

Август Круг

Лауреат Нобелевской премии



АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ КАПИЛЛЯРОВ

Над данной темой автор работал
совместно с выдающимся ученым,
доктором медицины
А. Залмановым



Август Круг
Лауреат Нобелевской премии

**АНАТОМИЯ
И ФИЗИОЛОГИЯ
КАПИЛЛЯРОВ**

Под редакцией профессора
И.П. Разенкова



www.beztabletok.ru

Москва, 2020 г.

УДК 615.8
ББК 53.59
К83

Крог А.

К83 Анатомия и физиология капилляров. Под редакцией профессора И.П.Разенкова. — М.: «RUSSIAN CHESS HOUSE/Русский шахматный дом», 2020. — 208 с.

ISBN 978-5-94693-886-0

Август Крог — выдающийся ученый, лауреат Нобелевской премии по физиологии и медицине. Его основные исследования посвящены проблемам дыхания и капиллярного кровообращения.

Замечательный русский врач и ученый А.Залманов под влиянием работ А.Крога увлекся изучением физиологии капилляров и был приглашен последним в Копенгаген для совместной работы. Они исследовали скипидарные эмульсии и их воздействие на организм в целом. Результатом было получение Августом Крогом Нобелевской премии «за открытие механизма регуляции просвета капилляров».

Август Крог доказал, что человеческий организм имеет огромный потенциал и способность к саморегуляции и самовыздоровлению при различных «поломках».

**УДК 615.8
ББК 53.59**

Август КРОГ **АНАТОМИЯ И ФИЗИОЛОГИЯ КАПИЛЛЯРОВ**

Под редакцией профессора И.П.Разенкова

Перевод А.А.Миттельштедт

*Художник Наталья Кустова
Редактор и верстка Алексей Белов*

Подписано в печать 26.08.2019. Формат 84х108/32. Усл. п. л. 12,5.

*Издательство «RUSSIAN CHESS HOUSE»
(директор Мурад Аманназаров)*

*Тел.: +7 (495) 963-8017 (пн-пт с 11.00 до 18.00)
email: info@beztabletok.ru или beztabletok.ru@gmail.com
<http://www.beztabletok.ru> — Интернет-магазин*

ISBN 978-5-94693-886-0

© Изд. «RUSSIAN CHESS HOUSE», оформление, 2020

Предисловие редактора.

Интерес к вопросу анатомии и физиологии капилляров у клинических врачей, анатомов и физиологов с каждым годом у нас становится все больше и больше. Соответственно этому к настоящему времени по этому вопросу накопилось чрезвычайно большое количество экспериментального, клинического и литературного материала. Но познакомиться со всей литературой, разбросанной по многочисленным журналам, представляет большие затруднения не только человеку, специально не работающему над вопросом о капиллярах, но представляет большие затруднения даже человеку, специально изучающему этот вопрос. Поэтому вполне естественным желанием было дать русскому врачу и биологу по вопросу о капиллярах такую книгу, которая могла бы ввести читателя в современное состояние вопроса об анатомии и физиологии капилляров. Предлагаемая книга Крога, по нашему мнению, вполне и удовлетворяет этим требованиям,

Уже одно имя автора, одного из крупнейших современных физиологов, работавшего так много над вопросом анатомии и физиологии капилляров, говорит само за себя. В предлагаемой книге приводятся не только данные, добытые самим автором, но прежде всего мы имеем дело с систематизированием прежде полученных данных, с достигнутыми в этой области результатами, а затем уже дополненными вновь приобретенными данными,

Конечно, книга Крога не является вполне исчерпывающей монографией по вопросу о капиллярах. Но это то обстоятельство, по нашему мнению, является не минусом, а плюсом книги. Автор в своей книге — лекциях затронул соответствующую литературу в достаточной степени, чтобы ввести читателя в современное состояние вопроса. А это то для клинического врача, для анатома и физиолога, не ставящих себе целью специальное изучение вопроса о капиллярах, особенно и важно. Но книга Крога в то же время вполне может служить руководящим пособием и для всякого специально изучающего вопрос о капиллярах, где всякий, и специалист, может найти для себя много интересующих его данных и в особенности руководящих указаний.

Помимо всего, в книге Крога нужно отметить одну существенную сторону, которая делает эту книгу особенно ценной. Это то, что вопрос о капиллярах автор рассматривает не в плоскости одной какой-либо точки зрения, анатомической или физиологической, а рассматривает

с точки зрения анатомо-физиологической, в плоскости взаимоотношений функции от формы и формы от функции.

Правда, не со всеми положениями автора можно согласиться, как, напр., о клетках Руже, о роли гипофиза в поддержании тонуса капилляров, но такие взгляды автора по отдельным вопросам, в общем, ни в какой мере не могут умалить значения ценности книги, являющейся в настоящее время в своем роле единственной книгой об анатомии и физиологии капилляров.

Перевод сделан с последнего английского издания.

Проф. И. Разенков.

Лекция I.

Введение. Распределение и число капилляров в отдельных органах.

Система кровообращения человека и позвоночных животных состоит из нескольких отдельных органов, которые легко отличаются друг от друга анатомически и функционально: В качестве насоса действует сердце; орган распределения — артериальная система; орган для обмена веществ между кровью и тканями — капилляры, и орган для собирания и отведения крови обратно к сердцу — система венозная. Ясно, что органы нагнетания, распределения и отведения являются только помощниками в процессах обмена, которые протекают в капиллярах; и хотя, естественно, каждый орган совершенно необходим в общей экономии организма, все же главная роль во всей системе кровообращения неоспоримо принадлежит капиллярам. Поэтому совершенно непонятно, отчего капилляры не являются главной темой анатомических и физиологических исследований. Хотя со времени открытия капилляров прошло 200 лет, но даже в новейших учебниках физиологии им отводится только несколько строчек, и то, что говорится об их строении в учебниках гистологии, — это в большинстве случаев носит очень общий характер.

В последние годы капилляры, так сказать, «открыты снова», как предмет, достойный изучения и экспериментального исследования. Интерес к ним возник внезапно в отдельных странах и независимо друг от друга, и за последние 7 лет учение о капиллярах стало быстро развиваться; число интересующихся этим вопросом быстро возросло. Поэтому я считаю, что настало время, когда возможно и желательно пересмотреть прежние данные, пополнить их вновь приобретенными, по возможности систематизировать их, определить и наметить путь, по которому должна пойти дальнейшая работа, установить возможные достижения в этой области. Это и составит содержание моих лекций, а сейчас я хочу сказать, чтобы не быть неправильно понятым, что я не собираюсь представить монографию с исчерпывающей критикой литературы. Это будут только лекции, где я приведу только мои личные воззрения и затрону литературу лишь в той мере, в какой это потребуется для намеченных целей.

Самым лучшим введением к этой работе будет краткое указание на ту задачу, которая лежала предо мной 7 лет тому назад, когда

я впервые серьезно занялся изучением физиологии капилляров. Меня интересовал вопрос о притоке кислорода к волокнам поперечно-исчерченной мускулатуры, именно механизм, который обеспечивает этот приток. В особенности меня интересовала регуляция этого процесса. Мышечным волокнам кислород доставляется кровью, протекающей по капиллярам, пронизывающим эту ткань. Что касается переноса кислорода из капилляров к мышечным элементам, то ясно, что этот перенос будет тем легче, чем больше число капилляров в данной области, и чем выше проницаемость его через капиллярную стенку и самую ткань. Освещение именно этих вопросов и составляло главную часть моей работы.

Мышцы потребляют кислород не всегда с одинаковой скоростью. То, что Баркрофт (Barcroft) в своей замечательной книге: "The Respiratory Function of the Blood" назвал их кислородным голодом — "call for oxygen", — колеблется в широких пределах. Во время более тяжелой работы мышцы могут воспринимать кислорода в 10–20 раз больше, чем при покое; существует даже предположение, что работоспособность мышцы зависит от величины того запаса кислорода, который они могут себе обеспечить. Так это или нет, но ясно, что должен существовать механизм для регуляции условий снабжения. При постоянных условиях необходимо должно бы произойти или невероятное несоответствие между притоком кислорода и потребностью в нем при покое мышцы, или же глубокий недостаток его при тяжелой работе.

Легко видеть, что вопрос, который я Вам кратко осветил, является частью более общего вопроса; какими силами и какими механизмами поддерживается работа капилляров, именно обмен веществ между кровью и тканями или тканевой жидкостью, и как организм регулирует эту работу? Как он приспособляет эту работу капилляров к своим вечно изменяющимся потребностям, и как он устанавливает правильные соотношения в своей многообразной деятельности?

Чтобы ответить на этот вопрос или даже осветить ту скромную часть его, которая мне представлялась в 1915 году, необходимо собрать различные данные. Однако, как уже было сказано, прежде всего необходимо определить число, распределение и поверхность, занимаемую капиллярами в интересующих нас тканях.

Естественно было прежде всего обратиться к анатомической литературе, но я должен, к сожалению, сказать, что здесь обманулся в своих ожиданиях. Мы не могли отыскать там необходимых нам количественных данных. Однако, мы нашли несколько работ, где описывается распределение капилляров в различных органах; нашли мы там и многочисленные рисунки, показывающие наглядно

это распределение; но капилляры нигде не подсчитаны, и рисунки, по которым можно было бы судить, по крайней мере, хотя бы приблизительно, имеют такой недостаток: увеличение или совершенно не указано, или оно так неясно, что никак невозможно сказать, подразумевается ли здесь действительное увеличение приводимого рисунка или увеличение оригинального (который при репродукции по большей части сознательно уменьшается), или же только увеличение под микроскопом. Очень жаль, что много прекрасных анатомических и гистологических рисунков, на которые часто затрачивается масса труда, для физиологических целей оказываются непригодными; они непригодны, потому что нет возможности удостовериться в действительной величине приводимых элементов; это тем более печально, что этого недостатка легко можно было бы избежать, если бы это хоть несколько было бы принято во внимание. Мы все знаем, что для того, чтобы построить предмет, выполняющий свое назначение, нужно знать не только его форму, но и его действительные размеры; известно, что удовлетворительный мост через яму, окажется совершенно недостаточным для широкой реки; нельзя просто пропорционально увеличить все размеры удобной лодки, чтобы получить хороший корабль. Но очень немногие представляют себе ясно, что нечто подобное относится и к микроскопическим структурам организма; эти структуры никак не могли бы функционировать, если бы они имели размер, представляемый нашими увеличенными изображениями, и по большей части их функция нарушается уже значительно вследствие только небольшого отклонения от их действительной величины. Я остановлюсь впоследствии еще подробнее на этом важном пункте, а теперь спешу прибавить, что не стремлюсь обесценить работу анатомов, но хочу выставить количественную точку зрения и объяснить, почему в настоящее время не является возможным дать больше, кроме несколько довольно грубых примеров применения количественных принципов. Дальше нужно добавить, что расположение капилляров в большей части тканей так сложно, что представляется очень трудным произвести даже и приблизительные измерения.

Пользуясь частью литературой, частью исследованиями, произведенными в моей лаборатории, я могу привести некоторые количественные величины; однако, эти данные предварительные и неполные и касаются только некоторых отрезков капиллярной системы. Я коснусь только тех отрезков этой системы, которые важны физиологически, и к функции которых я возвращусь в дальнейшем изложении. Начну с описания капиллярной системы поперечно-исчерченной мускулатуры, что относительно просто и сравнительно хорошо известно.

Кровеносные сосуды мышц.

Расположение кровеносных сосудов в поперечно-полосатых мышцах очень тщательно изучено и зарисовано Шпальтегольцем (Spalteholz) в 1888 г. Артерии, снабжающие мышцы, дают богатое разветвление; между отдельными ветвями имеются многочисленные анастомозы, вследствие чего образуется первичная сеть. От петель этой сети, на правильных расстояниях, отходят мелкие артерии; эти последние в свою очередь богато анастомозируют друг с другом, образуя вторичную правильную кубическую сеть. От стволов этой сети ответвляются артериолы обычно под прямым углом к мышечным волокнам, на равных друг от друга расстояниях (у теплокровных приблизительно 1 мм.). Наконец, эти артериолы распадаются на большое число капилляров.

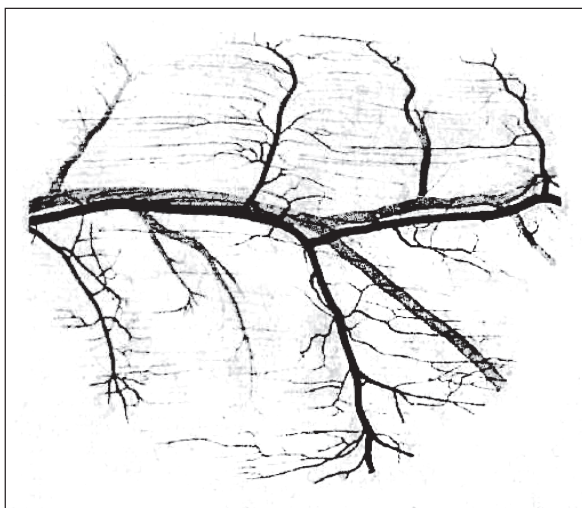


Рис. 1. Мелкие артерии (черные), капилляры и вены поперечнополосатой мышцы. По Шпальтегольцу.

Капилляры пробегают вдоль мышечных волокон в общем параллельно им, богато анастомозируют, образуя узкие, длинные петли вокруг волокон. Капилляры собираются в венулы, правильно расположенные между артериолами; венозная система сопровождает артериальную и почти в точности, ее повторяет. Все вены почти до мельчайших ветвей снабжены клапанами, так что кровь может оттекать только по направлению к сердцу. На рис. 1 приведены короткие отрезки вторичных артерий и вен с артериолами, венулами и капиллярами (рисунок взят из работы Шпальтегольца).

При сокращении мышца значительно изменяет свою форму, причем ее волокна укорачиваются и соответственно утолщаются. К этим изменениям сосудистая система прекрасно приспособлена; артериальная и венозная сеть обеспечивают приток и отток в каком угодно пункте, даже если некоторое количество анастомозов временно окажется закрытым. Капилляры, почти прямые во время покоя мышцы, при работе ее становятся извитыми. При сдавлении кровь выгоняется из многочисленных венозных ветвей, и, когда мышца расслабляется снова, они могут

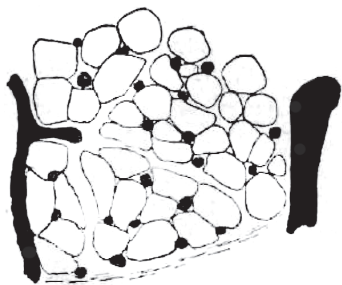


Рис. 2. Поперечный срез иннервированной мышцы (m. gastrocnemius лошади) $\times 156$.

наполниться только с периферии. Так как мышечные сокращения обычно более или менее планомерно чередуются с расслаблениями, то система клапанов превращает вены каждой мышцы в очень хороший насос, способный поддерживать в мышечных капиллярах низкое давление. Позднее мы рассмотрим подробнее значение этого приспособления, а пока обратим все внимание на капилляры. Рисунок 1 показывает, что если провести разрез через мышцу под прямым углом к ее волокнам, то капилляры будут представляться в виде точек, число и распределение которых возможно учесть. Подобный поперечный срез представлен на рис. 2 и 3; здесь видно, как велико число капилляров и как равномерно они распределяются между мышечными волокнами. Получить количественное подтверждение правильности этого расположения капилляров возможно, если подсчитывать их по областям, искусственно намеченным на срезе. В качестве примера я приведу ряд чисел, относящихся к поперечному срезу через икроножную мышцу лошади (musc. gastrocnemius) на площади в 0,0300 кв. мм.

Таблица обнаруживает замечательную правильность распределения капилляров; если произвести подсчет, то оказывается, что на площадь

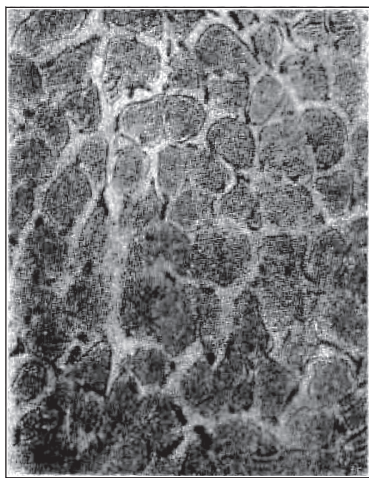


Рис. 3. Поперечное сечение иннервированной мышцы языка кошки. $\times 268$.

определенной величины приходится в среднем $40,5 \pm 5$ капилляров,

1	2	3	4	5
45	34	38	38	31
40	34	42	43	33
42	40	43	47	43
41	46	41	49	39
44	44	46	33	36
36	41	—	—	—
49	38	—	—	—

В среднем 42 39 42 42 36

т. е. ошибка не более 12%. Если разделить это число на 0,03, то окажется, что число капилляров в 1 кв. мм. поперечного среза не менее 1350, при средней ошибке на +31 капилляр. Поперечник булавки или головной шпильки обычно равняется $\frac{1}{2}$ кв. мм. Нужно некоторое умственное напряжение, чтобы представить себе, как на булавке уместятся приблизительно-

но 700 параллельных приносящих кровь трубочек, а кроме того, еще и до 200 мышечных волокон. У других животных число капилляров в 1 кв. мм. может быть и больше. Известно, что млекопитающие имеют более живой обмен веществ, чем холоднокровные позвоночные, и у мелких млекопитающих обмен выше, чем у крупных; оказывается, что существует некоторая связь между высотой обмена веществ и количеством капилляров в 1 кв. мм. мышцы. При подсчете капилляров на срезе *m. semimembranosus* собаки получалась величина 2630, ± 51 , т. е. ошибка между отдельными подсчетами не превышает 10,6%

Еще гораздо большие числа мы находим в мышцах морской свинки, и, вероятно, у самых мелких млекопитающих число капилляров в 1 кв. мм. превосходит 4000. Наоборот, у холоднокровных, как, напр., у лягушки, мы находим гораздо более низкие цифры, в среднем только около 400.

	Прибл. вес в килогр.	Число капил. на 1 кв. мм. мышцы	R	2r	Поверх, в кв. см. на кв. см.	Объемн. % крови	Поверхн. 1 кв. см. в кв. см.
Лягушки	0,05	400	28	15,0	190	7,1	2700
Лошади	500,00	1400	15	5,5	240	3,3	7300
Собаки	5,00	2800	11	7,2	590	10,6	5600

Чтобы понять, смысл таких величин, мы рассмотрим вкратце вопрос о снабжении кислородом мышечной ткани. Молекула кислорода должна выйти из капилляра и самый большой путь, который ей нужно пройти, должен равняться половине пути между двумя соседними капиллярами, обозначаемому через R. В случае мышцы лягушки (при 400 капиллярах в 1 кв. мм.) эта величина будет R = 28 микр. (вычисление от середины капилляра), в случае собаки (2600) — R = 11 микрон. Позднее я остановлюсь несколько подробнее на том, как нужно пользоваться

этими числами при определении того давления кислорода, которое необходимо для снабжения мышцы. Если мы разберем обмен растворимых веществ между кровью и лимфой мышцы, то необходимо при этом принять во внимание величину капиллярной поверхности, на которой происходит этот обмен. И если принять, что средний диаметр капилляра 2г равен диаметру эритроцита, то мы получим следующие величины для общей поверхности капилляров в 1 кв. см. мышцы.

Подобным же образом высчитывается объем крови в мышечных капиллярах [от 3,3% (для лошади), до 10,6% (для собаки)], при расчете на объем мышцы; поверхность 1 кв. см. крови, содержащейся в капиллярах, равняется 2700 кв. см. (лягушка), 7300 кв. см. (лошадь). Ясно, насколько велик может быть обмен веществ на такой огромной поверхности даже за короткое время. Если предположить, что вся мускулатура человека весит 50 килогр. с числом капилляров в 1 кв. мм. — 2000, то все эти трубочки, приложенные одна к другой составят в длину около 100 000 километр, т. е. их можно обернуть $2\frac{1}{2}$ раза вокруг земли; общая их поверхность будет 6300 кв. метр.

Из сказанного следует, что можно и должно еще много работать в той области, которую я назову количественной анатомией мышечных капилляров. Следовало бы изучить несколько различных животных и у каждого из них различные мышцы. Необходимо установить, правильно или нет распределение капилляров, и определить соотношения, установившиеся между снабжением данного участка капиллярами и величиной работы, производимой данными мышцами. Например, я предложил бы сравнить капилляры в мышцах задних конечностей и в сердцах у зайца и домашнего кролика.

Снабжение кровью кожи человека.

Сосудистая система кожи особенно тщательно была исследована также Шпальтегольцем (1893); его данные иллюстрируются многочисленными рисунками с правильным указанием увеличения, как это мне любезно сообщил сам профессор Шпальтегольц.

Кожа снабжается мелкими артериями со стороны подлежащей ткани. Везде, где кожа подвижна, эти артерии резко извиты и легко растяжимы, без того, чтобы при этом нарушался приток крови по ним. В самом, нижнем слое cutis артерии образуют богато анастомозирующее неправильное сплетение, от которого поднимаются, мелкие, веточки в кожу, проходя под прямым углом. Приблизительно в подсосочковой области они образуют субкапиллярное артериальное сплетение. Это сплетение правильное, с продолговатыми петлями

и пробегает более или менее параллельно валикам сосочков. Величина петель в различных местах кожи различна и колеблется от 0,2 до 2 кв. мм. Самыми мелкими являются петли, на кисти и стопе, где кожа обычно подвергается давлению.

От субпапиллярного сплетения отходят еще более мелкие артерии для снабжения папиллярных капилляров. Эти артерии не анастомозируют, и каждая снабжает небольшое, но разное количество сосочков. Шпальтегольц нашел, что величина снабжаемой области на подошве колеблется от 0,04 до 0,27 кв. мм.



Рис. 4. Первое субкапиллярное венозные сплетения; несколько узких артериальных ветвей и петли капилляров $\times 41$.

По Шпальтегольцу.

Как правило, каждый сосочек снабжается центральной капиллярной петлей; артериальное колено этой петли обычно очень узко, а вершина петли и венозное колено часто имеют в диаметре до 0,02 мм. и больше. Длина петель в общем колеблется между 0,2 и 0,4 мм. По сравнению с мышцами число капилляров кожи крайне мало, но, насколько мне известно, планомерных исследований никогда не было поставлено. Я располагаю величинами только одного исчисления, произведенного (в 1922) в моей лаборатории мисс Карриер (m. Carrier); этот подсчет касается 20 капиллярных петель на протяжении 0,5 кв. мм. на тыльной поверхности кисти у человека.

Капилляры папиллярной сети снабжают зародышевый слой эпидермиса различными веществами, потребными для его постоянного

роста. По вычислениям представляется вероятным, что среднее расстояние от капилляров до этого слоя равняется 50–100 микрон.

Венозные коленца папиллярных капилляров соединяются в венулы, которые возвращаются к первому субпапиллярному сплетению мелких вен непосредственно под сосочками. Все венулы, составляющие это сплетение, приблизительно одинаковой величины и в ширину имеют не больше сотых долей миллиметра (рис. 4).

Первое субпапиллярное венозное сплетение многочисленными короткими анастомозами связано со второй узкопетливой сетью; эта сеть лежит приблизительно на высоте субпапиллярного артериального сплетения и состоит, как и первая, из очень узких венул.

По описаниям Шпальтегольца, глубже в кожу идут еще два следующие сплетения с более крупными петлями; по большей части они состоят из более крупных вен. В нижнем из этих двух сплетений, именно в том, которое лежит на границе cutis и subcutis, в венах начинают встречаться клапаны; в венах собственно кожи клапаны отсутствуют.

Характерной особенностью кровоснабжения кожи является то, что в ней нет никаких капилляров, кроме сосочковых. В остальной части кожи обмен веществ должен происходить через венозную стенку, которая здесь очень тонка. В более глубоких слоях кожи более крупные вены сопровождаются многочисленными сосудами мелкого калибра: эти сосуды ответвляются от вен же и на более глубоком уровне к ним же и возвращаются.

Относительно величины сосудистой поверхности для газообмена в человеческой коже неизвестно ничего определенного. Общая поверхность отдельных капилляров крайне мала и при расчете на кв. см. поверхности кожи в среднем равняется 1–2 кв. см. Даже если принять во внимание для обмена всю поверхность вен, то эта поверхность все же будет значительно меньше величины капиллярной поверхности в мышцах; средние расстояния между тканевыми элементами и сосудами в коже также много больше, чем в мышцах. Несомненно, что это является анатомическим доказательством того факта, что обмен веществ в коже низок и, вероятно, не очень изменчив. Об этом мы еще поговорим в XI лекции.

Капиллярная система кишечных ворсинок.

Почти вся наша ежедневная пища целиком воспринимается цилиндрическим эпителием, выстилающим поверхность ворсинок тонкой кишки. По другую сторону эпителия ворсинки абсорбированный пищевой раствор может усваиваться двумя путями. Растворенные

вещества могут пойти или в капиллярную сеть, лежащую под эпителием, или же по системе лимфатической; эта последняя в каждой ворсинке представлена центральным хилусным сосудом. Распределение веществ между этими двумя путями по большей части должно в высокой степени зависеть от развития поверхности капиллярной системы и от ее отношения к эпителиальной поверхности ворсинки. Нельзя получить правильного представления о развивающемся здесь физиологическом процессе, не определив, хотя бы приблизительно, величину этих поверхностей.

Уже давно (1887) Маль (Mal) произвел в этом направлении попытку, но нельзя отрицать, что его данные суммарны и только весьма приблизительны.

Маль нашел, что в тонких кишках собаки на 1 кв. мм. приходится 16 ворсинок. Они почти цилиндрической формы, 0,5–0,6 мм. длиной и от 0,2 до 0,25 мм. в диаметре. Я считаю поверхность каждой ворсинки приблизительно равной 0,43 кв. мм.

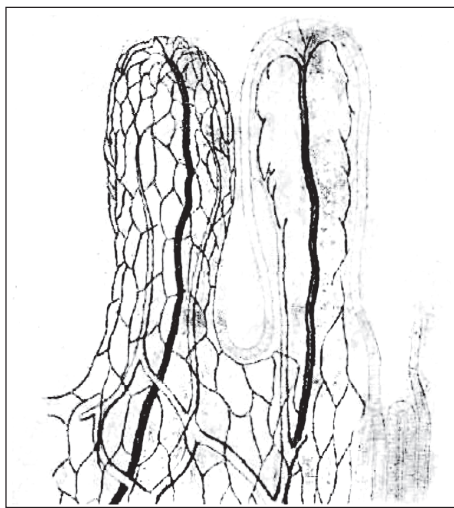


Рис. 5. Ворсинки из тонкой кишки собаки. Высота около 0,5 мм. По Малью.

По описанию Малья, в каждую ворсинку идет маленькая артерия, пробегающая прямо от основания до вершины; там она быстро расщепляется на 15–20 капилляров, которые идут вдоль внутренней поверхности эпителия, образуя узкопетлистую сеть (рис. 5). Средний диаметр отдельных капилляров, по его данным, равняется 8 микронам. В определенном месте, именно на половине или в верхней трети

ворсинки, часть капиллярной крови собирается венами; однако капиллярная сеть продолжается еще дальше книзу с той разницей, что теперь капилляров уже меньше, и средний диаметр их только 5 микронов.

По Малю, капиллярная система в верхних двух третях ворсинки состоит из 30 параллельных трубочек в 0,4 мм. длиной с диаметром в 8 микронов: в нижней трети их 15 — длиной в 0,2 мм. и шириной 5 микр. Из этих чисел следует, что общая величина капиллярной поверхности каждой ворсинки равняется 0,35 кв. мм., что составит 82% ее эпителиальной поверхности.

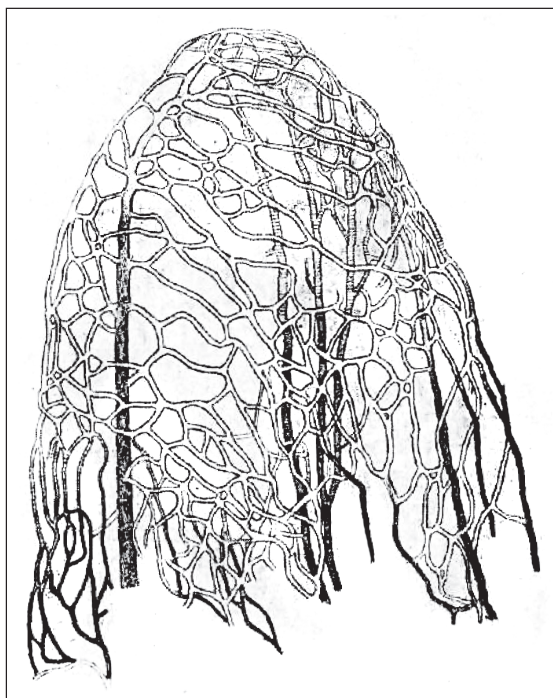


Рис. 6. Ворсинка из тонкой кишки кролика (капиллярная сеть с одной стороны ворсинки) $\times 68$.

На каждый кв. мм. внутренней поверхности кишки приходится 7 кв. мм. эпителиальной поверхности ворсинки и 5,6 кв. мм. капиллярной поверхности.

В моей лаборатории д-р Вимтруп (Vimtrup) начал изучать количественную анатомию абсорбирующей системы кишечника кролика. Данные, полученные им, будут впоследствии подробно опубликованы, а здесь я укажу только на измерение отдельных ворсинок

двенадцатиперстной кишки (рис. 6). В этой части кишечника кролика ворсинки не цилиндричны, а поперечник их скорее эллиптической формы. Капиллярная сеть в противовес тому, что описывает Маль, очень неправильна. Она снабжается двумя маленькими артериями, отведение обычно происходит по двум венам.

Более крупные сосуды пробегают на некотором расстоянии от эпителиального слоя, но почти все капилляры, так сказать, спаяны с основанием эпителиальных клеток, что с физиологической точки зрения является очень важным.

На увеличенном рисунке, где представлены простыми штрихами только капилляры, очень легко определить общую длину капилляров; для этого какая-нибудь мелкая единица измерения просто накладывается по рисунку. На поверхности равной 0,84 кв. мм., общая длина капилляров равняется 2,47 мм. Средний диаметр капилляров на инъецированном объекте равняется 12 микр., что даст общую их поверхность в 0,93 кв. мм. или 109% всей эпителиальной поверхности ворсинки. Если мы умножим величину общей длины капилляров, вместо окружности, на величину их среднего диаметра, то мы получим как бы проекцию капилляров на эпителиальную поверхность, что даст 0,295 кв. мм. или 34%; это обозначает, что приблизительно одна треть эпителиальных клеток отдает прошедшие через них вещества непосредственно капиллярам, а в двух третях эти же вещества должны предварительно пройти межкапиллярное пространство.

Общая поверхность ворсинки занимает по величине 2,2 кв. мм., с капиллярной поверхностью в 2,4 кв. мм. и проекцией капилляров на нее в 0,75 кв. мм. Если принять, что на кв. мм. внутренней поверхности двенадцатиперстной кишки приходится 6—10 ворсинок (в среднем около 8), то окажется, что на каждый кв. мм. поверхности ворсинки приходится 17,6 кв. мм. эпителиальной поверхности и 19,2 кв. мм. поверхности капиллярной. Эти величины оказываются больше чем вдвое выше величин, приводимых Малем для собаки.

Некоторые из этих данных будут использованы; в последней лекции, где будет обсуждаться вопрос о механизме распределения абсорбированных веществ между кровью и лимфой.

«Чудесная» сеть в кислородной железе угря.

В заключение я вкратце опишу совершенно особенное распределение капилляров, наблюдаемое в плавательном пузыре рыб. Это, действительно, чудесная сеть и представляет собой картину крайнего развития капиллярной поверхности, известного мне до настоящего времени.

Оглавление

Предисловие редактора	3
Лекция I	5
Введение. Распределение и число капилляров в отдельных органах.....	5
Кровеносные сосуды мышц.....	8
Снабжение кровью кожи человека	11
Капиллярная система кишечных ворсинок	13
«Чудесная» сеть в кислородной железе угря	16
Зачем нужно изучать количественную анатомию?.....	19
Лекция II	20
Независимая сократимость капилляров	20
Более старые опыты над сократительностью капилляров.....	21
Новейшие исследования по вопросу о сократительности капилляров	24
Влияние внутреннего давления на калибр капилляров	34
Лекция III	36
Строение капиллярной стенки	36
Сократительные клетки в стенке капилляров	37
Изменения эндотелия при сокращении и расширении	43
Эластические свойства клеток, иллюстрируемые на эритроцитах.....	44
Особенности в строении различных капилляров	47
Отношения капилляров к артериям и венам	49
О существовании прямых связей между артериями и венами	49
"Vasa serosa" не существуют	50
Лекция IV	52
Иннервация капилляров	52
Симпатическая иннервация капилляров.....	53
Симпатический тонус капилляров.....	54
Сосудорасширители капилляров.....	55

«Рефлекторная эритема» и некоторые родственные реакции	57
Механизм регуляции температуры	67
Вазомоторный психорефлекс	69
Лекция V	71
Реакция капилляров на раздражения.....	71
Прямая и непрямая реакция капилляров	72
Реакция капилляров на тепло и холод	73
Реакция капилляров на свет.....	76
Реакция капилляров на химические раздражения	79
Реакция на воспалительные яды.....	80
Лекция VI.....	85
Капиллярные яды	85
Реакция капилляров на наркотические вещества	91
Водородные ионы	93
Адреналин.....	99
Лекция VII	104
Гормональный контроль над капиллярным кровообращением	104
Результаты остановки кровоснабжения	104
Гипотеза о гормоне X.....	106
Предварительные опыты с кровью млекопитающих.....	107
Предварительные опыты с диализом.....	107
Усовершенствованный метод промывания.....	108
Усовершенствованный методы диализа	109
Приготовление диализационной перепонки	111
Активность крови и диализата у различных животных.....	113
Попытки изолировать активное вещество	114
Влияние гипофиза на тонус капилляров.....	115
Эффект от гипофизарного экстракта.....	117
Опыты с питуитарным экстрактом.....	118
Не является ли X-вещество крови млекопитающих веществом, идентичным гипофизарному гормону?	121
Лекция VIII.....	124
Механизм некоторых капиллярных реакций особенно в коже человека.....	124

Микроскопическое наблюдение ножных капилляров человека.....	124
Ток крови в капиллярах у основания ногтя.....	125
Перемещение открытых капилляров на ноге и в других тканях	127
Местные вазомоторные реакции на механические раздражения.....	128
Парадоксальные реакции на венозную кровь.....	132
Бледность при потерях крови	139
Вазоневротическая конституция	139
Лекция IX.....	142
Обмен веществ через капиллярную стенку.....	142
Обмен газов в тканях.....	143
Обмен кристаллоидов через капиллярную стенку	148
Непроницаемость капиллярной стенки для коллоидов.....	151
Обмен воды через капиллярную стенку	151
«Фракционное осмотическое давление крови».....	154
Лекция X	159
Кровяное давление в капиллярах.....	159
Изменение венозного давления в связи с изменением положения	162
Венозный насос	163
Наклонность к фильтрационным отекам в нижних частях тела крупных животных.....	164
Нормальные отношения между капиллярным давлением и осмотическим давлением коллоидов	165
Обогащение крови водой после кровотечения.....	166
Обмен воды при наличии растворимых веществ	166
Различия в проницаемости капилляров	168
Увеличение проницаемости капилляров при расширении ...	170
Попытки определить абсолютную проницаемость капилляров.....	174
Изменения проницаемости капилляров без соответствующих изменений калибра.....	175
Лекция XI.....	178
Применение физиологии капилляров к сложным процессам в здоровом и больном организме.....	178
«Отрицательное внутригрудное давление»	178

Поглощение растворимых веществ кровью в тонких кишках	179
Фильтрация водянистой влаги в Шлеммов канал и в эписклеральные вены	182
Urticaria.....	184
Воспаление.....	186
Сосудистый шок	188
Образование и обратное развитие отеков	191

Для заметок