

СЕТЕВИДНАЯ КОНСТРУКЦИЯ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА

Аннотация. Микроциркуляторное русло брыжейки имеет сетевидную конструкцию, в которой выделяются основные сети двух видов: 1) наружная (или контурная) сеть микрорайонов образована пучками магистральных артериол и венул, их крупных ветвей и притоков; 2) внутренние, или метаболические, сети капилляров лежат в петлях контурной или магистральной сети. Между этими сетями проходят промежуточные транспортные микрососуды (терминальные артериолы и прекапилляры, посткапиллярные и собирательные венулы). В малососудистых участках брыжейки обнаружена редукция магистральной сети и резкое разрежение метаболических сетей, очевидно, в связи с локальным ослаблением гемотканевого метаболизма.

Ключевые слова: микрососуд, микроциркуляция, сеть, модуль.

Abstract. Mesentery microcirculatory bed has network construction including two main nets: 1) external, outline net of microareas is formed by bundles of magistral arterioles and venules, their large branches and tributaries; 2) internal or metabolic nets of capillaries are into loops of outline or magistral net. Between these nets intermediate transport microvessels pass – terminal arterioles and precapillaries, postcapillary and collective venules. In little-vessels area are founded reduce of magistral net and very rarefied metabolic nets obviously in relation with local decreasing of blood-tissue metabolism.

Key words: microvessel, microcirculation, network, module.

Введение

В 1960–1980-е гг. в СССР активно проводились многочисленные исследования структурно-функциональной организации микроциркуляторного русла (МЦР). Книга В. В. Куприянова [1] стала катализатором этого процесса. На Западе такие исследования начались раньше. Многие авторы по-разному описывали строение МЦР, выделялись следующие основные его типы [2]:

1) классический, или магистральный, тип (серозные оболочки, скелетные мышцы) – густая сеть кровеносных капилляров между артериолой и венулой. V. C. Fung B. W. Zweifach (1971) участок сети капилляров вместе с питающей артериолой и дренирующей венулой обозначили как «дискретный функциональный модуль»;

2) мостовой тип описан B. W. Zweifach (1939–1961), R. Chambers B. W. Zweifach (1944): в брыжейке тонкой кишки крысы центральный, или главный, канал (предпочтительного кровотока) – метартериола, от нее отходят прекапилляры, распадающиеся на капилляры, сама метартериола переходит в венулу;

3) сетевой тип выявлен в скелетных мышцах человека (Saunders E. A. и др., 1957): между кольцами артериол и кольцами венул находятся сеть капилляров, центральные каналы и артериоло-венулярные анастомозы;

4) сетевой тип в сочетании с концевой артериолой описан в коже человека (Petersen H., 1935): от артериолярного кольца отходят мелкие, канделяб-

ровидные артериолы, распадающиеся на капилляры. В разных органах капилляры образуют сети, «корзинки», клубочки и другие конструкции (Nisumaru J., 1955; Куприянов В. В., 1969).

Клубочки или «блоки» кровеносных капилляров, фрагменты капиллярной сети окружены в той или иной мере лимфатическими микрососудами – субъединица МЦР [1, 3]. В рамках каждого «блока» различают кровеносные капилляры трех типов:

1) последовательно связанные капилляры, которые устанавливают «прямые коммуникации» между сосудами «входа» и «выхода» (Zweifach B. W., 1961) – магистральные капилляры (Мчедlishvili Г. И., 1958);

2) истинные или нутритивные капилляры располагаются и «подключаются» параллельно к «прямым коммуникациям»;

3) анастомотические капилляры связывают соседние «блоки». В. В. Куприянов [1] предложил термин «ангион» – артериоло-венулярная петля с расположенными внутри нее истинными капиллярами.

В. И. Козлов [4] считал, что МЦР состоит из повторяющихся сосудистых комплексов – «сегментов». Сегмент брыжейки ограничен артериальным кольцом, он образуется ветвями кишечной артерии, которые соединяются анастомозом (аркадой). Артериальное кольцо дублируется венозным кольцом. Их ветви и притоки широко анастомозируют и формируют МЦР сегмента. В. В. Куприянов с соавторами [5] использовал термин «модуль» для описания структурно-функциональной единицы МЦР, он включает сосудистые и внесосудистые (тканевые) транспортные коммуникации для перемещения биологических жидкостей в определенном районе ткани (с которой составляет «гистион»). Формальной границей этого района может служить замкнутая полигональная петля, образованная анастомозирующими артериолами и сопровождающими их венами. Эти сосуды формируют непрерывную сеть, охватывающую обширные территории органа. В связи с этим каждый из анастомозирующих сосудов участвует в кровоснабжении не одного ограниченного района ткани, а нескольких. Такая модель в разных вариантах, в том числе с включением лимфатических микрососудов и лимфоидных узелков, наиболее часто описывалась в отечественной литературе. Такие очень противоречивые литературные данные позволили нам предположить существование различных вариантов строения МЦР и его модуля.

Материал и методы исследования. Строение МЦР брыжейки тонкой кишки изучено у 12 собак 3–5 лет. Ее тотальные препараты после фиксации в 10 % растворе формалина и парафиновые срезы толщиной 10 мкм окрашивали квасцовым гематоксилином, импрегнировали нитратом серебра. Серийные срезы брыжейки толщиной 7 мкм окрашивали пикрофуксином по Ван Гизон. Размеры микрососудов определяли с помощью окуляра-микрометра.

1. Общее строение МЦР брыжейки. В его состав входят:

1) магистральная артериола (диаметром 50–70 мкм и более, 2–3 слоя миоцитов в средней оболочке, ясно выражена внутренняя эластическая мембрана) и магистральная, или мышечная, венола (диаметром до 100–120 мкм, 1–2 слоя миоцитов в средней оболочке);

2) претерминальная артериола (35–40 мкм) и премагистральная венола (50–60 мкм);

3) модульная терминальная артериола (20–25 мкм, 1 слой миоцитов, внутренняя эластическая мембрана разрыхляется и фрагментируется) и

модульная или вторичная собирательная венула (30–40 мкм, единичные миоциты в средней оболочке);

4) прекапиллярная терминальная артериола (15–20 мкм, очень рыхлый слой мелких миоцитов, отсутствует внутренняя эластическая мембрана), первичная собирательная венула (20–25 мкм);

5) прекапилляры (10–15 мкм, миоциты на концах микрососуда) и посткапиллярные венулы (15–20 мкм, тонкая адвентициальная оболочка);

6) капилляры. Число и строение, сочетания звеньев МЦР непостоянны и очень разнообразны.

2. МЦР имеет четыре уровня структурной организации:

I уровень (блоковый, или метаболический): варибельная сеть кровеносных капилляров разделена мелкими транспортными микрососудами на полиморфные участки. К петлям в сети капилляров подходит прекапилляр, от них идет посткапиллярная венула – блок метаболических микрососудов.

II уровень (модульный, или терминальных анастомозов): модуль МЦР образован терминальной артериолой, собирательной венулой, их ветвями и корнями, капиллярной сетью между ними. Ее могут пересекать центральный канал, другие анастомозы артериолы и венулы. Капилляры по топографии и функции можно разделить на истинные или нутритивные (в составе метаболического блока), анастомотические (между соседними метаболическими блоками), магистральные, или коммуникативные (в составе центрального канала).

III уровень (микрорайонный): между пучками венул IV–V порядка и артериол I–II порядка находятся полиморфные участки брыжейки – микрорайоны МЦР. Их контур не всегда замкнутый, пограничные микрососуды не всегда составляют сплошные на всем протяжении пучки, связанные анастомозами. Кнутри от контура микрорайона МЦР преобладает раздельное прохождение транспортных микрососудов, венулы и артериолы пучка могут расходиться в разной степени и на разном протяжении пучка. Собирательные венулы (II–III порядка) могут идти самостоятельно до своего коллектора, особенно при формировании венулярного анастомоза. Встречается подобный ход артериол II–III порядка, особенно при образовании их анастомоза. Собирательные венулы часто (терминальные артериолы реже) образуют кольца или петли разных размеров и формы.

IV уровень (сегментарный): между смежными пучками магистральных микрососудов находятся полосы брыжейки разных размеров и формы (межпучковые сегменты МЦР).

3. Ангиоархитектоника МЦР. Крупные ветви и притоки магистральных микрососудов идут пучками и разделяют брыжеечные сегменты МЦР на микрорайоны. От их контура отходят терминальные артериолы и собирательные венулы, их ветви и притоки формируют метаболические блоки (а вместе – модули), венулярные и артериолярные анастомозы, центральные каналы, гораздо реже – артериоло-венулярные анастомозы. Встречаются кольцевые модули и ангионы, а также комбинированные анастомозы, когда разные ветви одной артериолы участвуют в формировании разных анастомозов и модулей. Центральный, или главный, канал (предпочтительного транскapиллярного кровотока по В. Zweifach) имеет строение артериоло-венулярного полушунта, от которого отходят ветви; его основные звенья: метартериола – мелкая терминальная артериола, переходящая в прекапилляр; главный путь – это магистральный капилляр (не всегда), посткапиллярная и

собираательная венулы. Кольцевой модуль, о котором писали [5] как о структурно-функциональной единице МЦР, встречается редко, в составе не каждого микрорайона МЦР; от типичного модуля отличается в принципе конфигурацией: терминальные артериолы идут вместе (в одном пучке с собирательными венулами) и образуют замкнутый контур (спаренные круговые анастомозы). Внутри кольцевого модуля отходят мелкие терминальные артериолы и прекапилляры, первичные собирательные и посткапиллярные венулы. Кольцевой модуль «прикрепляется» к пучку магистральных микрососудов посредством пучка претерминальной артериолы и премагистральной венулы. В ангионе незамкнутая артериоло-венулярная петля сама «прикрепляется» к пучку магистральных артериолы и венулы [1]. Возможно, таким образом начинается морфогенез нового микрорайона МЦР. Сеть магистральных артериол и венул МЦР местами растягивается и разрывается, что приводит к различным деформациям микрорайонов и модулей, но без полной элиминации микрососудов в «бессосудистых» зонах брыжейки. Собирательные венулы и их корни могут быть окружены лимфоидными узелками.

4. МЦР малососудистых зон брыжейки. Сеть МЦР распространяется на всю брыжейку тонкой кишки, но характеризуется значительными локальными особенностями по своей плотности и ангиоархитектонике. В истонченных участках брыжейки могут отсутствовать не только магистральные, но также и модульные транспортные микрососуды. В таких «бессосудистых» зонах определяются редкие, широкие, не всегда полные (незамкнутые) петли капиллярной сети, причем с узкими (резервными?) капиллярами. В отличие от участков брыжейки, пронизанных более или менее густыми магистральными сетями МЦР, в краевых зонах брыжейки, переходных к ее малососудистым участкам, мы обнаруживали редкие, крупные и неполные петли контурной сети МЦР, вплоть до коротких «обрубков», которые выступали на протяжении мелких артерий и вен или магистральных артериол и венул в сторону «бессосудистых» зон – так называемые концевые артериолы, магистральные или претерминальные по строению. Они могли переходить в короткие, мелкие терминальные артериолы или метартериолы с продолжением в центральные каналы, или сразу в прекапилляры и капилляры.

Концевые венулы, магистральные и премагистральные, принимали короткие, мелкие вторичные или первичные собирательные или даже посткапиллярные венулы. В краевых зонах МЦР утрачиваются правильность хода, упорядоченность распределения транспортных микрососудов. В оформленных микрорайонах МЦР, окруженных контурными петлями магистральных артериол и венул и их крупных ветвей, эти микрососуды идут вместе, одним пучком.

В краевой зоне премагистральная и даже магистральная венулы могут идти самостоятельно или в сопровождении терминальной артериолы, или последняя пересекает венулу. Краевые зоны характеризуются сосредоточением модульных транспортных микрососудов, особенно венул, встречаются венулярные петли и петлевидные артериоло-венулярные анастомозы и центральные каналы (одиночные, двойные, тройные, множественные). От них отходят прекапилляры, посткапиллярные венулы и капилляры как вовнутрь массива перечисленных микрососудов с образованием полиморфных модулей МЦР, так и в «бессосудистую» зону.

Другой крайний вариант ангиоархитектоники: через малососудистый участок брыжейки идет (очень) длинный, прямой или в разной степени изогнутый пучок терминальной артериолы и собирательной вены, причем строение пучка также сильно варьирует. Это может быть:

- 1) двойной артериоло-венулярный анастомоз;
- 2) истинный артериолярный анастомоз, причем его сопровождают вены, которые начинаются коротким, поперечным артериоло-венулярным анастомозом;
- 3) истинный венулярный анастомоз, его сопровождают артериолы и т.д.

На протяжении такого пучка встречаются полиморфные анастомозы, в том числе короткие и петлевидные, расположенные между микрососудами пучка или сбоку от него. А вокруг – более или менее обширные территории без транспортных микрососудов. Их узкие и редкие капилляры трудно обнаружить на гистологических срезах или тотальных препаратах без предварительной инъекции сосудистого русла брыжейки. В этом легко убедиться при изучении ее участков с обильным кровоснабжением, в оформленных микро-районах МЦР.

5. Варианты строения микрорайонов МЦР. Микрорайон МЦР – это полиморфный микрососудисто-тканевой комплекс, ограниченный пучками магистральных артериол и венул. В его состав входят в разных сочетаниях разные комплексы микрососудов, описанные в литературе как структурные единицы (модули) МЦР. Классическая последовательность микрососудов с разветвленно-линейной ангиоархитектоникой (типичный модуль МЦР) определяется наиболее часто в сочетании с артериолярными, венулярными и артериоло-венулярными анастомозами, в том числе с центральным каналом. Сетевой тип МЦР отличается от классического кольцевой формой артериолы и вены. Кольцевой модуль и ангион встречаются редко.

Модули МЦР можно разделить на закрытые и открытые. В закрытых, кольцевых модулях исключаются прямые, капиллярные связи с метаболическими блоками соседних типичных модулей, что, очевидно, ухудшает перераспределение крови в капиллярных сетях микрорайона.

Неодинаковы модули МЦР по их составу и форме (ангиоархитектонике). По составу они могут быть:

- 1) простыми – капилляры между одной терминальной артериолой и одной собирательной веной;
- 2) сложными – капилляры между 2–3 артериолами и 2–4 венами;
- 3) комбинированными – капиллярная сеть с центральным каналом и другими анастомозами (ветви одной артериолы); кольцевой модуль – комбинированный, сложный;
- 4) комплексными – с лимфоидной тканью, которая окружает собирательную вену, венулярное сплетение.

Терминальная артериола отдает ветви в такой периваскулярный лимфоидный узелок. По форме открытые модули могут быть дисперсными, компактными, комбинированными. В брыжейке чаще встречаются модули МЦР с дисперсной организацией – развернутая капиллярная сеть. По плотности она может быть редкой, рыхлой, густой, плотной; по ангиоархитектонике – двухмерной (плоской) или трехмерной (объемной), сплетениевидной, синусоидной (печень), с сильно вытянутыми (капилляры «линейного порядка» в миокарде) или сжатыми петлями и др.

Компактные модули содержат:

- 1) одиночные капилляры (в центральном канале);
- 2) отдельные петли капилляров;
- 3) веер из петель (начинаются в одной точке);
- 4) клубочки капилляров (почки);
- 5) «корзинки» и «кисточки» (селезенка);
- 6) веноулярные «розетки» с «гроздьями» капилляров: короткие и широкие посткапиллярные веноулы объединяются в первичную собирательную веноулу, вокруг ее корней находятся мелкие капиллярные петли, к 2–3 «розеткам» подходят расширяющиеся ветви 1–2 артериол.

Кольцевой модуль содержит локализованную сеть капилляров (в кольце спаренных анастомозов терминальных артериол и собирательных веноул). В брыжейке встречаются и другие варианты строения модулей, в различных сочетаниях, в том числе в составе одного микрорайона МЦР.

6. Дисперсия терминальных транспортных микрососудов. От аорты, главного артериального ствола, отходят многочисленные разного диаметра ветви. К ним присоединяются соответствующие вены. Эти и дочерние пучки кровеносных сосудов направляются ко всем органам и вступают в их стенки (вещество). В конечном счете пучки кровеносных сосудов переходят в пучки кровеносных микрососудов. По мере приближения к органам и МЦР все чаще встречаются анастомозы между однотипными сосудами (артериями или венами).

Артериальные и венозные анастомозы могут быть спаренными (единый пучок), а по форме – кольцевидными. Такая тенденция становится закономерной в МЦР. Его микрорайоны образуются в результате соединения крупных транспортных микрососудов – магистральных и претерминальных артериол, магистральных и премагистральных веноул, идущих обычно в одном пучке. Но в процессе дальнейшего их ветвления нарастает дисперсия транспортных микрососудов: терминальные артериолы и собирательные веноулы чаще идут раздельно, при этом они нередко формируют анастомозы и функциональные модули, разветвленно-линейные (сети метаболических микрососудов) и линейные (с центральным каналом) или комбинированные. В составе далеко не каждого микрорайона МЦР обнаруживается кольцевидный модуль – спаренные кольцевидные анастомозы терминальных артериол и вторичных собирательных веноул ограничивают участки капиллярных сетей и связанных с ними более мелких артериол и веноул. Расхождение терминальных артериол и собирательных веноул (дисперсия их пучков), вероятно, способствует оптимальной организации функционального модуля МЦР. Он обычно имеет строение «открытой» сети метаболических микрососудов, которая связана с терминальными артериолами и собирательными веноулами разного происхождения. Иначе говоря, капиллярные сети соседних модулей переходят друг в друга без резких структурных границ (анастомотические капилляры, реже – центральные каналы, в их составе могут быть магистральные капилляры). Так обеспечиваются пластичность и стабильность транскапиллярного кровотока в микрорайоне МЦР.

Различные, включая кольцевидные, анастомозы транспортных микрососудов оптимизируют юстакapиллярный кровоток. Главная функция МЦР – организация гемотканевого метаболизма (ОГТМ). Все сосуды транспортиру-

ют кровь, но в одних сосудах транспортная функция – единственная, в других (транспортные микрососуды) она преобладает, а в третьих (метаболические микрососуды) на первое место выходит метаболическая функция.

Структурно-функциональная организация МЦР существенно отличается от его структурной организации уже потому, что не может реализоваться вне тесной взаимосвязи с обслуживаемыми тканями, по крайней мере, с прилегающей соединительной тканью, ее тканевыми каналами. Такой комплекс МЦР и окружающей соединительной ткани состоит из доменов – минимальных территорий или участков, где происходит ОГТМ во всем объеме составляющих его процессов. Структурной основой домена с дисперсной ОГТМ является микрорайон МЦР, домена с компактной ОГТМ – кольцевой модуль МЦР (круговой пучок спаренных межартериолярного и межвенулярного терминальных анастомозов МЦР). В микрорайоне капилляры (метаболические микрососуды) рассредоточены по всей его территории, их пересекают терминальные артериолы, собирательные вены и их линейные анастомозы, а также лимфатические посткапилляры без определенной системы.

Формирование центральных каналов В. Zweifach (предпочтительного транкапиллярного кровотока) на территории микрорайона – следствие его дисперсной ОГТМ. Существенное ограничение территории ОГТМ в кольцевом модуле МЦР путем замыкания в круг терминальных анастомозов однотипных транспортных микрососудов (терминальных артериол и собирательных венул) приводит к компактизации капиллярных сетей, в пределах модуля обычно неразвиты артериоло-венулярные анастомозы. Кольцевой модуль, таким образом, представляет собой простой вариант структурно-функциональной организации МЦР.

Еще более простое строение имеет «ангион» – артериоловенулярная петля, она «прикреплена» к пучку магистральных микрососудов и содержит сеть капилляров. Поэтому они и рассматривались в качестве структурно-функциональной единицы МЦР брыжейки тонкой кишки. А для брыжейки характерно простое, удобное для исследования устройство МЦР.

7. Устройство МЦР как гидравлического редуктора. Сердечно-сосудистая система устроена как замкнутая круговая система кровеносных сосудов с анастомозами и коллатералиями. Анастомозов, прямых и не прямых, и коллатералей (параллельных сосудов) особенно много в периферическом сосудистом русле. Непрямые анастомозы (полушунты) «подключены» к тканям – совместная ОГТМ. Капиллярная сеть между терминальной артериолой (прекапилляром) и собирательной (посткапиллярной) веной – типичный функциональный модуль МЦР, имеет строение непрямого артериоло-венулярного анастомоза (полушунта) с разветвленно-линейной конструкцией. Прогрессивное ветвление периферических сосудов происходит под влиянием активно функционирующих тканей (индукция – размывающее действие метаболических потоков на сосудистые стенки).

Разветвления сосудов создают структурные предпосылки:

1) для уменьшения (редукции) расстояния до потребителя путем дисперсии микрососудов и покрытия ими больших площадей кровоснабжаемых тканей (более плотной их васкуляризации);

2) для уменьшения (редукции) кровяного давления и скорости кровотока до уровней, необходимых для ОГТМ;

3) для уменьшения (редукции) градиента локальных давлений (выравнивания локальных давлений, демпфирования их толчков) путем формирования анастомозов между сосудами.

Ветви магистральных артериол образуют параллельные цепи мелких транспортных и метаболических микрососудов, которые продолжают в притоки магистральных венул. Эти цепи параллельны друг другу (идут раздельно), но, в то же время, разветвляются. Их ветви соединяются друг с другом и образуют анастомозы параллельных цепей микрососудов. Таким образом:

1) реализуется нелинейная модель структурно-функциональной организации МЦР на всех уровнях ее структурной иерархии: многочисленные анастомозы микрососудов всех уровней, наряду с релаксирующими элементами их стенок (прежде всего – миоцитами), обеспечивают реактивность и адаптивность МЦР адекватно колебаниям кровяного давления;

2) сетевидная ангиоархитектоника МЦР как сложной, многоуровневой системы параллельных, разветвленных и анастомозирующих микрососудов отражает ее устройство по типу гидравлического редуктора с демпферным эффектом в регуляции кровотока.

Обратный ветвлению (дисперсии) процесс магистрализации сосудов наблюдается в экстраорганным русле по мере приближения к аорте в связи с ростом кровяного давления.

Заключение

МЦР в брыжейке тонкой кишки собаки разделено пучками крупных микрососудов на микрорайоны – полиморфные микрососудисто-тканевые комплексы, в которых пучки транспортных микрососудов постепенно утрачивают линейную структуру, распадаются и, в конечном счете, формируют капиллярную сеть. Образования микрососудов, описанные в литературе как структурные единицы (модули) МЦР, обнаружены в составе его микрорайона в разных сочетаниях. Чаще всего определяется классическая последовательность микрососудов (терминальная артериола – сеть капилляров – собирательная венула) – модули с разветвленно-линейной ангиоархитектоникой, часто в сочетании с артериолярными и венулярными анастомозами, центральным каналом, редко – с кольцевым модулем, ангионом или артериоло-венулярным анастомозом. Множественность разных анастомозов на разных уровнях структурной организации МЦР составляет, очевидно, морфологическую основу его высокой реактивности и адаптивности в физиологических и экстремальных условиях.

МЦР имеет сетевидную конструкцию, в которой выделяются основные сети двух видов:

1) наружная (или контурная) сеть микрорайонов образована пучками магистральных артериол и венул, их крупных ветвей и притоков;

2) внутренние, или метаболические, сети капилляров лежат в петлях контурной или магистральной сети МЦР. Между его магистральной и метаболическими сетями проходят промежуточные транспортные микрососуды (терминальные артериолы и прекапилляры, посткапиллярные и собирательные венулы). Они имеют разную ориентацию и пересекают сеть капилляров. Промежуточная часть МЦР отличается очень варибельным строением, разветвленно-линейной или чаще комбинированной (с элементами сетей и спле-

тений) ангиоархитектоникой. Сетевидная конструкция МЦР является результатом прогрессирующей дистальной дисперсии микрососудов в сочетании с их полиморфным анастомозированием. Это обеспечивает снижение кровяного давления до уровня, оптимального для ОГТМ, устойчивость и равномерность кровоснабжения тканей, его адекватность функциональным нагрузкам, а также гашение локальных толчков кровотока. Сети МЦР очень непостоянны, местами деформированы и редуцированы в разной степени, но без полной элиминации микрососудов в так называемых бессосудистых зонах брыжейки. В малососудистых участках брыжейки тонкой кишки собаки обнаружена редукция магистральной сети и модулей МЦР, что сочетается с резким разрежением метаболических сетей, рассредоточением узких капилляров, очевидно, в связи с локальным ослаблением гемотканевого метаболизма – отпадает необходимость в быстром и частом перераспределении крови на разных путях ее притока и оттока из малососудистых участков брыжейки. Так называемые бессосудистые зоны, по крайней мере в брыжейке, не содержат не только макроскопические, но и микроскопические транспортные сосуды, в них определяются сравнительно немногочисленные капилляры. Полиморфизм модулей МЦР даже одного микрорайона брыжейки тонкой кишки с преимущественным развитием модулей открытого типа свидетельствует о высокой реактивности и адаптивности МЦР в условиях значительных локальных вариаций кровотока. Органные, видовые и другие особенности организации МЦР расширяют спектр вариантов строения его модулей. Они различаются по составу, строению и композиции своих звеньев, архитектонике, но сводимы в предложенные группы (открытые и закрытые) по ключевым признакам строения.

Список литературы

1. **Куприянов, В. В.** Пути микроциркуляции (под световым и электронным микроскопом) / В. В. Куприянов. – Кишинев : Картя Молдовеняскэ, 1969. – 260 с.
2. **Чернух, А. М.** Микроциркуляция / А. М. Чернух, П. Н. Александров, О. В. Алексеев. – М. : Медицина, 1975. – 456 с.
3. **Караганов, Я. Л.** Топологический принцип в изучении структурно-функциональных единиц микроциркуляции / Я. Л. Караганов, В. В. Банин // Архив анатомии. – 1978. – Т. 75. – № 11. – С. 5–22.
4. **Козлов, В. И.** Модель гемодинамических отношений в микроциркуляторном русле брыжейки тонкой кишки морской свинки / В. И. Козлов // Архив анатомии. – 1970. – Т. 58. – № 5. – С. 61–69.
5. **Куприянов, В. В.** Микроциркуляторное русло / В. В. Куприянов, Я. Л. Караганов, В. И. Козлов. – М. : Медицина, 1975. – 216 с.

Петренко Валерий Михайлович

доктор медицинских наук, профессор,
заведующий кафедрой анатомии
человека, Санкт-Петербургская
государственная медицинская
академия им. И. И. Мечникова

E-mail: anatomydept@mail.ru

Petrenko Valery Mikhailovich

Doctor of medical sciences, professor,
head of human anatomy sub-department,
Saint-Petersburg State Medical Academy
named after I. I. Mechnikov

УДК 611.423–018

Петренко, В. М.

Сетевидная конструкция микроциркуляторного русла / В. М. Петренко // Известия высших учебных заведений. Поволжский регион. Медицинские науки. – 2010. – № 1 (13). – С. 37–46.