

DOI 10.26886/2616-552X.1(4)2020.2

UDC 616.5+616.16

**MICROCIRCULATORY SYSTEM OF THE SKIN
(DEMONSTRATION MATERIALS OF STUDENTS AND YOUNG
SCIENTISTS)**

Veronika V. Bocharova, MD, PhD, DSc

<https://orcid.org/0000-0001-7346-770X>

Mariia A. Kushnir,

<https://orcid.org/0000-0003-2968-9086>

Daria E. Pedchenko

<https://orcid.org/0000-0002-7975-6622>

kushnir.maria77@gmail.com

Odessa National Medical University, Ukraine, Odessa

The subject of research – the structure of the microcirculatory tract of the skin. The purpose of the work is to provide demonstration materials of students and young scientists of the microcirculatory system of the skin. Even in the modern scientific literature there are many contradictions about the relationship of structural components that form the microcirculatory system of the skin, which dictates the need for further research on the relationship of various blood vessels with other components of the so-called microcirculatory system.

Key words: microcirculatory system of skin, demonstration materials.

В. В. Бочарова, доктор медичних наук; М. О. Кушнір, Д. Е. Педченко. Мікроциркуляторна система шкіри (демонстраційні матеріали студентів і молодих вчених) / Одеський національний медичний університет, Україна, Одеса

Предмет дослідження – будова мікроциркуляторного русла шкіри. Мета роботи – надати демонстраційні матеріали студентів

та молодих вчених мікроциркуляторної системи шкіри. Навіть у сучасній науковій літературі є багато протиріч щодо взаємозв'язків структурних компонентів, що утворюють мікроциркуляторне русло шкіри, що й диктує необхідність подальших досліджень стосовно зв'язків різних кровоносних судин шкіри з іншими її компонентами, які входять у так звану мікроциркуляторну систему шкіри.

Ключові слова: мікроциркуляторна система шкіри, демонстраційні матеріали.

Ведение. Одним из важнейших структурно-функциональных комплексов, реализующих процессы обмена и транспорта жидкостей в тканях кожи, а следовательно и биоэнергетические процессы, является ее микроциркуляторное русло. Как для практикующего врача, так и для исследователя проблем различных поражений кожи, необходимым является четкое терминологическое оперирование задействованных в процессах микроциркуляции структур и реакций, их взаимосвязей и наглядное представление в виде рисунков соответствующих структур.

Материалы к проблеме. Под термином «микроциркуляторное русло» (МЦР) кожи подразумевают составную часть общей системы микроциркуляции, обеспечивающей совокупность процессов, происходящих в тканях между их клетками, тканевой жидкостью, которая их омывает и кровью, протекающей в сосудах этих тканей, а следовательно в МЦР входят:

- 1) пути транспорта веществ вне сосудов;
- 2) щели – между клетками и различными тканями;
- 3) вещество (экстрацеллюлярный матрикс – ЭЦМ), окружающее наиболее тесно связанные с тканями и потому – главное звено МЦР – капилляры;

4) капилляры по праву рассматривают как собственно составную часть органа и для кожи является важным то, что в её эпидермисе их нет (как и в некоторых других «бескапиллярных» структурах организма – слизистых оболочках, эмали и дентине зубов, эндокарде клапанов сердца, внутренних средах и роговице глазного яблока).

Термин МЦР в науке сформирован был спустя 300 лет после открытия сосудов М. Мальпиги и А.ван Левенгуком. Примечательно, что в дерматологии ростковые слои эпидермиса и обозначают как «мальпигиевый слой» (хотя именно этот «ростковый» слой эпидермиса не содержит сосудов). На рисунках 1 и 2 и в дальнейшем, представлены материалы, сформированные студентами научного общества кафедры, для демонстрации сущности рассматриваемой проблемы (подписи – на языке оригинала).



Рисунок 1/ Сосуды дермы и гиподермы

В терминологическом плане принципиально важно учитывать, что звено, связывающее артерии и вены правильно обозначать не

«капиллярное русло», а «микроциркуляторное», так как оно на самом деле состоит из различных звеньев (структур) тесно взаимосвязанных между собой. На рис. 2 представлен эндотелий и базальная мембрана капилляров, на рис. 3 – т. н. «капиллярное русло», рис. 4 – виды капилляров.

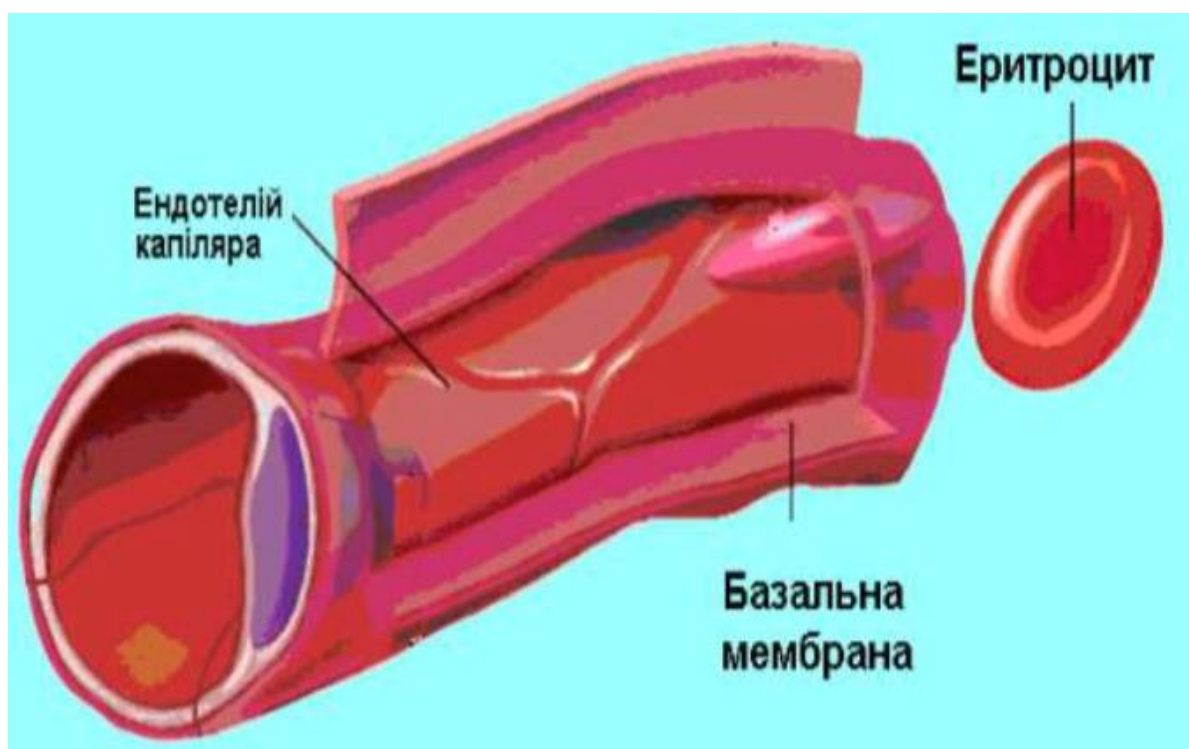


Рисунок 2. Эндотелий и базальная мембрана капилляра

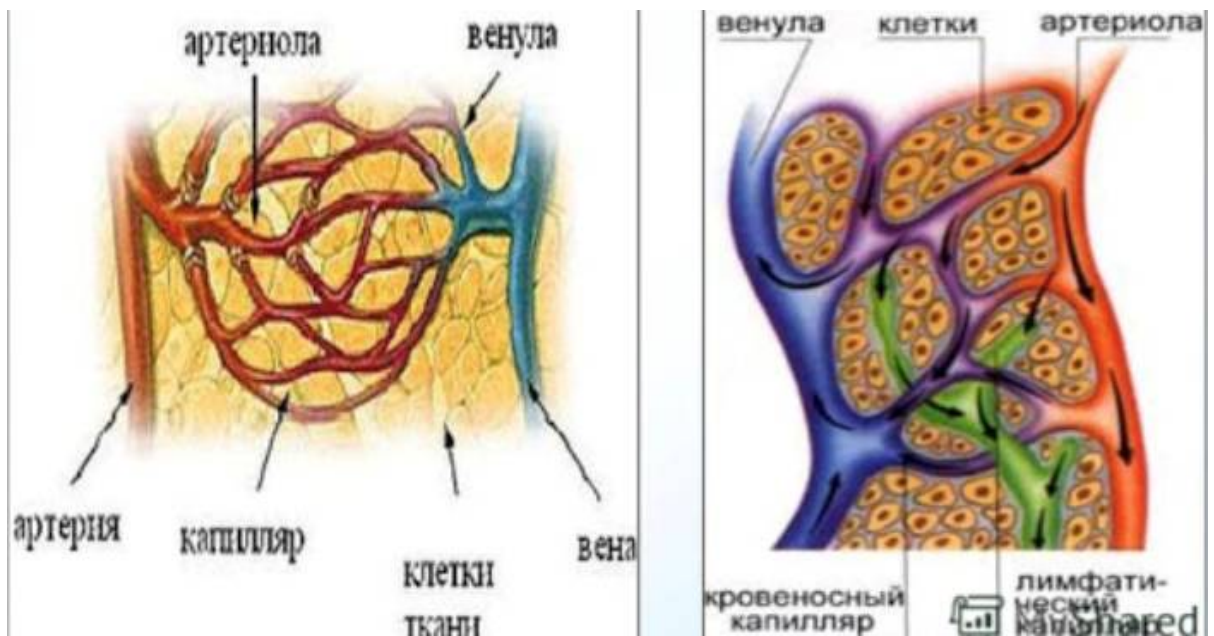
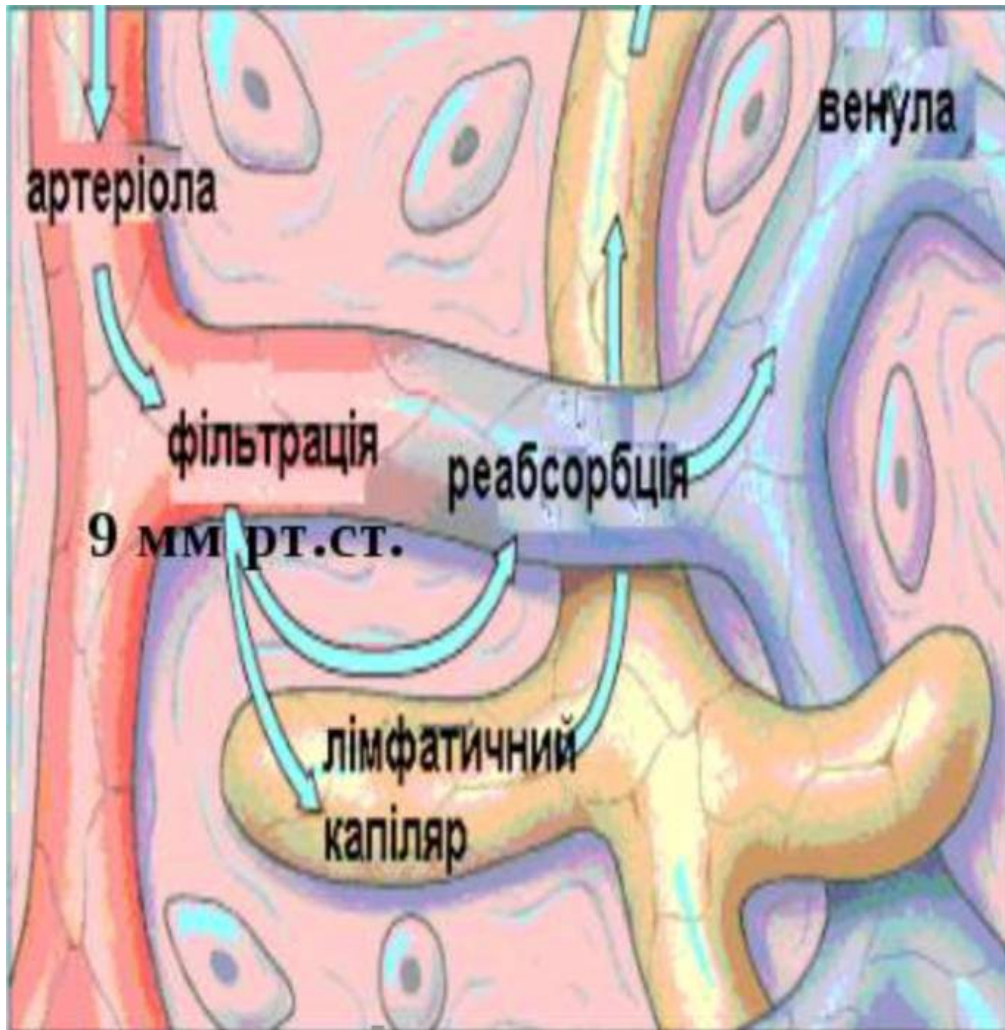


Рисунок 3. Капиллярное русло

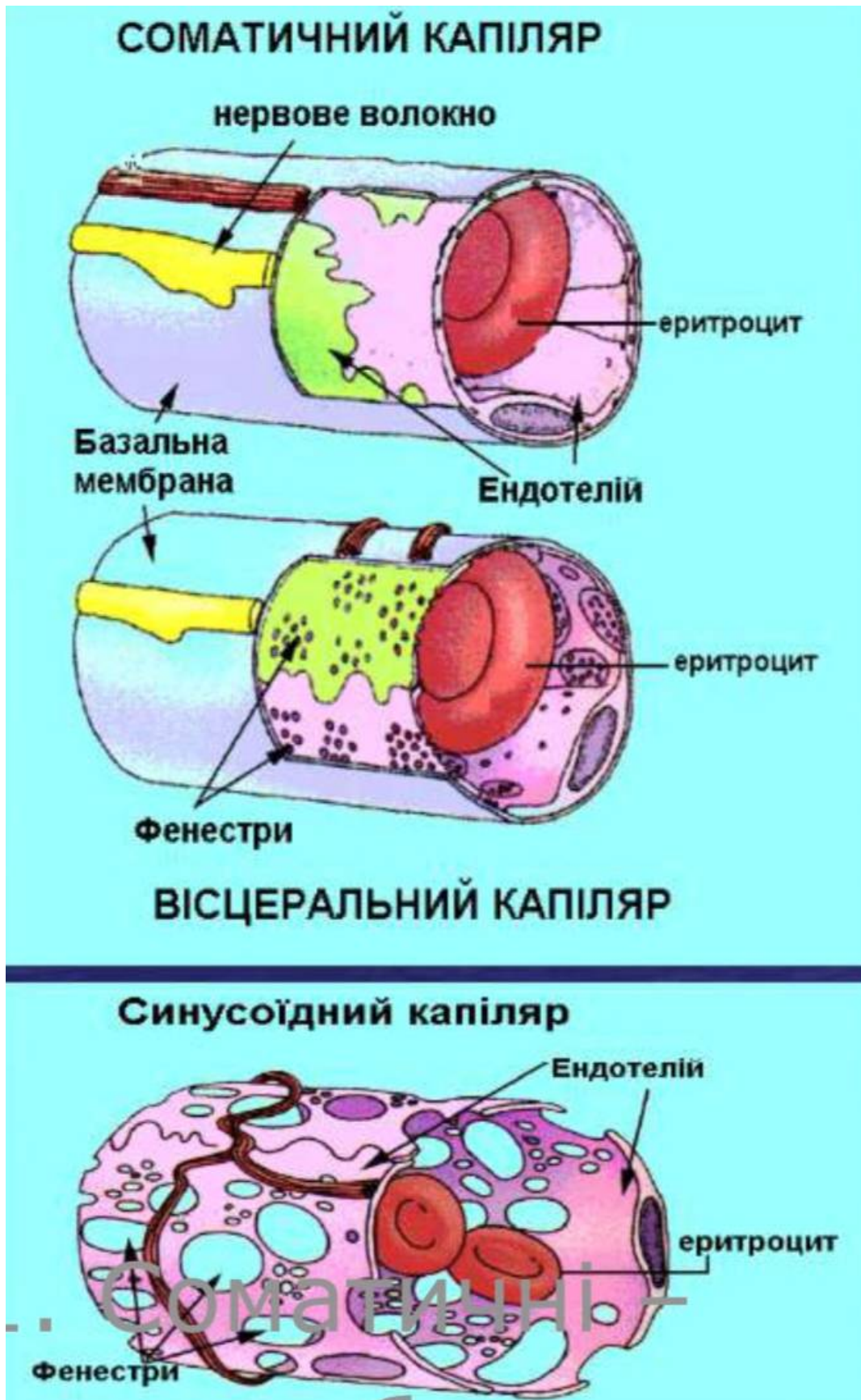


Рисунок 4. Види капілярів

Следует обратить внимание на то, что имеется как минимум 7 различных звеньев МЦР, причем «подназвания» многих из них имеют и «образное» значение, тем не менее позволяющее более четко представлять функцию той или иной структуры: например, «краны» (артериолы); «сфинктеры»; «трубки» (капилляры) без сократимых элементов; «сети»; «лакуны»; «клапаны» (мышечные); «шунты и полушунты» (роль анастомозов); «муфты» (миоциты капилляров); «прокладки» (эпителиоидные клетки); «конусы» (внутриорганные сосуды); «стволы» (артериолярные); «шпилька» (капилляр в сосочке дермы в форме петли); «бранша» (вид капилляра в вершине сосочка дермы) и т.д.

К звеньям МЦР относятся:

1) «Входящее» звено – артериолы, которые образно обозначают как «краны» сосудистой системы, поскольку именно они регулируют поступление крови в кожу и обеспечивается это благодаря наличию в их средней оболочке одного слоя миоцитов, осуществляющих сокращение стенки артериол.

2) «Распределяющим» звеном являются прекапилляры, в которых миоциты уже находятся на расстоянии и стенка уже не содержит эластических волокон, они скапливаются только в местах отхождения (под прямым углом) прекапилляров от артериол, выполняя роль сфинктеров для распределения крови между отдельными капиллярными частями; такое строение стенки прекапилляров позволяет так же происходить процессам обмена веществ между кровью и дермой (первый обменный процесс).

3) Капилляры – наиболее тонкостенное звено, представляющее собой трубки из эндотелиоцитов без сократимых элементов с преимущественно прямолинейным ходом, не имеющие боковых ветвей, то есть, «не ветвящиеся», а «разделяющиеся» (!!!) на

новые капилляры, а затем – соединяющиеся между собой, образуя «сети» из капилляров, форма, пространственная организация, густота и размеры которых зависят от органа в котором они расплетаются (от 2 до 40 мкм), наиболее широкие из них образно называют «лакуны» (в пещеристых телах половых органов).

Капилляры также классифицируют в зависимости от степени наполнения кровью: «открытые» (функционирующие), «полуоткрытые» (содержат только плазму); «закрытые» (резервные) и соотношение этих их видов зависит от функционального состояния органа. Возможны процессы как полной их редукции, так и их новообразования (что имеет значение и для розацеа). Хотя условно и выделяют артериальные и венозные отделы капилляров, но морфологических отличий между ними практически нет.

4) Собственно первым венозным звеном являются посткапилляры, образующиеся от вышеописанного слияния капилляров с увеличением диаметра (больше чем у капилляров), но пока ещё с отсутствием миоцитов в стенке.

5) Миоциты в стенке присутствуют уже в венулах, диаметр которых достигает 50 мкм, которые (как и артериолы) связаны анастомозами между собой и более крупными венами, образуя свои сложные сети; в них имеется много (недавно открытых) регуляторных приспособлений (мышечные сфинктеры и клапаны).

6) Анастомозы артериовенозные типичные – напрямую соединяющие артерии и вены (диаметр анастомоза в 10 раз больше капилляра). Кстати, именно в коже и ногтевом ложе (то есть в придатке кожи) их впервые и выявил французский анатом Сюзэ в 1862 году. В настоящее время их рекомендуют терминалогически обозначать как артериоло-венулярные и рассматривать как постоянные образования, играющие роль шунтов – с функцией «сбрасывания» крови в венозное

русло в обход капилляров, чтобы «разгрузить» капиллярное русло и «выровнять» общий баланс проходящей крови через «необходимые» участки органа (кожи), это так называемый юкс-капиллярный кровоток (более быстрый) в обход транс-капиллярного.

7) Кроме типичных имеются и «нетипичные» анастомозы так называемые полушунты, по которым смешанная кровь поступает в венозное русло.

Основными функциями анастомозов являются «резервуарная» (так как они извилисты и сливаются), а также «регуляторная».

МЦР могут быть с постоянным и перемежающимся кровотоками, причем «запирательными» механизмами в последних могут быть «муфты» (эту роль выполняют миоциты) или «прокладки» (эту роль выполняют способные к набуханию эпителиальной клетки).

Рассмотренные 7 сосудистых компонентов русла микроциркуляции – главная (составная) часть этой системы, которая тем не менее является более сложной (многоканальной) со своими «входами» и «выходами», а так же с параллельно расположенными элементами и она имеет пространственную упорядоченность связанную с конструкцией органа. В отношении кожи и слизистых оболочек (как плоскостных образований) сосудистые сети имеют двухмерную организацию (в отличие от полых – имеющих многоярусные конструкции и паренхиматозных – с трехмерно-пространственной организацией). Соотношение артериальных и венозных компонентов в русле у разных органов разное, что не всегда поддается функциональному интерпретированию.

Анастомозы способны быстро как «замыкаться», так и «размыкаться», что имеет важное гемодинамическое значение – кровоток в нем за единицу времени в норме в 10 тысяч раз больше чем в капиллярах (это «закон Пуазеля»: 1) диаметр анастомоза в 10

раз больше диаметра капилляра; 2) то есть, кровотоков 10^4 (10 000); 3) то есть, в отношении продвижения крови 1 анастомоз = 10 тысячам капилляров. Важным может оказаться эмбриональный аспект

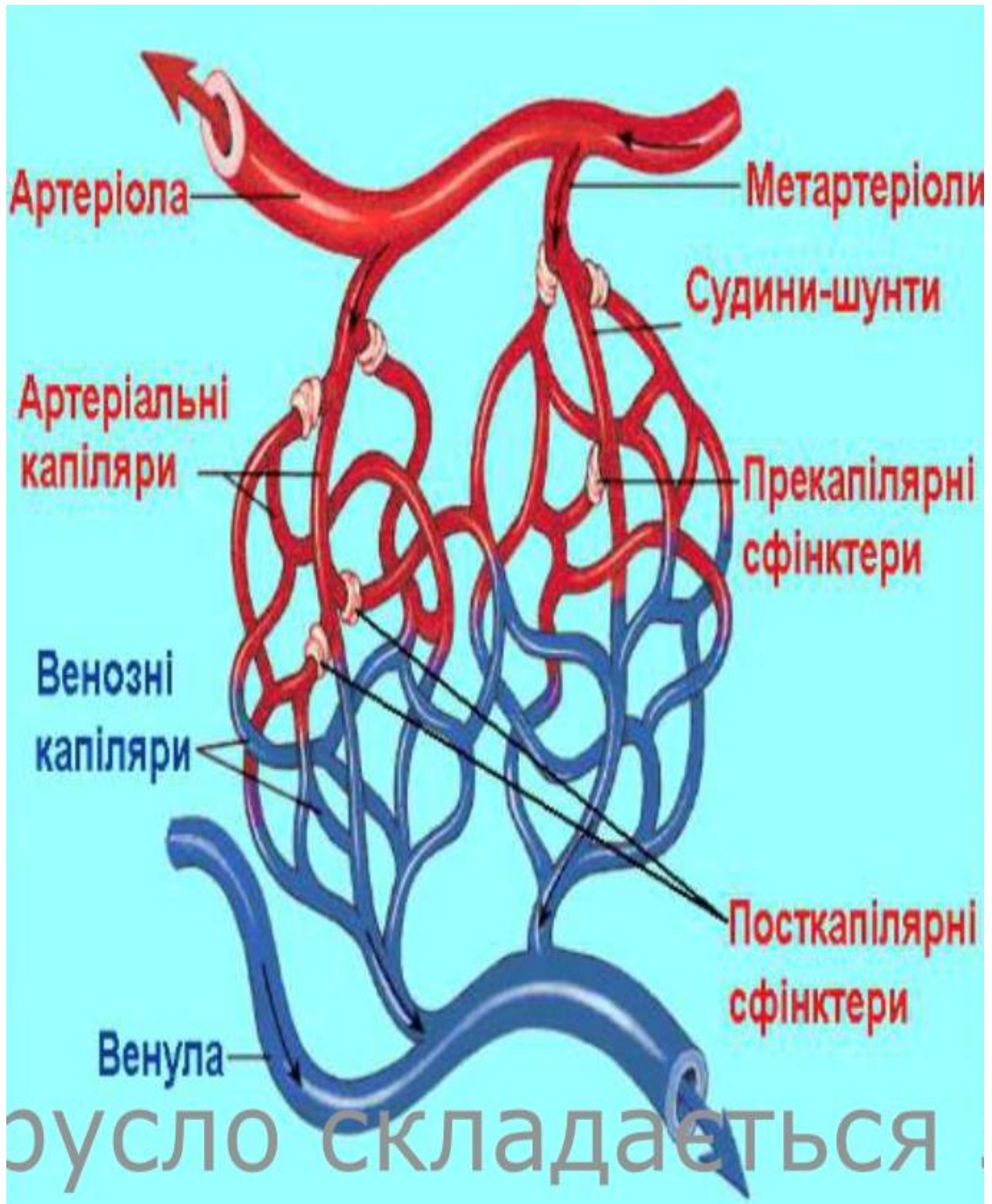


Рисунок 5. Звенья МЦР

значения анастомозов – так как они появляются во второй половине внутриутробного периода для смешения артериальной и венозной крови; в постнатальном – могут как новообразовываться, так и редуцировать. Обычно новообразование происходит при некоторых патологических состояниях (как эмфизема и другие), когда затрудняется транскапиллярный кровоток. В этом плане следует исследовать эмбриональные аспекты развития розацеа и других дерматозов. На рисунках 5 и 6 представлены звенья МЦР и гемодинамика в нем.

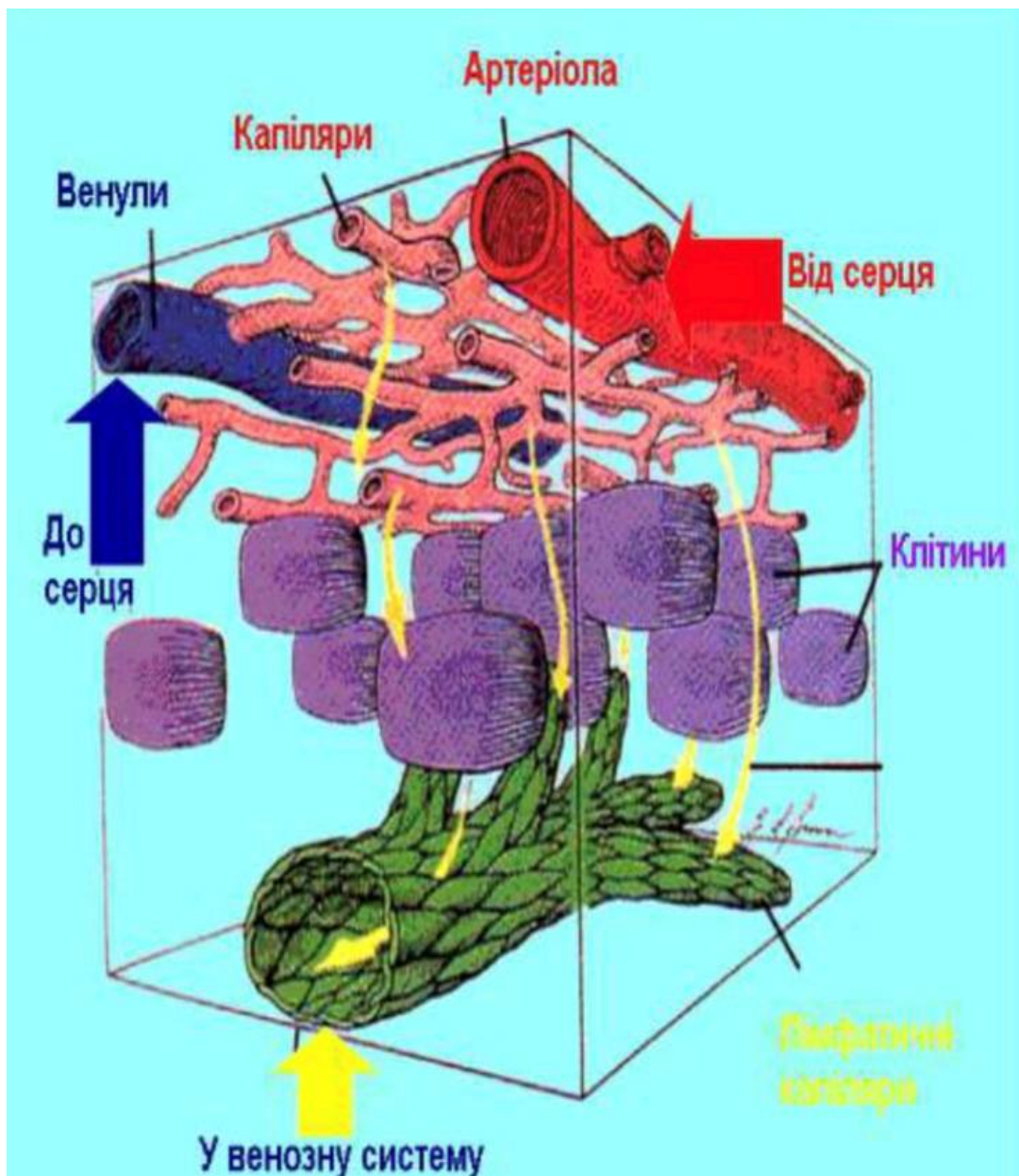


Рисунок 6. Гемодинамика в МЦР

В отношении «входа» в МЦР следует ориентироваться на рекомендации всемирного конгресса анатомов (1970) в соответствии с которыми элементами такого «входа» являются «внутриорганные» сосуды – это конусы (ветвистые), которые суживаются входя в орган и регулируют «приток» и «распределение» крови в нем. В дальнейшем от «материнской» артериолы под прямым углом отходят ветви I^{го} порядка, которые втрое меньше материнской и их называют «стволовые» артериоллярные, они отделяют от себя прекапилляры – (артериоллярные); от них образуются 2-3 капилляра, которые и образуют капиллярную сеть с последующим соединением с посткапилляром (венулярный) и венулой (один из «выходов» с МЦР).

Но кроме «кровеносно-сосудистого» компонента в МЦР входят «лимфососудистые», соединительнотканые элементы, специфические для органа клетки, нервные окончания. Весь этот комплекс объединяют в так называемую «МЦР-единицу»; из таких «единиц» формируются «МЦР-системы кожи» (I^{го} и II^{го} порядка). Применительно к коже (как к органу) чаще рассматривают сосуды дермы (рис. 1), которые образуются из артериальных сосудов, проникающих из гиподермы, где они в свою очередь идут параллельно поверхности кожи, а заходя в нее, образуют не только кожные сплетения, но и дают разветвления для волосяных фолликулов, сальных и потовых желез. Именно здесь имеются немногочисленные капиллярные «сплетения» сетчатого слоя (в котором – много артериовенозных анастомозов).

Проникшие из гиподермы в дерму артериолы называют «резистивными», так как у них две основные задачи – регуляция объема кожного кровотока и поддержание уровня систолического артериального давления. На границе гиподермы и сетчатого слоя они

образуют глубокую сеть, а в сосочковом - - параллельную ей сосудистую сеть.

В терминологическом отношении применительно к МЦР следует учитывать также такие обстоятельства:

1) прекапилляры также называют «мезартериолы», «терминальные артериолы», и они имеются в подсосочковом слое, где на границе с устьем капилляра они снабжены одиночным гладкомышечным волокном, которое и выполняет роль «сфинктера прекапиллярного», который при сокращении прекращает поступление крови в капилляры **НЕСКОЛЬКИХ СОСОЧКОВ (!!!)**, так как один прекапилляр приходится на несколько сосочков;

2) термин «*capillaris*» и переводится с латинского как «волосистой», и в каждом сосочке он выглядит как шпилькообразная петля, которая артериальной «браншей» достигает вершины сосочка и переходит в посткапиллярные участки венул – именно поэтому терминологически эти капилляры еще называют «обменные сосуды», так как здесь осуществляется транскапиллярный обмен, причем все (!!!) компоненты их стенки специфически адаптированы к выполнению их функций, основной из которых является «реактивность» – своеобразное и адекватное изменение деятельности этих компонентов при внешнем воздействии;

3) анастомозы терминологически еще называют «глонусы», и это одна из особенностей МЦР кожи (!!!); Наличие «шунтирующих» сосудов, в том числе – и анастомозов, состоит в том, что кровь, минуя капилляры, поступает в венозный отдел через эти сосуды только при открывании сфинктера, а в обычном состоянии они находятся в закрытом виде, и «срабатывают» они в норме тогда, если температура внешней среды превышает +35°C или снижается ниже +15°C (что может иметь значение при розацеа и других дерматозах);

4) к другим компонентам МЦР (в том числе, кожи), которые играют свою роль в его функционировании, относятся: а) экстравазальная жидкость; б) интерстициальное пространство, заполненное гелеподобным веществом (по образному сравнению О. Хентера – «кусочек сахара в стакане чая»), и чем больше оно смешано с водой, тем выше тургор кожи;

5) функцию транспорта резорбтивного материала (гормонов, липидов, клеточных элементов и др.) обратно в кровь выполняют т. н. РЕЗОРБТИВНЫЕ СОСУДЫ («клапанные» посткапилляры и «бесклапанные» лимфатические капилляры), а кроме этого данные сосуды выполняют и дренажную функцию, отводя из интерстициального пространства избыточную жидкость и белок;

6) из-за того, что формирование МЦР (особенно – капилляров) происходит постепенно («зрелым» МЦР становится к 15 годам) это влияет на отличие капиллярных петель и в коже лица – посткапиллярные венулы сосочков отличаются тем, что они: а) короткие; б) расположены более горизонтально; в) изгибаются под прямым углом; г) их диаметр непостоянен. Средний радиус такого капилляра примерно 4 мкм, площадь – примерно 30 мкм² (и она не изменена по всей его длине). Такие капилляры переходят в венулы («собираательные» или «мышечные») или в вены (мелкие). Все эти виды вен обозначают термином «аккумулирующие сосуды», выполняющие «депонирующую» функцию (в норме более 70% крови находится в них - !!!).

Венулы вносят вклад и в посткапиллярную «резистивную» функцию, хотя они, в сравнении с артериолами, имеют менее выраженный мышечный слой и меньшую иннервацию. В целом вены в коже образуют три сети (сплетения), выполняющие свои функции (сборание крови):

1) подсосочковое венозное сплетение – сборание крови от:

- сосочкового слоя;
- сальных желез;
- корней волосяных фолликулов;

2) глубокое венозное сплетение (между дермой и гиподермой) – сборание крови от:

- подсосочкового сплетения;
- потовых желез;
- жировых долек;

3) «фасциальное» венозное сплетение – сборание крови от:

- глубокого венозного сплетения;
- от него отходят более крупные стволы.

Выводы. Изучение взаимосвязей всех компонентов МЦР кожи и роли их нарушений при розацеа является перспективным направлением научных исследований, в том числе студентов СНО и молодых ученых. Актуальным является и создание новых типов демонстрационных материалов всех компонентов микроциркуляторной системы кожи.

Литература:

1. Анохин П. К. *Узловые вопросы теории функциональных систем*. Москва: Наука, 1980. 197 с.
2. Судаков К. В. *Теория системогенеза*. Москва: Горизонт, 1997. 567 с.
3. Харди Р. *Гомеостаз*; Пер с англ. А. М. Алпатова. Москва: Мир, 1986. 80 с.
4. Gay W.-R., Gay B. *Color Atlas of Physiology*. Stuttgart. New York, 1984. 156 p.
5. Misery L. Neuro-immuno-cutaneous system (NICS). *Pathol. Biol.* 1996. V. 44 (10). P. 867-874.

6. Slominski A., Wortsman J. Neuroendocrinology of the skin. *Endocrine Rew.* 2000. V. 21. P. 457-487.

References:

1 Anohin, P.K. (1980). *Uzlovye voprosy teorii funkcional'nyh system* [Nodal questions of the theory of functional systems]. Moskva: Nauka. [in Russian]

2. Sudakov, K.V. (1997). *Teorija sistemogeneza* [Theory of systemogenesis]. Moskva: Gorizont. [in Russian].

3. Hardi, R. (1986). *Gomeostaz* [Homeostasis], translated by Alpatov, A.M., Moskva: Mir. [in Russian].

4. Gay, W.-R. and Gay, B. (1984). *Color Atlas of Physiology*. Stuttgart. New York.

5. Misery, L. (1996). Neuro-immuno-cutaneous system (NICS). *Pathol. Biol.*, 44(10), 867-874.

6. Slominski, A. and Wortsman, J. (2000). Neuroendocrinology of the skin. *Endocrine Rew.*, 21, 457-487.

Citation: Veronika V. Bocharova, Mariia A. Kushnir, Daria E. Pedchenko (2020). MICROCIRCULATORY SYSTEM OF THE SKIN (DEMONSTRATION MATERIALS OF STUDENTS AND YOUNG SCIENTISTS). Frankfurt. TK Meganom LLC. Bioenergetics in Medicine and Biology. 1(4). doi: 10.26886/2616-552X.1(4)2020.2

Copyright Veronika V. Bocharova, Mariia A. Kushnir, Daria E. Pedchenko ©. 2020. This is an openaccess article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution License (CC BY). The use, distribution or reproduction in other forums is permitted, provided the original author(s) or licensor are credited and that the original publication in this journal is cited, in accordance with accepted academic practice. No use, distribution or reproduction is permitted which does not comply with these terms.