция:

симпатическая стимуляция в основном замедляет движение пищи, сжимает сфинктеры и подавляет секрецию.

3.5.2. Печень

Деятельность печени регулируется в основном местными гормонами желудочно-кишечного тракта: инсулином, глюкагоном и соматостатином. Печень синтезирует ангиотензиноген, который может быть преобразован ренином из почек в ангиотензин I (см. также раздел 4.5.), который в свою очередь преобразуется в легочном эндотелии в ангиотензин II (раздел 2.4.4.). Ангиотензин II является важным регулятором артериального давления.

→Регуляция деятельности печени и кишечника в основном местная. Важную роль при этом играет местная вегетативная нервная система, а также местные гормональные вещества. Некоторые кишечные гормоны имеют общую метаболическую функцию. Существует также центральная регуляторная фаза в стимуляции блуждающих нервов при виде или мысли о еде.

3.6. Функция печени и кишечника в организме

Функция печени и кишечника заключается в обеспечении организма питательными веществами. Физиологические процессы, лежащие в основе этой функции, являются активными процессами, но функция запасаения сама по себе в основном пассивна. Кишечник способствует приему питательных веществ и выведению фекалий. Печень поддерживает гомеостаз в обменных

функциях организма. Она запасает главным образом сам гликоген. Кроме того, поддержание и хранение являются в основном пассивными функциями (активный процесс, например, -регулирование). Печень и кишечник также способствуют поддержанию гомеостаза, удерживая значительное количество крови, что может помочь поддерживать ее внеклеточный объем.

→Функция печени и кишечника в организме состоит в том, чтобы снабжать, поддерживать и хранить. Это в основном пассивные функции.

3.7. Заключение

- Морфология:

по своей общей форме печень представляет собой крупный орган, пассивно формируемый окружающей средой, как и легкие. Кишечник имеет мембраноподобную структуру, как и легкие, но не является жестким и проявляет активные автономные движения. Структура печени состоит из однородной паренхимы.

	Легкие + дыхательные пути	Печень + желудочно- кишечный тракт	Почки	Сердце
Морфология	Форма извне, Трубчатый орган, Мембранная структура	Форма, в основном, определяется извне, однородная паренхима, трубчатые органы		
Кровоснабжение	50 % веса составляет кровь, в основном не насыщенная O ₂ , капиллярная кровь в тонкой пленке	Наиболее объемный поток, особая система воротной вены, ¹ /4 насыщена O ₂ , ³ /4 мало насыщенны, капиллярная кровь в тонком слое		
Физиология	Пассивная диффузия	Высокая метаболическая активность		
Регуляция	В основном извне, через центральную нервную систему	Через местные гормоны и местные автономные сплетения, отчасти через центральную нервную систему		
Функция	Пассивное обеспечение	Пассивное обеспечение, регуляция и запасание		
Характеристика	Мембрано-подобная структура, диффузия газов (O ₂ и CO ₂) и воды	Физиологическая активность в метаболических циклах, диффузия и поглощение жидких питательных веществ в трубчатой части		

- Кровоснабжение:

кровоснабжение печени является самым большим в организме. Оно имеет низкое насыщение кислородом, как и в легких, но имеет смешанную артериальную и венозную кровь благодаря наличию специализированной и уникальной венозной портальной системы. И легкие, и печень имеют большую капиллярную сеть, которая образует тонкий слой крови. Градиент давления, который перемещает кровь в капиллярах, в печени даже ниже, чем в легких.

- Физиология:

печень и кишечник физиологически активны, в отличие от легких, хотя все они происходят из одной и той же эмбриологической ткани (примитивной кишки). Печень и кишечник преобразуют метаболиты, чтобы сделать их пригодными для использования организмом.

- Регуляция:

печень и желудочно-кишечный тракт в основном регулируются автономно. Регуляция преимущественно местная, осуществляется местными гормонами и местной вегетативной нервной системой.

- Функция:

функция печени и кишечника в основном пассивна, и состоит в том, чтобы снабжать организм соединениями, необходимыми для метаболизма,

хранить их и помогать в поддержании гомеостаза.

→Для печени и кишечника характерно то, что они физиологически активны.

Гепатоциты активно участвуют в циклах обмена веществ. По строению, кровоснабжению и функции печень и кишечник пассивны, аналогичны легким.

Трубчатая, мембранозная структура легких и дыхательных путей снова проявляется как трубчатая структура кишечника, где происходит диффузия и активное поглощение жидких питательных веществ, а не газов.

Паренхиматозная природа печени не обнаруживается в дыхательных путях.



4. Почки и мочевыводящие пути

4.1. Введение

Почки принимают большое количество крови, фильтруют ее, а затем реабсорбируют большую часть первичной мочи. Небольшая часть первичной мочи выводится при мочеиспускании. Некоторые вещества активно секретируются из плазмы в мочу. Почки секретируют гормоны и регулируются гормонами.

Мы рассмотрим физиологическую морфологию и эмбриологию, кровоснабжение, физиологию, регуляцию и функцию почек и мочеполового тракта, чтобы получить представление об их характерном месте в организме.

4.2. Физиологическая морфология

4.2.1. Форма почек и мочеполового тракта

Почки имеют характерную форму, которая оставляет отпечаток на окружающих ее органах. Каудальная поверхность печени несет отпечаток правой почки, селезенка - левой почки.

Почки - это паренхиматозные органы. Их паренхима не однородна, а дифференцирована. Морфологически на срезе почек можно выделить две области: кору и

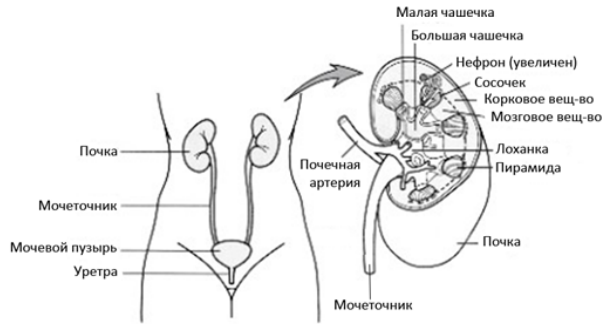


Рис.4.1 Почки и мочевыводящие пути (Guyton 2000)

мозговое вещество (рис. 4.1.). Внешний слой - это кора. Внутренний слой- мозговое вещество. Оно окружает почечные чашечки, где собирается моча, чтобы пройти оттуда в почечную лоханку, а затем через мочеточники в мочевой пузырь. Бессознательные рефлексy и сознательное расслабление мускулатуры шейки мочевого пузыря позволяют моче проходить из мочевого пузыря через мочеиспускательный канал и выделяться. Мочевыводящие пути представляют собой трубчатый орган (рис. 4.1.).

Почки- парные и более или менее симметричные органы, они расположены в верхней дорсальной части брюшной полости. Печень, поджелудочная железа, желчный пузырь, желудок и кишечник,- типичные пищеварительные органы брюшной

полости,- не являются ни парными, ни симметричными. Они также не имеют дифференцировки на кору и мозговой слой. Надпочечники, расположенные поверх почек, также являются парными органами и имеют кору и мозговой слой. Другими симметричными органами брюшной полости с корой и мозговым слоем являются половые органы. Половые органы, как и почки, имеют дифференцированную структуру протоков, которая делает возможным выделение. Вместе с почками и надпочечниками половые органы не находятся внутри брюшины, которая окружает типичные органы пищеварения. Почки, надпочечники и гениталии расположены забрюшинно, в отличие от большинства типичных органов брюшной полости.

Четкая дифференцировка тканей на кору и мозговой слой, которую мы наблюдаем в почках, надпочечниках, яичниках и семенниках, является характерной чертой головного мозга. Мозг и органы головы и нервной системы являются парными и / или симметричными, как почки, надпочечники и гениталии. В сердце и легких, обоих органах ритмически активной средней области тела, мы находим реминисценцию симметрии, но не дифференцировку тканей на кору и мозговой слой. Феномен симметрии уменьшается от краниального конца тела к каудальному. Тем не менее, мы находим парные, симметричные органы, такие как почки и гениталии, в области живота. Это может вызвать вопросы о том, как почки, надпочечники и половые органы попали туда (см. раздел 4.2.3.).

→Почки и надпочечники (и половые органы) больше похожи на нервную систему головы по своей форме, чем на другие органы брюшной полости. Они представляют собой забрюшинные, парные, симметричные органы и имеют в своей паренхиме кору и мозговое вещество. Их плотная наружная форма отпечатывается на соседних органах брюшной полости.

4.2.2. Внутреннее строение почек

Почки имеют довольно сложное и запутанное внутреннее строение (рис. 4.1. и 4.3.). Функциональные единицы почек - более миллиона *нефронов* - расположены частично в коре, частично в мозговом слое. Нейроны состоят из четырех структурных и функциональных частей. *Клубочек* - это структура, в которой происходит фильтрация с образованием первичной мочи (180 л / сут). Остальные три части: *проксимальный каналец, петля Генле и дистальный каналец с собирательными трубочками*, - в основном служат для реабсорбции (всасывания) компонентов из первичной мочи. Секретция соединений из плазмы непосредственно в мочу происходит в канальцах. Выход мочи составляет примерно 1,5 л/сут.

Кора почки

Кора почки - это место, где расположены клубочки. Клубочки состоят из пучка капилляров внутри чашеобразного или сосудобразного конца мочевых канальцев: капсулы Боумена. Фильтрующий барьер между кровеносными сосудами и мочевыми канальцами состоит из трех компонентов:

- капиллярной мембраны с фенестрами (=отверстиями, окнами), аналогичными синусоидальным порам или фенестрам в печени;
- базальной мембраны с большими пространствами;
- подоцитов капсулы Боумена с большими щелями между ними.

Фильтрующий барьер позволяет пропускать небольшие

соединения, к которым относятся вода и электролиты, и несколько более крупные соединения, такие как глюкоза и мочеви́на. Отрицательный заряд белков в капиллярной мембране, базальной мембране и подоцитах капсулы Боумена отталкивает соединения, которые имеют отрицательный заряд. Это предотвращает прохождение многими белками фильтрационного барьера, даже если они достаточно малы для этого. Фильтрующий барьер в почках фильтрует в 100 раз больше воды и растворенных веществ, чем обычные капиллярные мембраны.

Юкстагломерулярный аппарат также расположен в коре. Он состоит из:

- мезангиальных клеток, которые обеспечивают структурную поддержку, секрецию во внеклеточный матрикс и могут действовать как фагоциты. Фагоциты указывают на то, что почки также осуществляют взаимодействие с внешним миром;
- гранулярные клетки, которые продуцируют ренин, простагландины и цитокины;
- плотное пятно, которое регистрирует изменения концентрации NaCl в дистальном канальце.

Юкстагломерулярный аппарат играет важную роль в саморегуляции кровотока в почках (см. также раздел 4.5.).

В клубочках развилась сложная пассивная система фильтрации, сравнимая с основной диффузионной способностью легких. Юкстагломерулярный аппарат в корковом слое регулирует приток крови к почкам.

Мозговой слой

Проксимальные каналы, петли Генле и дистальные каналы с собирательными трубочками расположены главным образом в мозговом слое.

Эпителий, выстилающий почечные каналы, имеет специализированные мембранные белки на стороне мочи и / или крови, которые обеспечивают активный транспорт специфических соединений в определенных областях (см. также раздел 4.4.). В проксимальных каналах реабсорбируется 2/3 отфильтрованного натрия и воды. В петле Генле моча концентрируется, и еще 1/4 натрия и 1/6 воды реабсорбируется. В дистальных каналах и собирательных трубочках достигается тонкая настройка консистенции мочи и плазмы. Выделение веществ из плазмы в мочу происходит в проксимальных и дистальных каналах. В результате этих процессов во внутренней структуре мозгового слоя осмолярность жидкости изменяется от области, близкой к коре почки, к области, близкой к почечным чашечкам. Осмолярность в мозговом слое увеличивается в четыре раза по направлению от коры (300 мосм/л H_2O) к чашечке (1200 мосм/л H_2O) (см. раздел 4.4.3).

В высокоспециализированных клетках канальцевой системы в мозговом веществе почек происходит избирательная реабсорбция.

Она более сложная и имеет обратное направление потока веществ по сравнению с абсорбцией- всасыванием в кишечнике. Имеется физиологическая дифференцировка мозгового вещества в виде четырехкратного увеличения осмолярности жидкости.

→ Внутренняя паренхиматозная структура почек стала более дифференцированной по сравнению с печенью. Эта дифференциация является как анатомической, так и активно физиологической.

4.2.3. Эмбриология

Пронефрос

Почки формируются из промежуточной мезодермы, которая расположена дорсально, рядом с развивающейся нервной системой. Первые зачатки почек появляются в начале 4-й недели эмбрионального развития в области *шеи*. Так называемый пронефрос облитерируется через несколько дней, еще до того, как почка начнет функционировать как выделительный орган (рис. 4.2).



Рис. 4.2 Развитие почек у пятинедельного эмбриона (Sadler 1995)

Мезонефрос

Следующая почечная система, мезонефрос, формируется в области *грудных* позвонков. Она включает в себя клубочки и выводные протоки и может функционировать в течение короткого периода времени. Выводные протоки развиваются из выростов внутриэмбрионального целома, которые растут по направлению к развивающимся клубочкам. Гонады развиваются непосредственно медиально по отношению к мезонефросу по обе стороны тела на мочеполовом гребне. В течение второго месяца мезонефрос также облитерируется, за исключением части его протоковой системы. Вульфовы протоки сохраняются у мальчиков, образуя часть

выделительной системы мужских половых путей. Мюллеровы протоки образуют компоненты женской половой системы.

Метанефрос

Третья эмбриональная система почек - это метанефрос, и она становится постоянной. Она формируется в *пояснично-крестцовой* области из нефрогонатома с 5-й недели и далее. Она начинает развиваться, когда мочеточниковые почки, двусторонние выросты из мезонефротических протоков, растут в направлении метанефрогенной мезодермы, образуя почечную лоханку, чашечки и собирательные каналы. Мочеточниковые почки *индуцируют* образование клубочка, в частности капсулы Боумена, в метанефрогенной мезодерме. Чаше- или сосудообразная капсула Боумена и пучок капилляров вместе развиваются в клубочек. Метанефрос, или окончательная почка, начинает функционировать в конце первого триместра беременности.

За этим фило- и онтогенетическим "спуском" урогенитального тракта следует эмбриональное "восхождение", при котором почки перемещаются краниально от низкого пояснично-крестцового (тазового) расположения к их конечному расположению: высоко вверху и дорсально в брюшной полости на уровне нижних грудных позвонков. Их забрюшинное положение указывает на то, что они не являются частью типичных органов брюшной полости.

Почечная и половая системы изначально (также филогенетически) сформированы гораздо более краниально, чем их конечное расположение у человека. В процессе эмбрионального развития происходит спуск, за которым следует частичное восхождение почек. Мочеточниковые зачатки активно индуцируют образование клубочков.

→Цервикальное онто- и филогенетическое происхождение системы почек, надпочечников и генитальной системы близко к нервной системе, сходно с мозгом по структуре и симметрии.

4.3. Кровоснабжение почек

Почечная артерия, выходящая из аорты, снабжает почки насыщенной кислородом кровью. Кровь течет через afferentные артериолы к клубочкам, а оттуда через efferentные артериолы к остальным нефронам (рис. 4.3.). Оттуда она попадает в венозную систему. Почечный кровоток составляет 1100 мл / мин, или 22% от сердечного выброса. Почки составляют всего 0,4% от общей массы тела.

Почечный кровоток в норме постоянен, несмотря на разницу в артериальном давлении от 90 до 180 мм рт.ст. Это результат саморегуляции юкстагломерулярным аппаратом и чувствительным к давлению миогенным механизмом в afferentных артериолах. На почечный кровоток влияют различные гормональные вещества, такие, как адреналин и ангиотензин II.

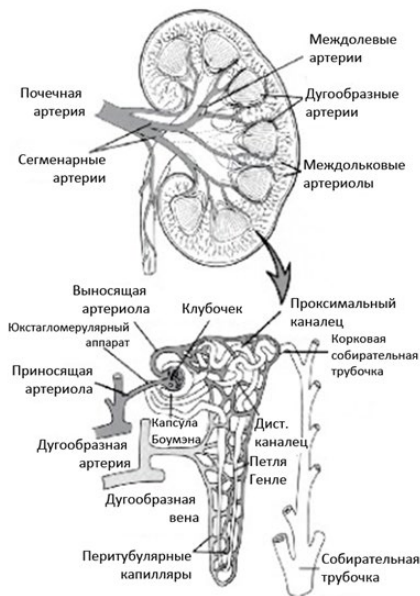


Рис.4.3 Кровоснабжение почек (Guyton 2000)

→ *Почки имеют вторую по величине перфузию крови в организме после печени. Они имеют специализированную артериальную систему, которая формирует afferentные и efferentные артериолы к клубочкам и от них. В отличие от легких и печени, почечный кровоток насыщен кислородом. Он регулируется как путем саморегуляции, так и гормональными влияниями.*

4.4. Физиология почек

У каждого трубчатого сегмента почки имеются различные подсегменты, которые анатомически и/или функционально отличаются друг от друга. Это приводит к тому, что состав канальцевой жидкости изменяется в разных местах нефрона. Резорбция каждого вещества так или иначе связана с активностью натрий-калиево-атфазной системы (см. раздел 4.4.2.). Активная резорбция потребляет много АТФ, которая запасается в метаболических процессах. Поэтому канальцевая деятельность требует высокого уровня оксигенации, который обеспечивается кислородом крови в эфферентных артериолах.

4.4.1. Клубочки

Кровь фильтруется в клубочках. Скорость клубочковой фильтрации зависит от почечного кровотока и составляет 20% от почечного плазменного потока или приблизительно 180 л/сут. Большая часть этого, очевидно, реабсорбируется, так как выход мочи составляет в среднем 1,5 л / сут. Резорбция происходит в канальцевой системе. Ультрафильтрация в клубочке происходит под действием сил Старлинга, то есть гидростатических и онкотических перепадов давления между кровью и просветом капсулы Боумена. Ультрафильтрация является в основном *пассивным* процессом и не требует много энергии. Кислород из насыщенной кислородом крови в афферентных артериолах не расходуется и доступен для физиологических процессов в мозговом слое.

Клубочковая фильтрация-это пассивный процесс.

4.4.2. Проксимальный каналец

Резорбция

- Натрий, бикарбонат, хлорид и вода:

в проксимальном канальце, петле Генле и дистальном канальце 99,5% Na^+ резорбируется, главным образом, под действием натрий-калиевой АТФазы, фермента в базолатеральной мембране канальцевых клеток. Это *активный* транспортный механизм, который сопровождается *пассивным* движением других соединений, таких как HCO_3^- , Cl^- и вода. Натрий и вода - это два вещества, которые наиболее интенсивно резорбируются в канальцевой системе. Почти весь натрий резорбируется *активно*, вся вода - *пассивно*. Гормон ангиотензин II стимулирует резорбцию Na^+ , высвобождение дофамина из местных дофаминергических нервов ингибирует резорбцию Na^+ в проксимальных канальцах.

- Альбумин:

первичная моча содержит 7 г альбумина/сут (из 50 000 г / сут, проходящих через клубочки), который *активно* реабсорбируется в проксимальных канальцах, почти не выводится с мочой.

- Глюкоза:

Глюкоза обычно полностью реабсорбируется в проксимальном канальце. *Активный* транспортер приносит ее в клетку, она покидает клетку *пассивно*, чтобы снова войти в кровь.

- Лактат и неорганический фосфат:

лактат и неорганический фосфат также *активно* реабсорбируются в проксимальных канальцах. Большинство этих механизмов реабсорбции одновременно являются системами транспортировки Na^+ .

Секреция

Органические конечные продукты метаболизма и экзогенные органические соединения, такие как лекарственные средства и токсины, которые не были отфильтрованы, избирательно выделяются из плазмы в мочу в проксимальном канальце. Это *активный* процесс.

В проксимальных канальцах активная резорбция натрия позволяет многим другим субстратам реабсорбироваться в системах совместного транспорта или пассивно диффундировать. Резорбция натрия здесь активно регулируется гормонами. Присутствует небольшая активная секреция.

4.4.3. Петля Генле Противоточный механизм.

Петля Генле может охватывать всю глубину мозгового вещества. Здесь моча концентрируется хитроумным противоточным механизмом (рис.

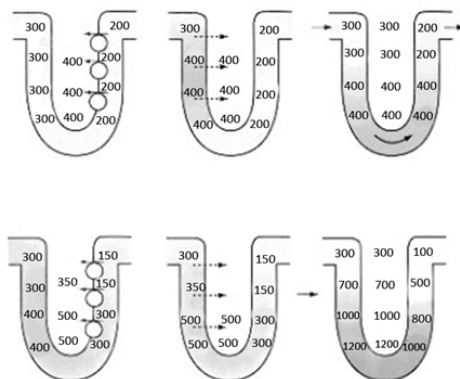


Рис. 4.4 Основные механизмы системы противоточного концентрирования в петле Генле (Guyton 2000)

4.4.). Он может концентрировать мочу с нормальной осмолярностью плазмы 300 мосм/л в области, близкой к коре, в четыре раза до 1200 мосм/л в медуллярной области, близкой к чашечкам. Это связано с тем, что восходящая ветвь петли Генле непроницаема для воды, а натрий и калий могут далее активно

реабсорбироваться, наряду с пассивной диффузией других растворенных элементов, таких как кальций и магний. Это может эффективно снизить концентрацию фильтрата до 100 мосм/л.

Сложная структура петли Генле позволяет регулировать концентрацию мочи.

Мочевина

Концентрирующая способность мочевыделительной системы усиливается присутствием мочевины в первичной моче. Мочевина создает около 40% осмолярности мозгового вещества (рис. 4.5).

Мочевина

пассивно реабсорбируется, главным образом в собирательных трубочках.

Толстая восходящая ветвь петли Генле и дистальный каналец

непроницаемы для мочевины, в то время как собирательные трубочки хорошо

проницаемы для мочевины, а тонкие нисходящие и восходящие участки ветви немного проницаемы для нее. Последующая высокая концентрация мочевины в мозговом веществе обеспечивает ее рециркуляцию и высокую концентрацию

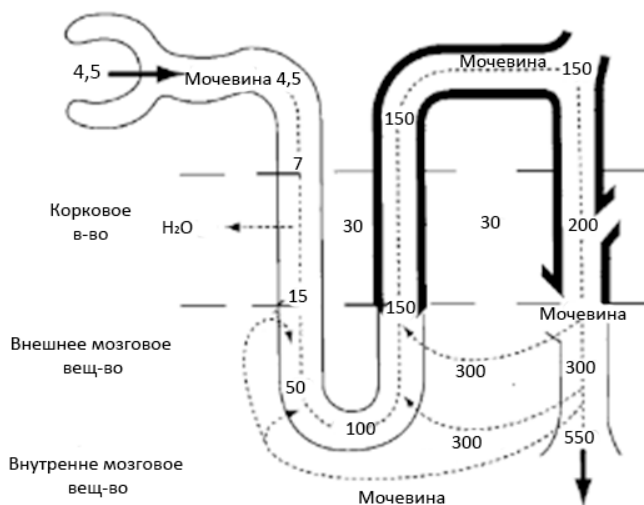


Рис. 4.5 Влияние рециркуляции мочевины на осмолярность мозгового слоя, и концентрация мочевины в моче

мочевины в моче. Следовательно, люди на высокобелковой диете обладают более концентрированной мочой.

Концентрирующая способность в петле Генле достигается дифференцированной проницаемостью для различных веществ, особенно воды и мочевины. Осмолярность мозгового вещества, а следовательно, и концентрирующая способность почек, зависит от концентрации натрия и мочевины.

4.4.4. Дистальные каналцы и собирательные трубочки **Гормональная регуляция**

В дистальных каналцах и собирательных трубочках резорбтивная способность значительно меньше, но тонкая настройка концентрации и состава мочи может быть осуществлена здесь с помощью гормональной регуляции, которая обладает особой *активностью* в этой области. Реабсорбцию натрия регулируют различные гормоны, в том числе надпочечниковый альдостерон и предсердный натрийуретический пептид. Гипоталамический антидиуретический гормон (АДГ) является основным фактором регуляции резорбции воды в дистальных каналцах и собирательных трубочках. Действие АДГ на дистальные каналцы и собирательные трубочки опосредованно влияет на концентрирующую способность петли Генле, так как она определяет объем резорбции воды в медулярный интерстиций. Механизмы резорбции натрия и воды регулируют внеклеточный объем организма. Количественно селективная реабсорбция веществ является основной деятельностью почек, которая расходует большую часть кислорода в эфферентных артериолах.

Гормональная регуляция в дистальных каналцах и собирательных трубочках обеспечивает тонкую настройку состава мочи и плазмы крови.

4.4.5. Кислотно-щелочной баланс.

Почки также играют важную роль в поддержании кислотно-щелочного баланса во внеклеточных жидкостях. Кислотно-щелочной баланс поддерживается с помощью обширных буферных систем. Наиболее важным буфером является система $\text{CO}_2/\text{HCO}_3^-$ (бикарбонатная).

Буферные системы плазмы немедленно реагируют, например, на понижение рН, но не обладают способностью избавляться от избытка ионов водорода. *Легкие* могут выделять CO_2 , чтобы повлиять на возвращение рН к норме. Дыхательная реакция лишь немного медленнее, чем непосредственная реакция буферных систем, и действует только частично, так как она не может вернуть рН к норме, когда причина кислотно-щелочного дисбаланса лежит вне дыхательных путей (эффективность составляет 50-75%). *Почки* реагируют наиболее медленно, в течение нескольких дней, обеспечивая дополнительную буферную способность плазмы и выделяя ионы H^+ , но они эффективны на 100%. Таким образом, система почек является наиболее мощным регулятором рН крови при хроническом кислотно-щелочном дисбалансе.

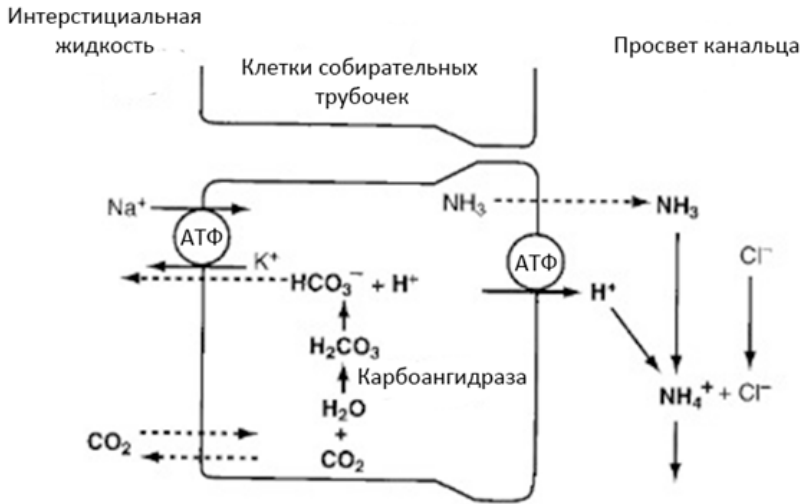


Рис. 4.6 Буферизация ионов водорода бикарбонатной буферной системой в клетках собирательных трубочек, и ионов аммония в моче. На каждый ион водорода в моче приходится молекула бикарбоната, поступающая в плазму.

Образование HCO_3^- в почках стимулируется ферментом карбоангидразой и происходит при избытке CO_2 в циркулирующей крови (рис. 4.6.). При выведении иона H^+ с мочой в плазму добавляется ион HCO_3^- , повышая ее буферную способность. H^+ добавляется к аммиаку и выводится в виде NH_4^+ с мочой (аммиачная буферная система). Это самый важный путь для выведения избытка кислоты. Повышение уровня H^+ в плазме крови стимулирует почечный метаболизм глутамина с высвобождением NH_3 .

РН крови поддерживается в основном за счет деятельности почек, с помощью выделения аммиака при распаде аминокислот. С помощью того же процесса одновременно в плазму добавляется HCO_3^- для увеличения буферной емкости. Регуляция рН крови сильно зависит от выработки аммиака.

→ *Физиология почек состоит как из активных, так и из пассивных процессов. Они регулируют внеклеточный объем жидкости в организме и рН крови. Физиология почек тесно связана с метаболизмом белков и аминокислот.*

4.5. Регуляторная активность почек и надпочечников

4.5.1. Регуляция почечной активности

Саморегуляция в почках и симпатический контроль

Почечный кровоток в норме регулируется не артериальным давлением, а активностью различных местных и системных гормонов. Однако резкое повышение артериального давления на 30-50 мм. рт. ст. приведет к увеличению экскреции натрия в 2-3 раза за счет таких явлений, как *диурез давления* и *натрийурез давления*. Эти два процесса являются ключевыми для регуляторной функции почек в отношении объема жидкости в организме и артериального давления. Этот основной регуляторный механизм, который также присутствует у некоторых низших позвоночных, в человеческом организме более совершенен и включает гормональный контроль для большей точности.

Юктагломерулярный аппарат играет важную роль в основной регуляции деятельности почек. Он *воспринимает* функционирование почек через плотное пятно, которое регистрирует изменения концентрации NaCl в дистальном канальце и осуществляет *саморегуляцию* кровотока в почках через гормоны, вырабатываемые в его гранулярных клетках: ренин, простагландины и цитокины.

Кровеносные сосуды в почках имеют богатую иннервацию симпатическими вегетативными нервными волокнами. Они играют роль в регуляции деятельности почек только в течение короткого периода после острых нарушений, таких как ишемия головного

мозга или сильное кровотечение. Симпатические нервы в почках выделяют дофамин, а также норадреналин. Высвобождение норадреналина из симпатических нервов стимулирует реабсорбцию NaCl и воды; дофамин из дофаминергических нервов оказывает противоположное действие и ингибирует резорбцию NaCl и воды.

Гормональная и ферментативная регуляция в почках

- ренин-ангиотензиновая система:

Особенно мощным механизмом является ренин-ангиотензиновая система (рис. 4.7.). Падение артериального давления вызывает высвобождение ренина из юкстагломерулярных клеток. Ренин-это фермент, который воздействует на вырабатываемое печенью вещество, ангиотензиноген, и расщепляет его до декапептида ангиотензина I. В эндотелии преимущественно легочных капилляров ангиотензин I преобразуется в октапептид ангиотензин II присутствующим там ангиотензинпревращающим ферментом (АПФ). Ангиотензин II действует на проксимальные каналы, усиливая реабсорбцию соли и воды, а также оказывая прямое мощное вазоконстриктивное действие на артериолы. Оба механизма действуют, чтобы вернуть артериальное давление в норму. И наоборот, увеличение потребления натрия в рационе приведет к снижению уровня секреции ренина и, следовательно, ангиотензина II, что приведет к снижению реабсорбции натрия и воды и последующей повышенной потере натрия с мочой.

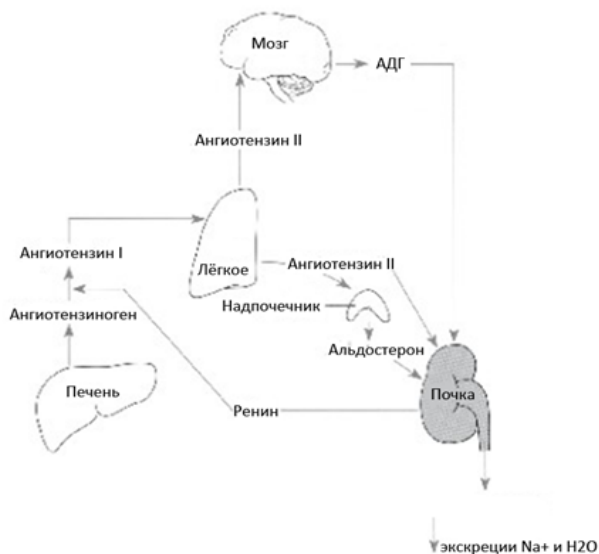


Рис. 4.7 Ренин-ангиотензин-альдостероновая система (Berne 1998)

- **Альдостерон:**

ангиотензин II также стимулирует высвобождение альдостерона из клубочковых клеток коры надпочечников (рис. 4.7.). Альдостерон является мощным стимулятором реабсорбции NaCl в толстой восходящей ветви петли Генле, дистальных канальцах и собирательных трубках.

- **Предсердный натрийуретический пептид (ПНП):**

предсердный натрийуретический гормон секретируется предсердиями. Повышение артериального давления и увеличение действующего объема циркуляции крови стимулируют его секрецию путем растяжения предсердий. Он усиливает экскрецию NaCl и воды в собирательных трубках и, таким образом, оказывает противоположное действие по

сравнению с ангиотензином II и альдостероном.

- Антидиуретический гормон (АдГ):

антидиуретический гормон является единственным основным гормоном, который непосредственно влияет на количество воды, выделяемой почками. Он вырабатывается в нейроэндокринных клетках гипоталамуса, а стимуляция осморорецепторов в гипоталамусе приводит к его высвобождению задней частью гипофиза. Осморорецепторы действуют в ответ на увеличение осмолярности плазмы или уменьшение действующего объема циркуляции.

- Карбоангидраза:

пассивная буферная система для поддержания кислотно-щелочного баланса активируется ферментом карбоангидразой (рис. 4.6.).

- Эритропоэтин:

эритропоэтин стимулирует образование красных кровяных телец. Почки производят 90% циркулирующего эритропоэтина, остальные 10% поступают в основном из печени. Гипоксия является основным фактором, стимулирующим выработку эритропоэтина. Когда почки дисфункциональны или отсутствуют, пациенты будут анемичными.

Регуляция объема крови почками в основном является внутренней и регулируется гормонами, которые образуются в почках и надпочечниках или поступают извне, такими как ангиотензин II, АдГ и ПНП. РН регулируется местным ферментом карбоангидразой. Эритропоэтин стимулирует эритропоэз.

4.5.2. Гормоны надпочечников

В коре надпочечников вырабатываются кортикостероиды, в том числе минеральные кортикостероиды, кортизол и половые гормоны. В мозговом веществе надпочечников вырабатывается адреналин. Эти гормоны имеют регулирующую функцию не только в отношении почек и половых органов, но и для многих вегетативных функций в организме. Гормоны надпочечников кортизол и адреналин помогают нам справляться со стрессом. Эмбриологически клетки мозгового вещества надпочечников происходят из клеток нервного гребня. Гормоны гипофиза (АКТГ и гонадотропные гормоны) из области ЦНС стимулируют выработку кортизола и половых гормонов в коре надпочечников.

Гормоны надпочечников регулируют функции органов в области живота, морфологически связанных с надпочечниками (раздел 4.2.1.), таких как почки и половые органы. Они также влияют на функции вегетативной нервной системы в целом организме и частично регулируются гормонами из гипофиза, который расположен в области центральной нервной системы.

→Регуляция деятельности почек происходит как изнутри, так и через гормоны, поступающие снаружи. Почки также вырабатывают гормоны, которые влияют на соответствующие их эффекту функции и эритропоэз. Гормоны надпочечников регулируют деятельность почек и половых органов и связаны с деятельностью нервной системы.

4.6. Функция почек в организме

Функция почек состоит в том, чтобы *активно* способствовать поддержанию гомеостаза организма, регулируя эффективный объем циркулирующей крови и ее осмолярность, а также рН внеклеточных жидкостей. Деятельность почек *активно* саморегулируется обратной связью в канальцево-гломерулярной системе, а также обширной гормональной системой контроля, которая тонко настраивает объем и осмолярность плазмы, и обширной системой выработки буферов для регуляции рН плазмы.

→ *Функция почек в организме характерно активна, и на нее влияют гормоны частично изнутри, частично снаружи почечной системы.*

4.7. Заключение

- Морфология:

почки имеют свою *собственную отчетливую форму*. Их дифференцированное внутреннее строение (кора и мозговое вещество), а также их парность и симметрия напоминают нам строение головного мозга. Это становится понятным из их фило- и онтогенетического происхождения из области шеи.

- Кровоснабжение:

кровоснабжение почек *обильное и насыщенное кислородом* для поддержания их активности в реабсорбции в канальцевой части нефронов. Почки имеют уникальное артериальное снабжение через афферентные и эфферентные артериолы клубочков.

- Физиология:

клубочковая фильтрация является *пассивным* процессом. *Активные* процессы реабсорбции в канальцах сосредоточены вокруг натрия, воды и мочевины. Белковый обмен играет важную роль в физиологии почек.

- Регуляция:

для воздействия на деятельность почек имеется широкий спектр *активных* регулирующих механизмов. Регулирование объема плазмы осуществляется путем регулирования содержания натрия и реабсорбции воды при совместном действии мозга, печени, легких и сердца с почками. Кислотно-щелочной баланс в плазме регулируется ферментативной активностью.

- Функция:

функция почек обладает характерной *активностью в регулировании* объема, осмолярности и рН внеклеточной жидкости. Гормоны тонко настраивают регуляторную деятельность почек.

→Почки активны в своей морфологии, физиологии и функции.

Морфология и физиология поддерживают функцию почек.

Наиболее характерной особенностью почек является их активная, гормонально регулируемая функция. Функции трубчатых структур почек высокоспециализированы по сравнению с функциями дыхательных трубок и кишечной трубки. Паренхима почек дифференцирована по сравнению с однородной паренхимой печени.

Капилляры в почках формируют клубочки.

	Легкие + Дыхательные пути	Печень + желудочно- кишечный тракт	Почки + мочеполовой тракт	Сердце
Морфология	Форма извне, Трубчатый орган, Мембранная структура	Форма, в основном, определяется извне, однородная паренхима, трубчатые органы	Собственная активная форма, дифференцированная паренхима с корковым и мозговым слоем, специализированные трубчатые части	
Кровоснабжение	50 % веса составляет кровь, в основном не насыщенная O ₂ , капиллярная кровь в тонкой пленке	Наиболее объемный кровоток, особая система воротной вены, ¹ / ₄ насыщена O ₂ , ³ / ₄ мало насыщенны, капиллярная кровь в тонком слое	Второй по объему кровоток, <i>уникальная артериальная система</i> , высокая сатурация, капилляры в клубочках	
Физиология	Пассивная диффузия	Высокая метаболическая активность	Как активные, так и пассивные процессы	
Регуляция	В основном извне, через центральную нервную систему	Через местные гормоны и местные автономные сплетения, отчасти через центральную нервную систему	Как местные так и внешние гормоны и буферные процессы, почки секретируют гормоны, регулирующие различные функции организма	
Функция	Пассивное обеспечение	Пассивное обеспечение, регуляция и запасание	Активная регуляция внутренней среды организма	
Характеристика	Мембрано-подобная структура, диффузия газов (O ₂ и CO ₂) и воды	Физиологическая активность в метаболических циклах, диффузия и всасывание жидких нутриентов в трубчатой части	Активная регуляторная функция, диффузия и реабсорбция компонентов крови в трубчатых частях	



5. Сердце и кровообращение

5.1. Введение

Сердце и сосуды содержат движущуюся кровь. Сердце и сосуды находятся в ритмичном движении. Они способствуют движению крови. Сосуды распределены по всему телу. В то же время они представляют собой высокодифференцированную систему, которая формируется по-разному в разных органах и анатомических областях, в зависимости от потребностей и функций кровоснабжаемых тканей.

Мы рассмотрим физиологическую морфологию и эмбриологию, кровоснабжение, физиологию, регуляцию и функцию сердца и сосудов, чтобы получить представление об их характерном месте в организме.

5.2. Физиологическая морфология сердца и кровообращения

5.2.1. Форма сердца и сосудов

Сердце и сосуды представляют собой полые, трубчатые органы. Однако их трубчатая форма не является результатом ни сворачивания дискообразного зародыша в трубочку, как при формировании дыхательных путей и пищеварительного тракта, ни отростков внутриэмбрионального целома, как в системе почек. Просвет в этих трубках возникает заново во время эмбрионального развития (см. раздел 5.2.3.).

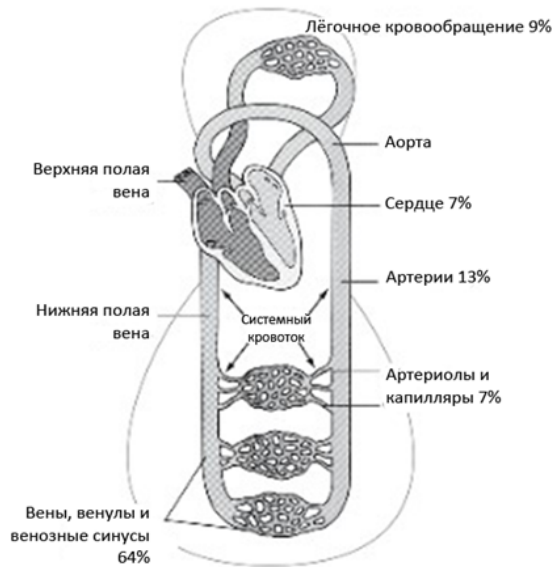


Рис. 5.1 Сердце, легочный и большой круги кровообращения. Два круга с сердцем в центре формируют лемнискату (Адаптировано из Guyton 2000)

Сосуды

Сосуды образуют сложную разветвленную систему, становясь все меньше и меньше по мере приближения к функционирующей ткани. В самой ткани три миллиарда капилляров человеческого тела становятся настолько малыми, что содержимое крови (особенно клетки крови) может перемещаться через них. В капиллярах сосуды имеют наименьший диаметр. В каждой ткани тела имеется огромное количество капилляров. Приток крови к капиллярам обеспечивается артериальной системой, а отток - через венозную систему.

В кровообращении можно выделить два отдельных круга, каждый из которых берет начало в сердце, идет к органу (органам) - мишени, а затем возвращается обратно к сердцу (рис. 5.1.)

Насыщенная кислородом кровь в *большом круге* течет от левой стороны сердца ко всем тканям организма. Оттуда кровь, которая теперь имеет низкое насыщение кислородом, течет обратно в правую часть сердца

Кровь, которая имеет низкое насыщение кислородом, течет из правого сердца через *легочный круг* в легкие, где кровь насыщается кислородом, и оттуда течет обратно в левую часть сердца.

Кровообращение имеет два центра: один из них находится в капиллярах, которые снабжаются артериальной кровью и откуда выходит венозная кровь. Сердце - это другой центр кровообращения. Кровообращение состоит из двух кругов - большого и легочного.

Сердце.

Сосуды, отходящие от сердца, имеют самый большой диаметр, как внутренний, так и внешний. Сердце примерно такого же размера, как наш кулак, а сосуды расположены так, что два круга кровообращения встречаются там. Сосуды обоих кругов лежат рядом друг с другом около сердца и пересекаются (см. 5.1.).

Сердце состоит из четырех камер: двух предсердий и двух желудочков (рис. 5.2.). Четыре камеры разделены межпредсердной и межжелудочковой перегородками между предсердиями и желудочками соответственно, а также волокнистым скелетом между предсердиями и желудочками, который удерживает четыре клапана и подвешен к крупным сосудам, аорте и легочной артерии.

Трикуспидальный и митральный клапаны, расположенные на правой и левой стороне сердца соответственно, находятся на путях тока крови из предсердий в желудочки. Желудочки также имеют клапаны на их путях тока крови: на правой стороне- легочный клапан к легочному кругу кровообращения, на левой стороне- аортальный клапан к большому кругу. Мышечные волокна желудочков возникают из волокнистого скелета сердца таким образом, что желудочки

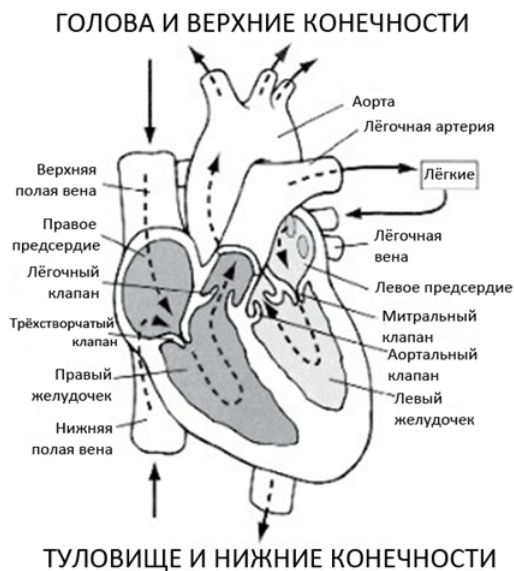


Рис. 5.2 Ток крови в сердце (Guyton 2000)

подвешены к крупным сосудам.

В большом круге кровообращения кровь течет по верхним и нижним полым венам в правое предсердие и выходит из правого желудочка через легочную артерию в легочный круг кровообращения. Легочный круг кровообращения опорожняется через правую и левую легочные вены в левое предсердие, а кровь выходит из левого желудочка через аорту в большой круг. Это означает, что эти два круга кровообращения пересекаются и что поток крови образует сложную *фигуру-восьмерку или лемнискату*, когда он переходит из одного круга в другой (см. 5.1.).

Форма сердца сформирована активно, вокруг него развиваются легкие. Сердце подвешено к крупным сосудам и покоится на диафрагме.

5.2.2. Структура сердца и сосудов

Кровь в сосудах помещена в эндотелий. Истинные капилляры лишены гладких мышечных волокон. В более крупных сосудах один или несколько гладкомышечных слоев окружают эндотелий. Они особенно развиты в артериях и достигают предела своего развития в сердце, где вместо гладкомышечных клеток формируется более дифференцированная ткань сердечной мышцы. Клетки сердечной мышцы фактически образуют функциональный синцитий ветвящихся и соединяющихся поперечно-полосатых мышечных волокон. Гладкомышечные клетки и клетки сердечной мышцы в сердце и кровообращении расположены в спиральных или круговых слоях. Сердечная мышца образует двойную спираль, имеющую фиброзные перегородки между спиралевидными слоями (рис. 5.3.). Желудочковая мышца толще предсердной, а левый желудочек толще правого. Мышечные слои в желудочках наиболее толсты у основания сердца, где расположены оттоковые сосуды. На верхушке сердца слои очень тонкие. Сердце окружено эпикардом и перикардом. Коронарные сосуды расположены в субэпикардиальной ткани. Филогенетически сердце развивается из

двух типов сердечной мышечной ткани - трабекулярного и компактного миокарда. У рыб мы находим только трабекулярную ткань. Миокард у них получает свое кровоснабжение от синусоид, и нет никаких коронарных сосудов. Начиная с амфибий, вокруг трабекулярной ткани начинает формироваться компактная ткань миокарда, а вместе с ней и коронарные сосуды. Сосуды Тебезия (раздел 5.3.) являются остатками синусоид. У позвоночных, которые двигаются более активно, и у тех из них, кто больше по размеру, толщина компактного слоя становится относительно большей. Это позволяет повысить кровяное давление и повысить тонус кровообращения. Только у людей миокард состоит лишь из компактной ткани.

Клапаны в фиброзном скелете у основания сердца состоят из покрытой эндотелием фиброзной ткани и двигаются пассивно. Фиброзный скелет с фиброзными сердечными клапанами и фиброзными перегородками между спиралевидными слоями в сердце образуют структурную основу и создают зоны относительного покоя в этом постоянно движущемся органе. Сердце не является ни трубчатым органом в истинном смысле этого слова, ни паренхиматозным органом в истинном смысле этого слова. Трубчатый просвет формируется заново (раздел 5.2.3.) а "паренхима" состоит из активно движущейся мышечной ткани.

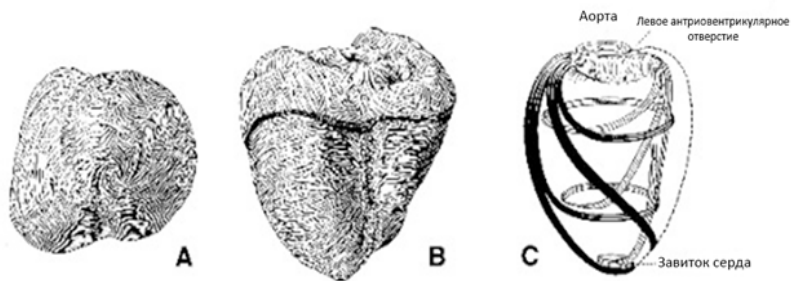


Рис.5.3 Двойной спиральный слой сердечной мускулатуры с верхушки (А), Вид сзади с частично удаленным поверхностным слоем (В), и схематическая репрезентация спиральных слоев левого желудочка (С). (Benninghoff - Goerttler 1967)

Гладкомышечные клетки сосудов и морфологически более дифференцированные клетки сердечной мышцы имеют спиральную или круговую конфигурацию. Клетки сердечной мышцы образуют функциональный синцитий поперечно-полосатых волокон сердечной мышцы, который находится в постоянном ритмичном движении. Волокнистые части пассивно перемещаются вслед и дают сердцу структурную основу.

5.2.3. Эмбриология

Ангиобласты

В начале 3-й недели эмбрионального развития полость перикарда становится видимой над головным участком эмбриона (рис. 5.5.). Сосуды капиллярного размера впервые появляются у эмбриона, начиная с 17-го дня. Они происходят из ангиобластов, которые также являются предшественниками клеток крови.

Ангиобласты развиваются в мезенхиме стенки желточного мешка



Рис.5.4 Дифференцировка из мезенхимальных клеток (А) в ангиобласты (В), и формирование крови и сосудов

и боковых сторонах слоя спланхномезодермы. Первоначально они образуют островки изолированных клеточных кластеров, которые вскоре начинают дифференцироваться (рис. 5.4.). Центральные клетки кровяных островков становятся круглыми и дают начало примитивным клеткам крови; периферические



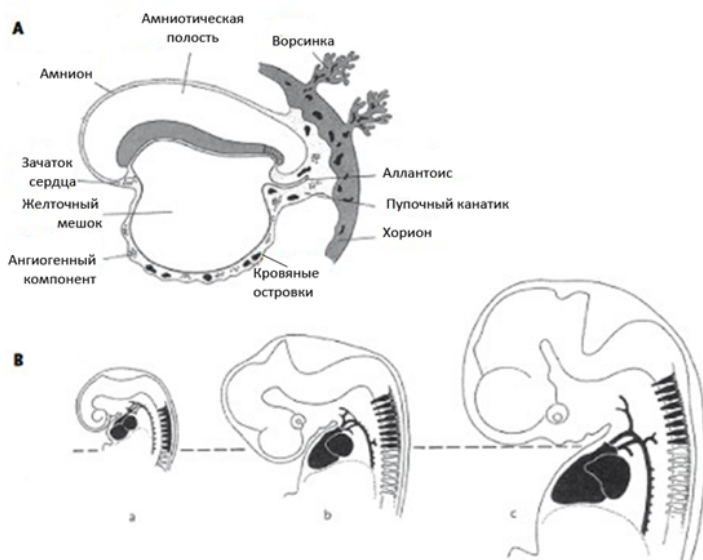
Рис. 5.5 Скопление ангиогенных клеток в форме подковы, и расположение полости перикарда (Адаптировано из Sadler 1995)

клетки уплощаются и образуют эндотелиальную выстилку вокруг клеток крови. Эндотелиальные клетки различных кровяных островков растут навстречу друг другу, сливаются и образуют выстилку вокруг вновь созданного просвета первых капилляров. Кровь и сосуды происходят из одной и той же ангиогенной ткани почти так же, как эмбрион и окружающие его оболочки развиваются из одной и той же ткани на стадии морулы (см. также

модуль Эмбриология BOLK'S COMPANIONS). Кроме того, уплотнение периферических клеток и их последующее уплощение обозначают их как клетки трофобласта, которые являются предшественниками окружающих эмбриологических оболочек, в отличие от центральных, округлых клеток эмбриобласта. Клетки эмбриобласта дифференцируются последними и становятся самым развивающимся эмбрионом. Центральные клетки крови в ангиогенных областях также дифференцируются позже и медленнее, чем стенки сосудов.

В следующей фазе островки крови также начинают формироваться на головном конце эмбриона.

Капилляры на боковых сторонах эмбриона и головные капилляры растут, образуя подковообразное сплетение мелких сосудов вокруг развивающегося эмбриона (рис. 5.5.). Кровь уже движется в этом сплетении, возможно, этому способствуют факторы, которые также влияют на медленное, ритмичное движение сосудов взрослого человека (см. раздел 5.4.1.). В головном изгибе подковы сплетение называется кардиогенной областью. Быстрый рост центральной нервной системы над кардиогенной областью в головном направлении приводит к *относительному опусканию* этой области из положения над будущей головой (рис. 5.5.) к шее и, наконец, к грудной клетке (см. рис. 5.6. а также раздел 4.2.3.). Она становится заключенной в грудной клетке, когда эмбрион сворачивается в стороны, а боковые стороны сразу же после этого сливаются вместе спереди (см. рис. 5.6.). Первоначально сердце и сосуды развиваются как *парная, симметричная система* (см. также раздел 4.2.1.); к 21-му дню сосуды сердца и кровеносные сосуды слились .



**Рис.5.6 Опускание сердца. А: Расположение сердца эмбриона на 19 день (Langman, 1995)
 В: Опускание сердца на 29, 42 и 48 дни (Hinrichsen1990)**

Кардиогенная зона

В кардиогенной зоне морфологическое развитие сердца представляет собой автономный процесс, не зависящий от окружения. Кардиогенная область в серповидной части подковы расширяется и образует сердечную петлю, предшественницу первичной сердечной трубки, из которой развиваются будущие предсердия, желудочки и пути оттока. Сердечная петля все больше и больше выпячивается в полость перикарда. Раздувающиеся расширения из первичной сердечной трубки сформируют будущие предсердия и желудочки (рис. 5.7.). Исследование происхождения

раздувания и образования перегородок в первичной трубке сердца, по-видимому, указывает на то, что размещение раздувающихся расширений может определяться потоком крови через первичную трубку сердца (Moorman 1999 и 2000). Там, где кровь стекает к стенкам, они начинают раздуваться; вне пути кровотока развиваются перегородки (рис. 5.8.).

Эмбриологически *коронарные артерии* берут начало в эпикарде, в ткани, окружающей левый желудочек. Во время развития сердца они растут к своей конечной точке происхождения в области позади створок аортального клапана.

Сердце - это первый орган, который формируется и начинает функционировать в развивающемся эмбрионе. Другие примеры того, как поток крови в сердце и сосудах инициирует изменения формы, становятся очевидны при рождении (см. 5.4.1. Сердце). Затем закрытие пупочных сосудов сопровождается резким функциональным закрытием овального отверстия между предсердиями, а также закрытием венозного протока, который до этого отводил портальную кровь от печени. Закрытие сосудов пуповины и прекращение плацентарной циркуляции приводит к резкому повышению системного сосудистого сопротивления. Однако овальное отверстие также закрывается, когда пупочное кровообращение не прекращается резко. Аэрация легких снижает сосудистое сопротивление в легочном круге кровообращения.

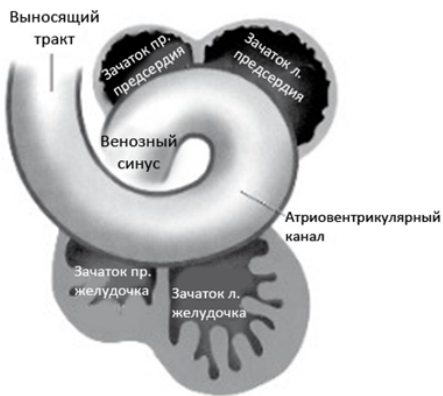


Рис.5.7 Сердце человеческого эмбриона на четвертой неделе развития, с первичной сердечной трубкой с расширяющимися предсердиями и желудочками (Moorman 1999)

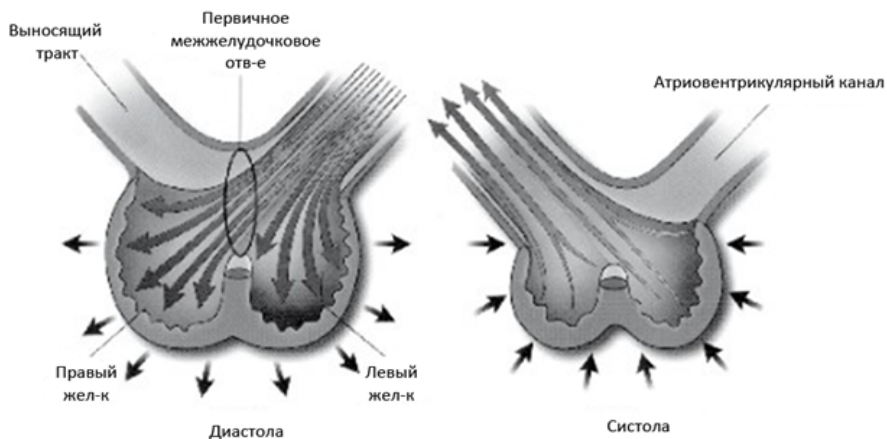


Рис. 5.8 Ток крови через сердце эмбриона во время систолы и диастолы. В диастолу кровь поступает в правый желудочек через межжелудочковое отверстие; в систолу кровь в левый желудочек поступает через межжелудочковое отверстие из правого (Moogman 1999)

Последующее изменение кровотока между предсердиями и венозным протоком приводит к их прямому функциональному закрытию, которое в конечном итоге становится анатомическим. Артериальный проток также испытывает реверс кровотока, однако его закрытие после рождения, по-видимому, связано с повышением оксигенации крови в протоке.

Кровь и сосуды развиваются из одной и той же ангиогенной ткани, которая изначально расположена на периферии эмбриона. Сначала капилляры развиваются и образуют подковообразное сплетение. Сердце формируется в полумесяце подковы как симметричный парный орган и становится наиболее развитой частью сосудов. Развивающееся сердце опускается к своему конечному расположению во время роста центральной нервной системы. Кровоток может оказывать влияние на конечную форму сердца.

5.3. Кровоснабжение сердца и сосудов

Сердце имеет свое собственное, отдельное кровоснабжение, коронарную систему (рис. 5.9.). Коронарное кровообращение, в котором протекает 4-5% сердечного выброса, снабжает сердце кровью. Правая и левая коронарные артерии берут начало в углублении позади створок аортального клапана. Кровь течет в них во время фазы расслабления (диастолы) сердца, в отличие от большого круга кровообращения, где кровоток наиболее силен во время фазы сокращения (систола) сердца. Во время сокращения сердца кровоток в коронарных артериях останавливается и может даже обратиться вспять в конце систолы.



Рис. 5.9 Коронарные сосуды (Verne 1998)

Решающим фактором коронарного кровотока является метаболическая активность миокарда. Повышенная метаболическая активность снижает коронарное сопротивление и, следовательно, увеличивает кровоток, и наоборот. Только 1/10 миллиметра толщины эндокардиальной поверхности получает свои питательные вещества непосредственно из крови в камерах сердца.

Правые коронарные вены опорожняются непосредственно в правое предсердие, левые коронарные вены сначала опорожняются в

коронарный синус. Небольшое количество крови может попасть в камеры сердца непосредственно через Тибезиевы вены (см. также раздел 5.2.2.) и артериосинусоидальные и артериолуминарные сосуды.

Коронарные сосуды холоднокровных животных имеют тонкий внутренний слой эндотелиальной ткани. У теплокровных животных эндотелий становится толще. У человека толщина эндотелия достигает 33% от общей толщины стенки сосуда, что делает его равным толщине двух других слоев стенки сосудодвигательного слоя и слоя с кровеносными сосудами и нервами вокруг сосудов. Каждый из этих трех слоев составляет 33% от общей толщины стенок у человека. Образование бляшек и инфаркт миокарда происходят в эндотелиальном слое и специфичны для человека.

Крупные артерии также имеют собственное кровоснабжение. Мелкие сосуды могут получать свои питательные вещества непосредственно из крови, которая течет через них.

Сердце имеет свое особое кровообращение, в котором кровь течет, когда сердце находится в фазе покоя, а скорость кровотока замедляется в легочном и большом кругах; и в котором кровь останавливается, когда легочный и большой круги имеют наибольший поток. Этот реверс (разворот) - явление, которое важно для существования ритма. В ритме направление потока должно постоянно меняться, чтобы вызвать возвратно-поступательное движение. Это показывает, что сердце является архетипом ритма.

5.4. Физиология сердца и кровообращения

5.4.1. Кровоток в сердце и сосудах

Капилляры и артериолы

Кровоток в капиллярах происходит *ритмично*, еще до того, как сердце начинает функционировать. Ритм относительно медленный, включается и выключается каждые несколько секунд или минут. Ритмическое колебательное движение в капиллярах сопровождается ритмическим сокращением и расслаблением мускулатуры прекапиллярных сосудов. Это явление называется *вазомоцией*.

Вазомоция - это в основном *автономные* и саморегулируемые движения. Гладкомышечные волокна во всех сосудах являются возбудимыми и проводят электрические импульсы. В прекапиллярных сосудах ритмический электрический разряд сопровождается сокращением гладкомышечных волокон (раздел 5.4.2. Клетки гладкой мышцы). Поток крови в капиллярах может быть усилен местными метаболическими потребностями. Изменения в местных метаболических потребностях, вызывающие снижение концентрации кислорода, приведут к увеличению интенсивности потока через капилляры. Еще одним фактором, который может влиять на течение крови через капилляры, является активность мембраны эритроцитов. Мембрана клетки эритроцита имеет особые характеристики и может сворачиваться вдоль гемоглобина в клетке. Специальные белки служат связующими соединениями как внутри, так и снаружи мембраны эритроцита, что обеспечивает большую эластичность мембраны. Это как придает мембране эритроцитов большую стабильность, так и делает ее более гибкой по форме. Форма эритроцита приспособляется к тому, чтобы помещаться в капиллярах; сворачивающаяся мембрана позволяет эритроциту двигаться подобно гусенице через капилляры (Busse 1982).

Диффузия в капиллярном русле

В капиллярах многие компоненты крови, такие, как питательные вещества, электролиты и газы крови, *пассивно* диффундируют из плазмы в ткани и обратно. Тепловое движение молекул воды и растворенных в крови веществ приводит к диффузии. Водорастворимые вещества движутся через поры в мембране капилляра в межтканевое пространство в 80 раз быстрее, чем плазма движется через капилляр. Растворимые в липидах вещества, такие как O_2 и CO_2 , могут диффундировать непосредственно через липидную мембрану. Скорость диффузии пропорциональна разности концентраций вещества между интерстициальным пространством и просветом капилляра.

Вазомоция - это наблюдаемое автономное движение крови, сопровождающееся сокращением прекапиллярных сосудов. Местные метаболические потребности и способность эритроцитов к продвижению через капилляры влияют на капиллярный кровоток. Обмен веществ между просветом капилляра и тканью происходит путем диффузии, обусловленной тепловым движением молекул воды.

Сердце

Сердечная мышца также сокращается и расслабляется *ритмично*, со скоростью приблизительно 72 раза в минуту в состоянии покоя. Ритмическая самовозбуждающаяся активность артериол получает дальнейшее развитие в сердце, где две специфические области ритмически проводят электрические импульсы быстрее, чем другие клетки функционального синцития. Синусовый узел (или синоатриальный узел) в правом предсердии работает с наибольшей скоростью и поэтому обычно обгоняет разряды в

атриовентрикулярном узле (a-v узле), который расположен на переходе правого предсердия в правый желудочек. Импульсы синусового узла задают ритм сокращений волокон сердечной мышцы со скоростью 72 удара в минуту. Сила сокращения (сократительная способность) и частота сердечных сокращений определяются главным образом венозным возвратом крови с периферии кровообращения (см. раздел 5.5.). Для своего энергетического обеспечения сердце использует кетоновые тела из метаболизма липидов

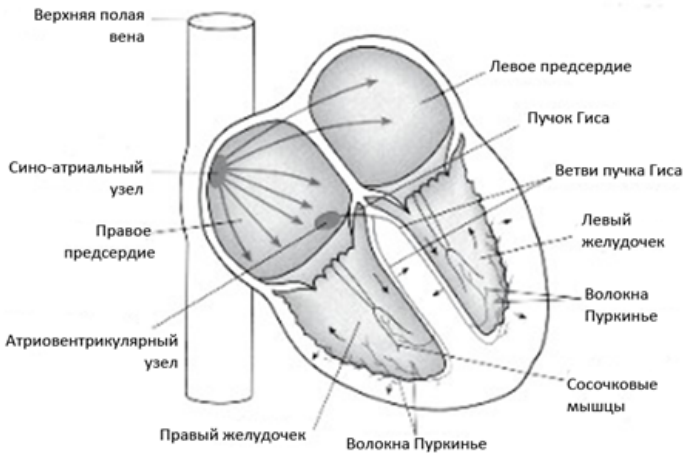


Рис. 5.10 Проведение узлового импульса через миокард (Verne 1998)

Специализированные клетки миокарда проводят электрический импульс как между узлами, так и от синусового узла в левое предсердие, и от атриовентрикулярного узла в оба желудочка, чтобы он достиг всех волокон сердечной мышцы примерно в одно и то же время (рис. 5.10.). Функциональный синцитий волокон сердечной мышцы непосредственно связан с клетками синусового узла и атриовентрикулярного узла, а также со специализированными волокнами, которые проводят

электрический импульс по всему сердцу. Электрический импульс движется к эпикардальной поверхности миокарда по направлению спиральных слоев (Guyton 2000).

Сокращение желудочков начинается с верхушки. Однако в основании сердца, где начинается кровоток, мышечные слои самые толстые и сокращение самое сильное. Если спиральное расположение слоев сердечной мышцы приведет к спиральному паттерну сокращения, и это придаст спиральную форму кровотоку из желудочка, то толщина мышечных слоев у основания сердца и верхушки будет физиологически логичной (см. Kilner 1993, 2000, 2002).

Четыре клапана сердца помогают поддерживать направление потока. Однако направление потока в значительной степени сохраняется даже при митральной недостаточности, когда митральный клапан между левым предсердием и левым желудочком не закрывается должным образом. В таких ситуациях гораздо больший, чем ожидалось, объем крови выходит из левого желудочка в аорту, а не возвращается обратно в левое предсердие. Все клапаны открываются и закрываются пассивно. Из крови в сердце около 50% насыщено кислородом и 50% не насыщено кислородом.

Расположенное в самом центре сердце -это полностью активный, ритмичный орган. Характерная ритмическая, самовозбуждающаяся деятельность артериол особенно развита в сердце. Функции гладкомышечных клеток, связанные с ритмической возбудимостью, проводимостью и сократимостью, принимаются и совершенствуются тремя дифференцированными группами клеток в сердце: синусовым и А-в узлами, проводящими волокнами (включая волокна Пуркинье в желудочках) и клетками миокарда, соответственно. Сердечные клапаны помогают направлять кровоток.

Большие артерии

Сокращения сердца выталкивают кровь из сердца в крупные артерии. Они имеют мышечные стенки, которые могут расширяться и сокращаться, чтобы контролировать поток крови. Во время фазы сокращения сердца аорта расширяется, чтобы приспособиться к потоку выбрасываемой крови. Во время диастолы стенка аорты будет сокращаться в результате упругой отдачи, и крови будет проще двигаться к периферии, поскольку артериальные стенки сообщают потенциальную энергию растяжения кровотоку. Давление в аорте выше, чем в левом желудочке после фазы быстрого выброса сердца. Однако это изменение градиента давления не приводит к возвращению крови в желудочек во время последней части выброса крови из желудочка из-за импульса самой крови.

После прохождения крови через артериолы колебания кровотока от сердечных сокращений прекращаются, и кровоток становится зависимым от автономных механизмов.

Поток крови в крупных артериях частично зависит от импульса самой крови, который она получает в сердце и который усиливается упругой отдачей гладкомышечных слоев артерий. В артериолах сердечный импульс выравнивается, и кровь движется медленным, ритмичным потоком по капиллярам.

Вены

Кровоток в венах зависит от потока крови через органы, который определяется метаболическими потребностями тканей. Он усиливается сокращением мышц вокруг вен и клапанов в венах. Сумма объемов всей венозной крови, текущей обратно от тканей к сердцу, называется венозным возвратом. Он является основным определяющим фактором частоты сердечных сокращений и

сократительной способности сердца (см. раздел 5.5).

Венозный возврат определяется метаболическими потребностями периферических органов и тканей и, в свою очередь, определяет сердечную деятельность.

→Кровоток в сердце и сосудах получает свой определяющий импульс от метаболических потребностей тканей.

5.4.2. Электрофизиология гладкой мускулатуры и миокарда

Мышечные клетки в стенках сосудов- это гладкомышечные клетки. Все мышечные клетки - скелетной мускулатуры, сердечной мышцы и гладкомышечные клетки - содержат тонкие актиновые и толстые миозиновые нити. Укорочение волокон происходит за счет скольжения актиновых и миозиновых нитей вдоль друг друга, что приводит к сокращению мышечной ткани (рис. 5.11.).

Гладкомышечные клетки

Количество актина в гладкомышечных клетках в 5-10 раз превышает количество миозина в них. Благодаря особому расположению актина и миозина гладкомышечные волокна могут сокращаться до 20% от своей изначальной длины, тогда как скелетные волокна могут сокращаться лишь до 70% от своей изначальной длины. С другой стороны, сокращение гладкомышечных клеток происходит медленно, но оно может быть продолжительным и иметь большую силу при низком использовании АТФ из-за медленного метаболического цикла перекрестных мостиков миозина с актином. Таким образом, сила сокращения в гладкой мускулатуре больше, но скорость сокращения меньше по сравнению со скелетной мышцей. Однако

сокращение скелетных мышц можно сознательно контролировать, в отличие от сокращения гладкой мускулатуры или сердечной мышцы. Приток и транспорт Ca^{2+} намного медленнее, чем транспорт натрия, и поэтому он может способствовать медленному, но устойчивому сокращению, генерируя потенциал действия в гладкомышечных клетках сосудистой ткани. Потенциал действия позволяет притоку кальция увеличиться и распространяет импульс на большую область. Градуированные изменения мембранного потенциала сарколеммы могут сопровождать изменения силы сокращения. Натрий лишь незначительно участвует в формировании потенциала действия в гладкой мускулатуре.

В более мелких артериолах гладкие мышечные волокна проявляют автоматизм, то есть они самовозбуждаются. Эти гладкомышечные волокна обладают свойством генерировать основные медленноволновые ритмы в потенциале клеточной мембраны, которые действуют как кардиостимуляторные волны (раздел 5.4.1. Капилляры и артериолы).

Миокард.

Мышечные клетки сердца выглядят поперечнополосатыми, как скелетные мышцы, благодаря расположению актиновых и миозиновых нитей. Соотношение между актином и миозином составляет 2:1. Продолжительность сокращения в сердечной мышце также больше, чем в скелетной мышце. Специализированные возбуждающие мышечные клетки в синусовом и А-в узлах почти не сокращаются, но обладают ритмичностью и генерируют потенциалы действия, которые

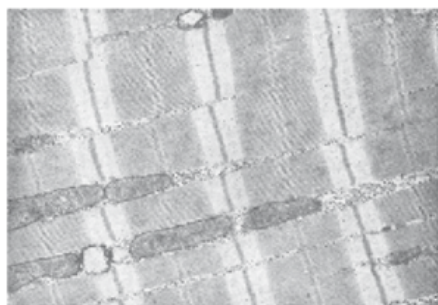


Рис. 5.11 Электронная микрофотография миофибрилл и схематическое изображение расположения актиновых нитей (светлые линии) и миозиновых нитей (темные линии) при сокращении и расслаблении поперечно-полосатой мышцы (Guyton 2000)

индуцируют ритмичное биение сердца. Потенциал действия в сердечной мышце обусловлен открытием быстрых натриевых каналов, а также медленных кальциевых каналов. Для сравнения, клетки скелетных мышц функционируют исключительно под влиянием быстрых натриевых каналов. Быстрые натриевые каналы вызывают фазу быстрой деполяризации (несколько десятитысячных долей секунды); медленные кальциевые каналы поддерживают и продлевают поляризацию (несколько десятых долей секунды). В миокарде существует связь возбуждения и сокращения, как в скелетных мышцах, и в отличие от гладкой мускулатуры. Самовозбуждающий эффект узловых клеток связан с постоянной медленной утечкой натрия во время расслабления, что закладывает основу для следующего потенциала действия. Быстрые натриевые каналы не действуют в этих клетках. Фактическое количество натрия, поступающего в клетку, настолько мало, что оно не влияет на внутриклеточную концентрацию натрия. Потенциал действия в скелетных мышцах также основан на притоке и переносе натрия, как и потенциал действия в нервах, которые иннервируют скелетные мышцы.

→Гладкомышечные клетки - это самые примитивные мышечные клетки. Их электрическая активность основана главным образом на метаболизме кальция. Клетки сердечной мышцы дифференцируются и специализируются, чтобы взять на себя различные функции самовозбуждения, проводимости и сокращения. Их электрическая активность главным образом основана на транспорте кальция в мышечной ткани и транспорте натрия в узловой ткани. Скелетные мышцы имеют наиболее специализированные и наиболее развитые мышечные клетки. Их можно двигать сознательно, с помощью нервной системы, в отличие от гладкой мускулатуры и сердечной мышцы. Их электрическая активность основана главным образом на переносе натрия. Сердечная мышца занимает среднее положение между гладкой и скелетной мышцами.

5.5. Регуляция в сердце и сосудах

5. 5. 1. Сердце

Механизм Фрэнка-Старлинга и регуляция сердечного ритма

Регулирование тока крови через сердце обычно почти полностью осуществляется внутренним механизмом, механизмом Фрэнка-Старлинга (рис. 5.12.). Этот механизм подразумевает, что венозный возврат к сердцу контролирует силу сокращения желудочков. Венозный возврат также регулирует скорость возбуждения синусового узла через растяжение стенки предсердий. Растяжение желудочков и предсердий за счет увеличения наполнения по мере увеличения венозного возврата приводит к увеличению количества крови, выбрасываемой сердцем за счет увеличения сократительной силы и увеличения частоты сердечных сокращений.

Венозный возврат к сердцу зависит от возврата крови из тканей. Каждая периферическая ткань контролирует свой собственный

кровоток, а венозный возврат к сердцу - это сумма всего местного кровотока в правое предсердие.

Вегетативное влияние.

Частота сердечных сокращений и сократительная способность также могут быть изменены вегетативной нервной системой.

Симпатическая стимуляция увеличивает сердечный выброс, увеличивая как частоту сердечных сокращений, так и их силу.

Парасимпатическая стимуляция в основном снижает частоту сердечных сокращений. Когда сердце денервировано, как это бывает у пациентов с трансплантацией сердца, сердечная реакция на стресс все еще вполне адекватна. Это свидетельствует об автономной природе сердца и эффективности механизма Фрэнка-Старлинга.

Внутренняя регуляция сердечного выброса через венозный возврат является основой, определяющей сердечную деятельность.



Рис. 5.12 Механизм Франка-Старлинга:
увеличение конечного диастолического объема
(т.е. увеличение длины ткани миокарда)
приводит к увеличению силы сокращения
в систолу (Berne 1998)

Температура

Сократимость и частота сердечных сокращений также регулируются температурой. При лихорадке сократительная способность увеличивается, и частота сердечных сокращений может быть удвоена.

5.5.2. Сосуды

Кровоток в крупных артериях регулируется сердечным выбросом, а также сократительной способностью и эластичностью сосудов. Кровоток в мелких сосудах определяется метаболической активностью соответствующего органа или ткани. У человека на перфузию подкожной капиллярной сети влияют душевные состояния, такие как стыд (покраснение). Изменения перфузии подкожных капилляров также могут быть использованы для регулирования теплопотерь через кожу. Подкожная капиллярная сеть человека уникальна в этом отношении, и оба эти процесса возможны только в человеческом организме.

Регуляция кровотока в сердце и сосудах в основном внутренняя и автономная.

→Сердце полностью зависит от периферии для регулирования своей деятельности. Движение сердца и сосудов определяется потоком крови в той же мере, в какой движение сердца и сосудов определяет поток крови.

5.6. Функция сердца и кровообращения для организма

Сердце и сосуды приносят ритмическое движение жидкостям тела. Они передают свое собственное внутреннее движение крови, которую они несут, которая, в свою очередь, передает это движение всему организму. Сердце и сосуды переносят тепло по всему организму посредством крови и производят температурную дифференцировку различных областей, индивидуализируя кровоснабжение различных тканей. Сердце и сосуды тесно связаны с кровью.

Сердцебиение состоит из двух компонентов: первого и второго сердечного тона. Сердцебиение каждого человека *уникально*. Тональность и ритмическое соотношение первого и второго сердечных тонов у каждого человека различны. Кровь несет сердцебиение и ритм в организм. Сердце и кровообращение вместе с кровью обеспечивают функционирование организма как *единого ритмического целого*. Напротив, гормональные вещества, выделяемые и переносимые в кровь, обеспечивают *метаболическое единство* организма, а нервная система, волокна которой часто проходят рядом с сосудами, обеспечивает функционирование организма как целого в отношении *сенсорных импульсов*. Эмбриологически сердце и сосуды начинают функционировать раньше гормональной и нервной систем, и поэтому сердце и сосуды несут первую ответственность за поддержание единства в растущем организме эмбриона. (Для более детального описания трех упомянутых здесь областей, а также их характеристик и функций см. модуль Анатомия).

→*Функция сердца, крови и сосудов состоит в том, чтобы принести единство организму. Кровь согревает организм, позволяя ему функционировать как единое ритмичное целое.*

5.7. Заключение

- Морфология:

сердце и кровообращение имеют свою *собственную определенную форму*. Большой и легочный круги кровообращения вместе образуют *лемнискату*. Волокна сердечной мышцы образуют двойную спираль.

- Эмбриология:

сердце, сосуды и кровь происходят из одних и тех же клеток ангиобласта в начале третьей недели эмбриологического развития. Отношения между ними становятся функциональными, поскольку они действуют совместно, доставляя и собирая вещества, ритм и тепло к тканям и от них.

- Кровоснабжение:

сердце имеет *свое собственное коронарное кровообращение*, которое функционирует в противоположной фазе по отношению к легочному и системному кровообращению. Это кровообращение раскрывает *архетипическое ритмическое* качество сердца.

- Физиология:

сердце -это *активный, автономный* орган, который создает свою собственную ритмическую активность. Кровоток в основном определяется метаболическими потребностями тканей. Кровоток в периферических тканях индивидуализируется в соответствии с их метаболическими потребностями. *Пассивная* диффузия, усиленная *тепловым* движением молекул, является основным механизмом обмена

между плазмой и тканями на периферии.

- Регуляция:

сердечный выброс в основном определяется *венозным возвратом* из всех тканей организма. Кровь, которая течет из сердца, снабжает ткани. Таким образом, сердце находится в живом, активном взаимодействии с периферическими тканями. Это отношение может быть представлено *лемнискатою*. Сердце в значительной степени *автономно*.

- Функция:

сердце проявляет свою собственную *активность* в сокращении и *передает эту активность* всему организму через ритм текущей крови, что делает организм единым целым.

→*Характерная особенность сердца и кровообращения- то, что они являются не только постоянно активными, автономными органами, но и пронизывают весь организм своей ритмической активностью и теплом. "Трубчатая форма" сосудов возникает заново в ангиогенной ткани во время эмбрионального развития. "Паренхима" сердца- это активно движущаяся мышечная ткань. Сердце имеет свое особое кровоснабжение, которое раскрывает его ритмическую природу. Сердце занимает в организме среднее положение морфологически и функционально. Сердце и кровообращение способствуют совместному функционированию организма как единого целого.*

	Легкие+ Дыхательные пути	Печень + желудочно- кишечный тракт	Почки + мочеполовой тракт	Сердце + сосуды
Морфология	Форма извне, Трубчатый орган, Мембранная структура	Форма, в основном, определяется извне, однородная паренхима, трубчатые органы	Собственная активная форма, дифференцированна я паренхима с корковым и мозговым слоем, специализированны е трубчатые части	Собственная активная форма, заново сформирова нный просвет в трубчатой структуре
Кровоснабжение	50 % <i>веса</i> составляет кровь, в основном не насыщенная O ₂ , капиллярная кровь в тонкой пленке	Наиболее объемный кровоток, <i>особая система воротной</i> вены, ¹ / ₄ насыщена O ₂ , ³ / ₄ мало насыщены, капиллярная кровь в тонком слое	Второй по объему кровоток, <i>уникальная артериальная система</i> , высокая сатурация, капилляры в клубочках	Собственная циркуляция происходит в фазу возврата , ¹ / ₂ насыщена O ₂ , ¹ / ₂ не насыщена O ₂
Физиология	Пассивная диффузия	Высокая метаболическая активность	Как активные, так и пассивные процессы	Передаст ритмическую активность и тепло всему организму
Регуляция	В основном извне, через центральную нервную систему	Через местные гормоны и местные автономные сплетения, отчасти через центральную нервную систему	Как местные, так и внешние гормоны и буферные процессы; почки секретируют гормоны, регулирующие различные функции организма	В основном определяется периферией , автономна
Функция	Пассивное обеспечение	Пассивное обеспечение, регуляция и запасание	Активная регуляция внутренней среды организма	Делает организм единым целым
Характеристика	Мембрано-подобная структура, <i>диффузия газов</i> (O ₂ и CO ₂) и воды	Физиологическая активность в метаболических циклах, диффузия и <i>поглощение жидких нутриентов</i> в трубчатой части	Активная регуляторная функция, диффузия и <i>резорбция компонентов крови</i> в трубчатых частях	Срединное расположение в организме, <i>объединяет организм</i>



6. Обзор и заключение

6.1. Характерные особенности органов

Все четыре системы органов, о которых мы говорили до сих пор, имеют свои характерные особенности. Характерные черты каждой системы органов являются выражением действующих в них сил или формообразующих принципов. Можно признать, что формообразующие принципы, которые выражают себя морфологически и физиологически в этих четырех системах органов, также действуют в природе в целом.

6.1.1. Легкие и дыхательные пути

Легкие и дыхательные пути представляют собой в целом *пассивную систему органов*. Они имеют характерную *мембраноподобную структуру*. Они выполняют свою задачу, делая возможной диффузию газов. С этой целью площадь поверхности дыхательных путей в альвеолах многократно увеличивается. Дыхательные пути являются трубчатым органом и практически не имеют паренхимы. Мембранная структура и форма дыхательных путей поддерживаются костями и хрящами.

На следующей диаграмме можно представить легкие и дыхательные пути с их мембраноподобной структурой и способностью к диффузии (рис. 6.1.).

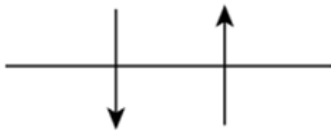


Рис. 6.1

Физиология легких и дыхательных путей основана на принципах, имеющих **физическую** характеристику: нагревание и увлажнение воздуха; эластичность тканей; зависимость потока воздуха от положительного или отрицательного давления в легких; создание большой площади поверхности; диффузия газов; активность сурфактанта как поверхностно-активного вещества. Дыхательные пути в организме приобретают свою форму и подвешены к минерализованным структурам (хрящам и костям).

Работа формобразующего принципа легких в природе в целом
Характерный формообразующий принцип, работающий в легких и дыхательных путях, может быть найден в природе, там, где физические силы в основном активны: в *камнях и минералах*, которые не являются живыми. Минералы пассивно позволяют *физическим* силам окружающей среды формировать их и

воздействовать на них.

Формообразующий принцип, действующий в легких и дыхательных путях, имеет физические характеристики. В природе он обнаруживается в минеральных субстанциях.

6.1.2. Печень и пищеварительный тракт

Пищеварительный тракт имеет трубчатую форму, как и дыхательные пути. Кроме трубчатого кишечника, в пищеварительном тракте есть и паренхиматозный орган. Печень - это однородный паренхиматозный орган, основным типом клеток которого являются гепатоциты. Физиологически печень и пищеварительный тракт проявляют *высокую активность*. Циклическая активность печени выражается в ее способности превращать субстраты в активные метаболиты или в запасаемые формы, и наоборот. Метаболические циклы касаются анаболических (рост) и катаболических (разрушение и распад) процессов в самой печени, а также циклов в организме между печенью и мышцами, печенью и жировыми клетками. Печень играет важную роль в углеводном обмене, который является основным источником прямой метаболической энергии для организма. Деятельность печени приспособляется к потребностям организма. В пищеварительном тракте к пассивной диффузии присоединяется активное всасывание. В других аспектах (морфологии, функции и регуляции) печень и пищеварительный тракт в основном пассивны, как и легкие. Несмотря на различия в строении и деятельности, нижние дыхательные пути, пищеварительный тракт и печень происходят из одного и того же эмбрионального органа – первичной кишки, которая возникает из желточного мешка. *Силы, которые моделируют пищеварительный тракт и печень, имеют дополнительное качество по сравнению с теми, которые действуют в дыхательных путях.*

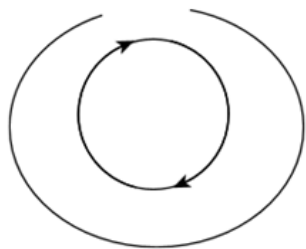


Рис. 6.2

Следующая схема (рис. 6.2.) может представлять физиологическую активность печени и пищеварительного тракта.

Физиология печени и пищеварительного тракта основана на принципах, которые имеют **вегетативный** характер: она

занимается ростом и распадом; она участвует в накоплении и производстве метаболической энергии; она циклична по своей природе, и активность её физиологических процессов сама приспособливается к окружению.

Работа формообразующего принципа печени в природе в целом

Характерный формообразующий принцип, работающий в печени и пищеварительном тракте, может быть найден в природе там, где в основном активны вегетативные силы. Это происходит в *жизни растений*. Растения проходят через циклы роста и увядания в годичном цикле: роста весной и летом и распада осенью и зимой. Они являются важным источником метаболической энергии для животных и человека. Они имеют более пассивное отношение к окружающей среде, адаптируясь к большим высотам и жаркому лету морфологически и физиологически.

Формообразующий принцип, действующий в пищеварительном тракте и печени, характеризуется вегетативными, формирующими циклы силами. Его сфера деятельности в природе находится там, где происходит рост (анаболический метаболизм) и распад (катаболический метаболизм). Эти циклические силы роста и распада характерно активны в растениях.

6.1.3. Почки и мочевыводящие пути

Почки и мочевыводящие пути морфологически "чужеродны" брюшной полости, как и связанные с ними надпочечники и гениталии. Эмбриологически почки и мочевыводящие пути развиваются из мезодермы (мезенхимы), а не из энтодермы, как легкие и кишечник. Они сначала возникают в шейном отделе, близком к развивающейся нервной системе, и проходят через эмбриологический «спуск» в пояснично-крестцовую область, а затем через частичное «восхождение» попадают в верхнюю дорсальную часть живота. Почки являются *активными органами* на многих уровнях, морфологически, физиологически, а также в их функции для организма. Почки - это паренхиматозные органы, которые не являются однородными, как печень. Они имеют, морфологически и функционально, две различные и физиологически противоположные области, *кору и мозговое вещество*, каждая из которых состоит из различных типов клеток. Почки активно *регулируют* объем и рН внеклеточной жидкости. Для этой цели они имеют, в дополнение к диффузии, которая происходит также в дыхательных путях и абсорбции- в пищеварительном тракте, хитроумную систему фильтрации и *активной реабсорбции*. Белковый обмен играет важную роль в этом процессе. Юкстагломерулярный аппарат в почках выполняет перцептивную и регулирующую функцию. Это не циклические процессы, но они ведут от одной (старой) ситуации к другой (новой) ситуации. *Силы, моделирующие почки и мочевыводящие пути, обладают дополнительным формирующим свойством по сравнению с силами пищеварительных и дыхательных путей.*

Следующая схема (рис. 6.3.) может показать регуляторную деятельность почек в организме. Она представляет собой переход от старой ситуации к новой.



Рис. 6.3

Характерная физиология и морфология почек напоминает нам об их эмбриологическом, морфологическом и физиологическом отношении к **взаимодействующим** силам центральной нервной системы, которые воспринимают и реагируют, регулируя процессы во всем организме. Почки воспринимают и реагируют, и имеют регулирующую функцию для организма; они специализируются и дифференцируются; они гормонально связаны со многими другими органами в теле, особенно с центральной нервной системой.

Работа формирующего принципа почек в природе в целом

Формообразующий принцип, который характерно активен в почках и мочевыводящих путях, может быть найден в природе, где нервная система начинает играть роль во взаимодействующих процессах восприятия и реакции. Это обнаруживается у **животных**. Животные активно взаимодействуют с окружающей средой. Они получают из нее пищу, перемещаются в ней, удобряют ее (насекомые через их контакт с растениями, млекопитающие через их выделения), преобразуют ее (например, нектар в мед). При этом они выполняют регулирующую функцию в окружающей их среде. Восприятие играет важную роль в их активном отношении к окружающей среде.

*Формирующий принцип, действующий в почках и мочевыводящих путях, характеризуется дополнительными **взаимодействующими** силами, такими же, как и в нервной системе. Эти силы создают в*

почках полярность коры и мозгового вещества. Их поле действия в природе находится там, где нервная система начинает функционировать как регулирующий орган, у животных.

6.1.4. Сердце и сосуды

Сердце и сосуды *активны на всех фронтах*, как и почки. Но они также *передают свою активность организму через кровь*. Кровь тесно связана с сердцем и сосудами, поскольку происходит из тех же эмбриологических клеток ангиобласта. Сердце, сосуды и кровь движутся в ритмичной пульсации, и жидкости всего организма движутся вместе с ними. Они также передают свое тепло всему организму. Однако деятельность сердца и сосудов напрямую зависит от периферических тканей, поскольку кровотоков в капиллярах зависит от локальной метаболической активности, а сердечный выброс определяется венозным возвратом с периферии. Липидные метаболиты, в виде кетоновых тел, обеспечивают энергетическое сопровождение сердца.

Сердце и сосуды являются трубчатыми, с расширением и дифференцировкой в сердечной ткани. Но трубчатость структур возникает заново, в отличие от дыхательных путей, пищеварительного тракта и мочевыводящих путей. В отличие от печени и почек, сердце и сосуды не являются паренхиматозными органами. Они состоят из *ритмично движущейся мышечной ткани*. Сердце и сосуды морфологически больше похожи на пищеварительный тракт и физиологически проще, чем почечная канальцевая система. Тем не менее, сердце и кровообращение функционируют на более высоком уровне, чем три другие системы, поскольку они передают свой ритм и тепло всему телу. Сердце и кровообращение функционируют *автономно*, но они служат потребностям организма.

Следующая схема (рис. 6.4.) может показать это. Восьмерка или лемниската представляет взаимную зависимость сердца и периферии, а также капиллярного потока и локального метаболизма.

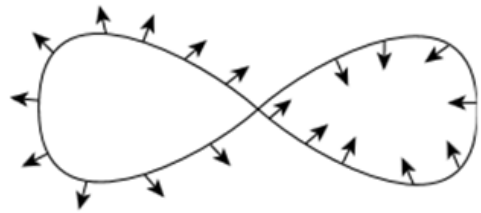


Рис. 6.4

Форма лемнискаты также является морфологической особенностью кровообращения с сердцем в его центре. Когда мы представляем деятельность на периферии в виде стрелок, направленных наружу в нижней петле лемнискаты, то, если мы продолжим стрелки, идущие вверх вдоль лемнискаты, стрелки будут указывать внутрь в верхней части лемнискаты, представляя деятельность сердца.

Эмбриологически кровообращение сначала развивается на боковой периферии эмбриона и "снаружи" эмбрионального диска в желточном мешке. (Конечно, желточный мешок также развивается из зиготы). Сердце возникает в области над центральной нервной системой и достигает своего конечного положения в грудной клетке только после того, как рост центральной нервной системы займет ту область, где сердце было изначально. Сердце "спускается" в эмбрионе подобно почкам, но его истоки находятся выше, чем у почек, на границах с развивающимся зародышевым диском. *Сердце и сосуды обладают дополнительным качеством сил, формирующих их и действующих в них.*

Физиология сердца и кровообращения основана на принципах, которые имеют **интегративный** характер: сердце и кровообращение проникают во все с ритмом и теплом; они участвуют в перфузии тканей через кровь и делают организм автономной единицей; их деятельность зависит от деятельности органов, а деятельность органов зависит от работы сердца и

кровообращения.

Работа формообразующего принципа сердца и сосудов в природе в целом

Формообразующий принцип, который характерно активен в сердце и сосудах, приносит интегрирующие силы в организм. Его сфера действия – вся природа, где наблюдается активная взаимная интеграция. Именно здесь **люди** могут стать активными, возделывая природу таким образом, чтобы уделять внимание и усиливать саморегуляцию природных экосистем, действуя автономно, но служа потребностям природы.

*Физический принцип работает в неживой природе (минералы и камни). В растениях дополнительно работает вегетативный принцип. Принцип регуляторного взаимодействия, характерный для нервной системы, работает у животных. Для нас, людей, **привнесение интегрирующего принципа в природу - это задача, а не свершившийся факт.** Наше взаимодействие с природой часто остается на уровне сил, которые регулируют и специализируют, подобно тому, как это делает нервная система, без установления взаимной, сердечной связи, служащей природе, которая может быть представлена лемнискатой.*

→*Четыре системы органов, которые мы обсуждали, имеют четыре различных архетипических принципа, работающих в них.*

Эти четыре формирующих принципа также могут быть обнаружены в природе в целом. Легкие и дыхательные пути являются характерным выражением физических «минеральных» сил в организме, печень и пищеварительный тракт – «вегетативных», растительных сил, почки и мочеполовой тракт – регуляторных, “животных” сил взаимодействия, а в сердце и кровообращении проявляются силы, которые мы, люди, должны развивать как сердечное отношение для объединения всего.



Литература

- Berne R and Levy M. Physiology. Fourth edition. Mosby, 1998.
- Bie G vd. Wholeness in Science. Louis Bolk Institute Driebergen, 2012.
- Busse R. Kreislauf Physiologie, Thieme Verlag, 1982.
- BenninghoffGoerttler. Lehrbuch der Anatomie des Menschen, zweiter Band. Urban & Schwarzenberg, 1967.
- Bortoft H. Goethe's scientific consciousness. Institute for Cultural Research, 1986.
- Fishman A. Pulmonary diseases and disorders. Second Edition. McGraw-Hill Book Company, 1988.
- Goldberger AL et al. Bronchial asymmetry and Fibonacci scaling. *Experientia* 41/1985, pp. 1537-1538.
- Guyton A and Hall J. Textbook of Medical Physiology. Tenth edition. W. B. Saunders Company, 2000.
- Hinrichsen KV et al. Humanembryologie (Human Embryology). Springer Berlin, 1990.
- Kilner PhJ et al. Morphodynamics of Flow through Sinuous Curvatures of the Heart. *Biorheology* 2002; 39; 409-417
- Kilner PhJ et al. Asymmetric Redirection of Flow through the Heart. *Nature* 13 April 2000. 404: 759-761
- Kilner PhJ et al. Helical and Retrograde Secondary Flow Patterns in the Aortic Arch studied by Three-Directional Magnetic Resonance Velocity Mapping. *Circulation* 1993;88 [part 1]:2235-2247
- Langman J. Medical Embryology. Williams&Wilkins Baltimore, 1995.
- Linder M. Nutritional Biochemistry and Metabolism. Second edition. Appleton & Lange, 1997
- .Moorman A and Lamers W. Development of the Conduction System of the Vertebrate Heart. From Heart Development, by Harvey, R. P., and Rosenthal, p.195-207, Academic Press, 1999.
- Moorman A et al. Presence of Functional Sarcoplasmic Reticulum in the Developing Heart and its Confinement to Chamber Myocardium. *Developmental Biology* 223, p. 279-290, 2000.
- Rose S. Lifelines. Life beyond the Gene. Oxford. Oxford University Press, 1998.

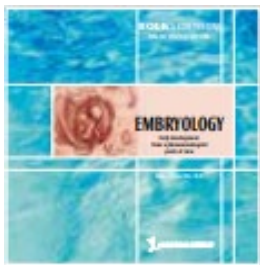
Sadler, T, Langman's Medical Embryology. Seventh edition. Williams & Wilkins, 1995.

Tellingen C v.Biochemistry. From a phenomenological Point of View. Louis Bolk Institute Driebergen, 2002.

Verhulst J. Der Erstgeborene. Verlag Freies Geistesleben, 1999, pp. 246-262, ISBN 3-7725-1557-6.

Серия пособий по изучению медицины Института Луи Болка

Другие издания:



Эмбриология. Раннее эмбриональное развитие с феноменологической точки зрения

Гус ван дер Би, доктор медицины.

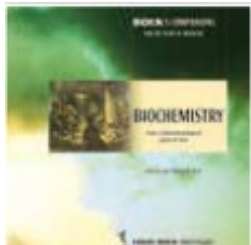
Можем ли мы дать научное обоснование нашему ощущению, что люди обладают уникальными, свойственными только им, чертами? Не являются ли человеческий разум и организм ни чем иным, как еще одной разновидностью животной жизни? Можем ли мы найти такие ответы на вопросы, которые удовлетворят и голову, и сердце?

Ответы на эти вопросы определяются тем, что мы используем современный научный метод для изучения

биологических фактов и феноменологический метод для более глубокого понимания смысла этих фактов.

Раннее эмбриональное развитие может показать нам уникальные и характерные качества человеческого существа.

Результатом является, например, возможность понять связь между сознанием, психологией, поведением и формой тела



Биохимия.

Метаболизм с феноменологической точки зрения

Кристина ван Теллинген, доктор медицины.

Биохимия дает нам представление о непрерывных изменениях, протекающих в человеческом организме. Но можем ли мы сохранять осознание согласованности всего (меняющегося) организма, изучая детали? Как можно понять прототипы процессов отдельного организма? Объем ответов на эти вопросы можно расширить, используя комбинацию современного научного метода и феноменологического подхода, разработанного специально для исследования взаимосвязи

процессов в живых организмах. Современный научный метод используется для обнаружения биологических фактов. Феноменологический подход помогает нам найти смысл фактов. Возникает новое понимание взаимосвязей между биологическими процессами, сознанием, психологией и поведением.



Иммунология

Иммунологические Я и не-Я с феноменологической точки зрения

Гус ван дер Би, доктор медицины.

Зачем писать новую брошюру по иммунологии, когда уже есть так много превосходных текстов на эту тему?

Это издание затрагивает такие вопросы: почему иммунная система функционирует как один орган? Что координирует иммунологические функции?

В издании делается попытка выработать точку зрения для ответа на эти вопросы. При использовании феноменологического подхода

фактическое знание, полученное с помощью редукционизма, помещается в более широкую перспективу. Понимание, представленное в этой брошюре, вытекает из наблюдения за живыми организмами с помощью феноменологического метода, который был введен Гёте. Оно также включает в себя понимание целостной концепции, лежащей в основе иммунной системы. Более того, организм в целом можно рассматривать как выражение той же самой концепции.



Фармакология

Избранные темы с феноменологической точки зрения

Кристина ван Теллинген, доктор медицины

Фармакология дает нам представление о том, как изменяются органические процессы при введении в организм чужеродных соединений. Фармакология - это изменяющаяся дисциплина, зависящая от потребностей и знаний конкретного времени. Можем ли мы найти внутреннюю согласованность в многообразии способов воздействия химических соединений на организм? На чем должна основываться такая структура? Как мы можем

понять влияние большинства соединений на человеческое сознание?

Мы можем расширить круг ответов на эти вопросы, используя комбинацию современного научного метода и феноменологического метода. Данная книга освещает известные факты об активности соединений в организме и дает возможность определить их значение.



Процесс исцеления

Орган восстановления

Гус ван дер Би, доктор
медицины

Том Шеффер, доктор медицины

Кристина ван Теллинген, доктор
медицины

После завершения серии брошюр для изучения медицины этот модуль о процессе исцеления начинает новую серию изданий института Луи Болка, посвященную практической медицине.

В этой брошюре мы исследуем сам процесс исцеления. Оказалось, что существует

огромный объем научной литературы по этому вопросу. Легко потеряться в бесчисленных деталях, включенных в описания этого процесса.

Феноменологический метод – системный, и позволяет исследовать физиологические и патологические процессы в рамках самих процессов. Это приводит к возможности охарактеризовать фазы процесса заживления ран. В результате этого возникли новые представления о происхождении здоровья и болезней, которые также могут послужить основой для медицинской практики.



Дыхательная система

Респираторные заболевания и их терапия с новой, динамической точки зрения

Кристина ван Теллинген, доктор медицины

Гус ван дер Би, доктор медицины

В этом издании в качестве материала для исследования болезней дыхательных путей используется опыт ведения трех наших пациентов с астмой и пневмонией. Почти у всех нас есть некоторый опыт работы с респираторными заболеваниями, учитывая, что орви, синуситы и бронхиты очень распространены. Большинство врачей знакомы с пациентами с

астмой и пневмонией по собственному опыту и легко узнают описания случаев, которые мы предоставляем.

Опыт работы с этими пациентами приводит нас к пониманию заболеваний дыхательных путей, которое в конечном итоге дает более широкий взгляд на новые идеи и инновационные пути лечения респираторных заболеваний в целом. Наши исследования показали, какую роль в здоровом респираторном тракте и в лечении его заболеваний играет ритм. О нем в особенности сказано в заключительных главах этого издания.



Депрессивные расстройства

Интегральный психиатрический
подход

Марко ван Гервен, доктор
медицины

Кристина ван Теллинген, доктор
медицины

Лечение депрессивных
расстройств все чаще
оказывается под пристальным
вниманием общественности.

Мы классифицировали факторы
риска возникновения
депрессивных расстройств в
соответствии с научным

методом, применяемым в
естественно-научной медицине
и феноменологии. Возникшая в
результате этого система,
упорядоченная на четырех
биологических уровнях,
помогает прояснить причины
расстройств. Вместе с историей
развития заболевания это может
помочь в подборе
индивидуализированного
лечения, адаптированного к
конкретной ситуации пациента.
Лечение направлено на
восстановление сил,
недостаточных для
самоисцеления.

Это издание представляет
рабочую модель, основанную на
этом методологическом подходе,
а также различные истории
болезни, чтобы
проиллюстрировать, как
применение этой модели может
помочь в диагностике и лечении
на практике. Добавлены
таблицы, упорядочивающие
хорошо изученные регулярные и
интегральные методы лечения в
соответствии с четырьмя
биологическими уровнями.



Целостность в науке

Методология распознавания образов и развития клинической интуиции

Гус ван дер Би, доктор
медицины

Как вы развиваете свою клиническую интуицию? Как врачи получают практические знания о болезнях?

Вышеуказанные вопросы жизненно важны для медицины.

Болезни не просто связаны с частичным дефектом, они

отражают жизнь пациента. На примере болезни Пфайффера автор показывает, что опытные врачи воспринимают болезни как целостные образы, которые они могут применить к индивидуальной ситуации пациента. Их клиническая интуиция является формой распознавания образов, а распознавание образов поддерживает способность распознавать интегрированное целое.

Практические упражнения из этого издания позволяют читателям тренировать и расширять свои способности распознавания образов с помощью методологии Гете. Клиническая интуиция, как эмпирическое знание, является навыком, который можно активно развивать

Физиология

Органфизиология с
феноменологической т
очки зрения

Может ли физиология дать более глубокое понимание живого человеческого организма, чем открывают на первый взгляд простые факты? Является ли уровень активности одинаковым для всех органов, уникальным для организмов и ограниченным биологической активностью? Можем ли мы найти научные основы для исследования согласованности между системами органов?

Дополняя современный научный метод феноменологическими точками зрения, мы можем найти смысл в фактах и понять их как выражение в самой жизни. Феноменологический метод делает отношение между органами видимым и понятным. Он подходит к научным фактам с точки зрения их согласованности и может дать совершенно новые идеи.

Таким образом возникает понимание взаимосвязей между биологическими процессами, сознанием и природой.