

Современные представления о морфофункциональной организации гемомикроциркуляторного русла в надпочечниках

¹ *Кафедра анатомии человека Первого Московского государственного медицинского университета им. И. М. Сеченова*

² *Кафедра хирургии Государственного института усовершенствования врачей Министерства обороны РФ*
e-mail: Milyucov@mail.ru

Реферат

Структура каждого органа соответствует выполняемым им функциям в системе целого сложного организма. Клетки как составные тканевые элементы различных органов в процессе жизнедеятельности непосредственно связаны с капиллярами микроциркуляторного русла. Капилляры, в соответствии с этим, несут в себе отражение морфологических признаков органной специализации на фоне общей универсальности организации системы микроциркуляции. При описании терминального отдела кровеносного русла надпочечников человека и животных большинство авторов исходят из общепринятых положений учения о системе микроциркуляции. При этом отмечается ряд свойственных для надпочечников анатомических и гистоструктурных особенностей строения терминального отдела гемомикроциркуляторного русла (функционального сосудистого модуля) в виде трехмерной пространственной капиллярной сети, что говорит об органоспецифичности этого компонента системы гемокрикуляции в надпочечниках. Изменения в организации гемомикроциркуляторного русла непосредственно связаны с любыми морфофункциональными преобразованиями в надпочечниках, отображая механизмы адаптации и компенсации. Остается высокой потребность исследований, которые давали бы достаточно полное представление о структурно-функциональных свойствах интраорганных кровеносных сосудов, морфологических условиях регуляции кровотока при различных заболеваниях человека в динамике их развития.

Ключевые слова: микроциркуляция, гемомикроциркуляторное русло, надпочечники.

Milyukov V. E. ^{1,2}, Bogdanov A. V. ²

Modern conceptions of the morphofunctional organization of hemomicrocirculation channels in the adrenal glands

¹ *Department of human anatomy, The Moscow medical academy of I. M. Sechenova, Russia*

² *Department of Surgery, State Postgraduate Medical Institute of the Ministry of Defence of the Russian Federation, Moscow*
e-mail: Milyucov@mail.ru

Abstract

The structure of each body corresponds to her function in the whole complex organism. Cell as a constituent tissue elements of the various bodies in the process of life is directly related to the capillary microcirculation. Capillaries, in accordance with this, carry a reflection of the morphological features of organ specialization in the background of the general universality of the microcirculation. In describing the terminal part of the bloodstream adrenal glands of humans and animals, most authors proceed from the common provisions of the doctrine of the microcirculation system. In this case, there is some inherent to the adrenal glands and the anatomical features of the structure of the terminal part of hemomicrocirculation channel (vascular functional unit) in the form of three-dimensional capillary network, suggesting organospecificity of this component of blood circulation in the adrenal glands. Thus, it is obvious that every organ as well as its components have their own specific morphological structure, and therefore individual features of the structure of its functional elements.

Keywords: microvasculature, microcirculation, the adrenal glands.

Для существования живого организма необходимы постоянно действующие системы циркуляции жидкостей, по которым в теле человека и животного распространяются средства питания и выносятся отработанные продукты. «Циркуляция — неперемное условие обмена веществ и, следовательно, самой жизни» [11].

Утвердившееся со времен М. Мальпиги деление кровеносной системы на артериальное, венозное и капиллярное русло уже давно перестает удовлетворять требованиям биологической науки. В ходе исследований на системном уровне к концу 80-х гг. в микроциркуляторном русле выделяют три отдела: кровеносный, лимфатический и интерстициальный,

связывающий кровеносное и лимфатическое звенья. А фундаментальная роль, которую играют процессы транспорта биологических жидкостей, выдвигают микроциркуляцию на одно из ведущих мест среди актуальных проблем медицины.

В ходе многочисленных исследований последних десятилетий установлено, что именно периферическое кровообращение обеспечивает основу нормальной жизнедеятельности отдельных органов и систем полноценное функционирование их клеточных элементов. Так, были вскрыты общие закономерности строения микроциркуляторного русла [11, 53], выявлены видовые и органнне различия структурных и функциональных параметров системы микроциркуляции [2, 11].

В настоящее время к основным структурным образованиям кровеносного микроциркуляторного русла (МЦР) относят — артериолу, прекапиллярную артериолу (прекапилляр), капилляр, посткапиллярную венулу (посткапилляр), венулу [49].

Исследованиями В. В. Куприянова, Я. Л. Караганова, В. И. Козлова (1975) доказано, что микроциркуляторный кровоток может быть разделен на трансапикалярный, определяющий обмен веществ в органе, и внекапиллярный — через артериоло-венулярные анастомозы. Последние рассматриваются как важнейшие морфологические образования, обеспечивающие условия регуляции гемодинамического равновесия и представляющие собой путь укороченного кровотока, предназначенный для сброса артериальной крови в венозное русло, минуя капикалярную сеть.

Каждый орган имеет свою, только ему присущую систему микроциркуляции, тесно связанную с конструкцией органов, строением их структурно-функциональных единиц [8, 11]. При этом каждое из звеньев структуры путей микроциркуляции крови имеет свои морфологические особенности и выполняет только ему присущие специфические функции.

Вместе с тем, исходя из принципа доминирующей функции, большинство авторов в МЦР крови выделяют звено притока и распределения, к которому относятся артериолы и прекапилляры, звено обмена, представленное капикалярами, и, наконец, дренажно-депонирующее звено, состоящее из посткапилляров и венул [11]. Таким образом, в реакциях обмена веществ главная роль принадлежит кровеносным капикалярам. Трансапикалярный кровоток — обязательное и единственное средство удовлетворения нужд тканевого и органного метаболизма. Построение МЦР обусловлено особенностями строения органов, их сосуществование и «сотрудничество» проявляются морфологически очень тесно. Изменение функционального состояния органа способно менять и его ангиоархитектонику, а вместе с ней и гемодинамические условия микроциркуляции.

Эти изменения в целом призваны обеспечить полноценную работу сосудистой системы и восстановление организма в условиях постоянно меняющейся активности его органов и систем. В результате непрерывного приспособления в МЦР динамично

меняются плотность сосудистых сетей, мозаика капикаляров, артериол и венул, композиция сосудистых стенок. Капикаляры, являющиеся главным звеном нутритивного кровотока, из всех звеньев микроциркуляторного русла, как и следовало ожидать, в наибольшей степени отличаются лабильностью кровотока [11]. Именно на этом участке терминального отдела сосудистого русла происходит основной обмен между кровью и паренхимой органов [13].

Многими современными исследователями, как и учеными прошлого, доказано, что надпочечники являются функционально важным органом человека, имеющим большое значение в жизнедеятельности организма [5, 6, 13, 15, 19, 20]. Они характеризуются особенностью строения кровеносных сосудов, что связано с их функцией [15]. Для понимания гистологии секреторных элементов надпочечных желез важно правильно представлять строение терминального отдела сосудистого русла этого сложно устроенного органа [15]. Ф. П. Маркизов (1963) в связи с этим отмечал, что изучение формы ветвления сосудов внутри органа позволяет в определенной мере судить не только об интенсивности васкуляризации органа, но и оценить уровень обмена веществ в нем.

При описании терминального отдела кровеносного русла надпочечников человека и животных авторы исходят из общепринятых положений учения о микроциркуляторной части кровеносных путей [11]. При этом в анатомии и гистоструктуре микрососудов надпочечников отмечены характерные только для них особенности, которые объясняются не только органоспецифичностью взаимоотношения и строения компонентов микроциркуляторного русла, но и особенностями онтогенеза этих желез [1, 5, 19, 20].

Формирование надпочечников во внутриутробном периоде происходит из различных зачатков [5, 15, 19] — из целомического эпителия (корковое вещество) и из эмбриональных клеток симпатического ствола (мозговое вещество) [5, 19, 20]. Возможно, что возникновение в ходе онтогенеза топографической близости кортикальных и хромоаффинных клеток, имеющих единую сосудистую систему, позволяет реализовать необходимое взаимодействие гуморальным путем. Как отмечает Г. А. Ткачева (1971), для «реализации эффекта АКТГ в отношении коры надпочечника необходимо наличие мозгового вещества».

Надпочечники имеют постоянное и интенсивное кровоснабжение [5, 9, 15]. Общая численность артерий, кровоснабжающих надпочечники, может достигать 25–50 сосудов [5, 15, 18]. При этом артериальные сосуды отличаются большой вариабельностью как по количеству, местам их отхождения от крупных артериальных стволов, так и местам впадения в надпочечники [15, 18]. Наиболее часто они формируют три основные группы артерий: верхнюю, среднюю и нижнюю, исходящих, соответственно, из нижней диафрагмальной артерии, аорты и почечной артерии [5, 15, 16, 18, 19]. Также большое значение, по мнению М. Р. Сапина (1974), имеет добавочная группа артерий. Схема распределения внутриорганных кровеносных сосудов, предложенная J. Arnold (1866),

по мнению М. Р. Сапина (1974), во многом актуальна и сегодня.

Три зоны коркового вещества и паренхима мозгового вещества надпочечников кровоснабжаются различными артериальными сосудами, но имеют общий венозный отток [15]. Многие авторы отмечают различный характер ветвлений надпочечных артерий как вне органа, так и в его капсуле. Н. А. Чичинадзе (1966) определяет присутствие магистрального и рассыпного типов ветвления надпочечных артерий в корковом веществе, диаметр их составляет от 0,03 до 0,1 мм. Часть артерий, проникая в капсулу надпочечника дихотомически, делится на артериолы, разветвляющиеся в ней или на поверхности коркового вещества. Артериолы разветвляются на прекапилляры и капилляры в различных слоях коры надпочечников. Другие артериолы, имея диаметр до 0,1 мм, проникают внутрь органа и разветвляются на капилляры только в мозговом веществе. Последние проходят вдоль тяжей адренокортикоцитов, составляющих паренхиму коркового вещества. При этом мозговое вещество надпочечных желез получает кровь как из капилляров коркового вещества, так и через тонкие артериальные ветви, исходящие из его капсулы и проходящие, как отмечал еще А. А. Достоевский (1884), в соединительнотканых пучках, ответвляющихся от внутренней поверхности капсулы. Исследования G. Liebegott (1944) и M. Clara (1952) показывают, что между клетками паренхимы, внутри клеточных групп, как правило, нет даже тонких соединительнотканых волокон. В местах отхождения артериол и капилляров в стенке сосудов видны сгущения мышечной ткани [11]. В то же время Е. И. Атаманчук (1964) указывал, что надпочечные артерии ветвятся только по магистральному типу.

Капилляры в надпочечниках составляют единую капиллярную сеть коркового и мозгового вещества. Так, капилляр, начинаясь артериальным концом от артериолы подкапсулярной области или в поверхностных слоях клубочковой зоны, заканчивается венозным концом в синусоиде мозгового вещества надпочечника [15]. Артериальный конец капилляра имеет узкий просвет, выстланный утолщенными эндотелиоцитами, венозный — широкий просвет, покрытый истонченными эндотелиоцитами [21]. Основные капилляры в корковом веществе располагаются радиально между клетками железы в слабо выраженном соединительнотканном каркасе, практически являясь его составляющим элементом. Капилляры коркового вещества имеют диаметр от 0,005 до 0,025 мм. В разных зонах коркового вещества строение микроциркуляторного русла имеет свои особенности. Сосуды гемомикроциркуляторного русла соединяются поперечными и косыми анастомозами, они образуют трехмерную пространственную капиллярную сеть, структура которой, таким образом, соответствует конструкции стромы и паренхимы надпочечников [16].

В клубочковой зоне поперечные и косые анастомозы капилляров, окружая группы клеток, образуют петли небольших размеров. По данным М. Р. Сапина (1974), эти петли имеют размеры от $0,03 \times 0,045$ до

$0,045 \times 0,1$ мм. Клубочковая зона коркового вещества человека состоит из различных по форме и величине клеточных групп, включающих 5–6 округлых, овальных или полигональных по форме клеток [19]. Эти клетки имеют ядра зубчатой формы, гомогенную цитоплазму и немногочисленные небольшие липидные включения.

У собак клетки этой зоны имеют преимущественно призматическую форму. В клубочковой зоне надпочечников этих животных петли имеют округлую или полигональную форму. Соединяясь друг с другом при помощи многочисленных поперечных и косых соединений, они образуют густую трехмерную капиллярную сеть коркового вещества. В то же время в клубочковой зоне надпочечников крыс отмечается плотное расположение клеток, тяжи которых состоят из одного ряда клеток с четкими границами, разделенными капиллярами.

В пучковой зоне коры надпочечников человека основные капилляры проходят радиарно и формируют удлиненные, овальной формы петли большего размера, чем в клубочковой и сетчатой зоне [15]. При этом клетки пучковой зоны имеют значительно больший размер, чем клетки клубочковой и сетчатой зон. Адренокортикоциты наружной части пучковой зоны крупнее, чем в других зонах, часто их размер в 2–3 раза больше, чем в клубочковой зоне. Цитоплазма адренокортикоцитов пучковой зоны вакуолизирована, бедна РНК, но дает интенсивные реакции на липиды, холестерин, находящийся в жидком состоянии, и аскорбиновую кислоту [5, 13, 16]. Диаметр капилляров также несколько больше, чем в других зонах [15].

В пучковой зоне коркового вещества крыс видны прямые радиально направленные тяжи, ориентированные перпендикулярно к поверхности железы, толщиной в 1–2 клетки. Клетки имеют светлую цитоплазму, шаровидную форму и четкие границы. Они также крупнее, чем в клубочковой зоне. Между тяжами четко просматриваются капилляры [20, 25].

У собак клетки крупные, напоминают многогранные, ядра большие, круглые, светлые, цитоплазма сильно вакуолизирована, напоминая спонгициты. Они образуют довольно прямые радиальные тяжи, между которыми проходят прямые капилляры [6].

У человека капиллярная сеть сетчатой зоны коркового вещества развита значительно интенсивнее предыдущих зон. Она представляет собой мелкопетлистую сеть от $0,03 \times 0,03$ до $0,045 \times 0,045$ мм, с петлями округлой или овальной формы, которые меньше, чем в клубочковой зоне [15]. В одной соединительнотканной ячейке, окруженной капиллярами, может находиться от одной до нескольких клеток с ацидофильной мелкозернистой цитоплазмой и значительным содержанием в ней капелек жира [15].

В сетчатой зоне коркового вещества надпочечников крыс видны клеточные тяжи, разделенные капиллярами, идущими в различных направлениях и анастомозирующими друг с другом. Клетки сетчатой зоны надпочечников у собак также образуют тяжи, идущие в различных направлениях. Они меньше в

размерах, чем клетки клубочковой и пучковой зон [6].

Попадая в мозговое вещество, капилляры сетчатой зоны надпочечников человека становятся шире. Принимая форму синусоидов, они, сливаясь, образуют венулы, диаметром в 2–5 раз превосходящие диаметр капилляров коркового вещества. Переход капиллярной сети коркового вещества в синусоиды оказывает определенное биологическое действие на хромаффинные клетки мозгового вещества и его сосуда [24].

В паренхиме мозгового вещества надпочечников крыс также видны скопления клеток и располагающиеся вокруг кровеносные сосуды — синусоиды, диаметр которых значительно превышает диаметр клеток [25].

Часть артериальных ветвей проходит корковое вещество насквозь, проникая вглубь мозгового вещества надпочечников. Эти артерии имеют незначительный диаметр, от 0,03 до 0,105 мм [15], не имеют анастомозов и достаточно далеко отстоят друг от друга. В то же время Е. И. Тараканов (1951) считает, что эти артерии имеют больший диаметр, чем артерии коркового вещества. Система капилляров, образованная одной такой артерией, занимает участок мозгового вещества от его границы с корковым веществом до центральной вены [15, 24]. Само мозговое вещество надпочечников, находясь в центре органа, составляет треть массы коркового вещества. У человека мозговое вещество напоминает пластинку с истонченными краями, максимальная толщина которой, по данным А. М. Хенимского (1963), не превышает 5 мм. Клетки мозгового вещества располагаются внутри ячеек соединительнотканной стромы, волокна которой крепятся к оболочке центральной вены и вплетаются в соединительнотканый остров коркового вещества. В каждой соединительнотканной ячейке насчитывается до 2–6 клеток диаметром по 25–30 мкм. Клетки бывают цилиндрической, кубической или полигональной формы с мелкозернистой протоплазмой и большим светлым ядром. Из-за особенностей окраски гистологических препаратов эти клетки были названы хромаффинными [5, 16, 20]. Таким образом, мозговое вещество надпочечников имеет кровоснабжение из двух разных источников, один из которых может доставлять в мозговое вещество гормоны коры надпочечников [16].

Со стороны ворот надпочечников мозговое вещество дополнительно кровоснабжается из собственных артерий, проникающих вглубь органа, через его ворота, сопровождая центральную вену. Эти артерии являются продолжением ветвей средних, верхних и нижних надпочечных артерий. Проникнув в центральные отделы железы, они также участвуют в формировании капиллярной сети, продолжая древовидно ветвиться, распадаясь на капилляры в мозговом веществе. Постепенно расширяясь, они вливаются в сеть синусоидов, образуя петли округлой, овальной или полигональной формы. Диаметр капилляров мозгового вещества изменяется от 0,015 до 0,03 мм. Эндотелий капилляров не имеет пор и местами отграничен от секреторных клеток лишь

базальной мембраной [13, 15]. При этом артерии мозгового вещества в кровоснабжении коры надпочечника не участвуют [16]. Эти артерии осуществляют кровоснабжение стенок как самой центральной вены, так и наиболее крупных ее притоков за счет формирования развитой капиллярной сети, имеющей штопорообразную форму внутри продольного мышечного слоя [15]. Таким образом, одни и те же артерии формируют разные по строению и задачам капиллярные сети. Это наблюдается также и у собак.

Такое строение трехмерной пространственной капиллярной сети объясняется тем, что петли капилляров оплетают группы адренокортикоцитов, окруженных сетевидным футляром, из коллагановых и нежных аргирофильных волокон, ответвляющихся от глубоких слоев капсулы. Капилляры не проникают внутрь скопления клеток, но каждая клетка одной из сторон прилежит к капилляру [15]. В то же время некоторые авторы отмечают, что не все адренокортикоциты клубочковой зоны контактируют с эндотелием сосудов и лишь плотно соприкасающиеся с ними обладают большей функциональной активностью, чем не контактирующие клетки [17]. Ряд авторов отводят этим неактивным клеткам роль пролиферативных клеток. Они способны мигрировать из наружных отделов коркового вещества во внутренние, изменяя при этом свою функциональную активность в различных зонах коркового вещества [17]. При этом остается не решенным вопрос о роли капсулы в регенерации коркового вещества, по мнению многих авторов, имеющую большое значение в этом процессе [15]. В мозговом веществе капилляры также имеют свои особенности по отношению близости прилегания капилляров к клеткам. По мнению R. Coupland и B. S. Weakley (1970), кровеносные капилляры в мозговом веществе надпочечной железы лежат несколько ближе к хромаффинным клеткам, чем в хромаффинной ткани иной локализации, что способствует более быстрому попаданию гормонов надпочечников в кровь.

В состав стромы коркового вещества входят волокна, обладающие эластичными свойствами, что, по мнению R. Bachmann (1983) и В. Девицкого (1912), обеспечивает зияние капилляров коры надпочечников и способствует улучшению тока крови в них [15]. Эластичные волокна вместе с имеющимися в строме мышечными элементами способствуют более тесному контакту клеток и крови, обеспечивая быстрое выделение гормонов из внутриорганных вен в центральную вену. Тонкие мышечные пучки, их толщина достигает 0,025 мм, ответвляясь от продольного мышечного слоя стенки центральной вены, также проникают между группами клеток с элементами соединительнотканых компонентов в строму мозгового вещества. Функцию этих пучков М. Р. Сапин (1974) видит в воздействии на секреторные клетки, сокращение мышечных пучков способствует выделению из них секрета. В то же время В. Девицкий (1912) считал, что эластические волокна находятся только в мозговом веществе надпочечной железы. Оплетая группы клеток и участвуя в обра-

зовании стенок кровеносных сосудов, они должны противодействовать сосудосуживающему действию адреналина на внутринадпочечниковые сосуды и способствовать зиянию капилляров и тонкостенных внутриорганных вен.

Таким образом, особенности строения капиллярной сети в различных зонах коры надпочечника отражают конструкцию стромы и паренхимы органа [5, 16]. Схожее строение, в виде внутриорганных трехмерной пространственной петливой сети, имеет и внутриорганный лимфатический русло. При этом лимфатические капилляры шире кровеносных, но сеть кровеносных капилляров несколько гуще [15].

В своем строении стенки кровеносных капилляров коры надпочечников отличаются незначительной толщиной [4, 15]. При большем увеличении светового микроскопа стенка капилляров едва различима, определяются лишь ядра эндотелиоцитов. Капилляры коры надпочечников имеют слабо выраженную базальную мембрану, имеющую фибриллярную структуру и покрытую на всем ее протяжении эндотелиоцитами [15, 16]. Каждый эндотелиоцит стенки капилляра способен принимать участие в процессах внутриклеточного и трансцеллюлярного транспорта веществ. Вместе с тем степень проницаемости эндотелиального слоя, как отмечают многие авторы, зависит от всего пласта клеток как единого целого. Базальная мембрана капилляров, наряду с механической функцией, также принимает участие в процессах обмена веществ. Местами этот базальный слой прерывается. Наблюдениями В. А. Шахламова (1971) установлено, что эндотелиоциты капилляров коры надпочечника способны изменять свою толщину, принимая тем самым участие в регуляции кровотока в капиллярном русле коры надпочечников. В адренокортикальных капиллярах эндотелиальная выстилка представлена эндотелиоцитами фенестрированного типа. Такие особенности базальной мембраны и фенестрированных эндотелиоцитов способствуют быстрому выходу гормонов в кровяное русло [15].

Необходимо отметить, что качественная характеристика состояния микрососудов, получаемая с помощью микроскопии, сегодня уже не всегда удовлетворяет ученых. Точная количественная информация о состоянии капиллярного кровотока может быть получена только с помощью морфометрии всех звеньев микроциркуляторного русла. В результате многочисленных исследований доказано, что именно диаметр сосудов и плотность функционирующих капилляров в наибольшей степени изменяются при различных функциональных и патологических состояниях, являясь самыми лабильными параметрами микроциркуляторного русла [1, 2, 30]. Так, многими исследователями отмечено, что повышение функции коры надпочечников сопровождается возрастанием полнокровия ее капилляров с расширением их просвета [1, 4, 8]. По наблюдениям Ю. А. Панкова (1962), J. P. Hinson, G. P. Vinson, B. J. Whitehouse (2007), усиление интенсивности общего кровотока приводит к увеличению полнокровия микроциркуляторного русла и имеет решающее значение для повышения функциональной активности коры надпочечников и

других органов. Например, при ускорении тока перфузируемого через надпочечники раствора Рингера повышается выделение кортикостероидов [22]. В то же время при раздражении электрическим током чревного нерва, по данным В. G. Chorlton (1990), повышается кровоток и полнокровие капилляров коры надпочечников и усиливается выделение кортикостероидов в кровеносное русло. При этом непосредственное влияние чревного нерва на адренокортикоциты исключено, так как паренхима пучковой и сетчатой зон лишена иннервации, но нервные волокна имеют свои окончания на сосудах коркового вещества этих зон [10].

По структуре эндотелия и базальных мембран принято выделять три основных типа кровеносных капилляров [21]. Первый тип, называемый «соматическим», характеризуется непрерывной эндотелиальной выстилкой без каких-либо межклеточных или трансцеллюлярных каналов или пор. Под эндотелием располагается непрерывная базальная мембрана, в которой заключены раздельно лежащие перициты. Кнаружи от базального слоя определяется слой клеточных и неклеточных элементов соединительной ткани, являющийся продолжением адвентициального слоя артериол. У капилляров первого типа прослеживается общий принцип строения сосудистой стенки, а именно — трехслойность: внутренний слой — эндотелий, средний — базальная мембрана с перицитами, и наружный адвентициальный слой — перикапиллярная соединительная ткань с более высокой концентрацией элементов, более или менее организованных в соответствии с ходом капилляров. Капилляры второго типа — «висцеральные» — отличаются наличием в эндотелии трансцеллюлярных сквозных «пор», или слепых отверстий, затянутых тончайшими мембранами, как «фенестры» или «окна» [21]. Фенестры — это диафрагмированные поры. Поры и фенестры ограничиваются по окружности истонченным ободком цитоплазмы, так что цитоплазматические мембраны люминальной и базальной поверхности плавно приближаются одна к другой и в конце концов сливаются, образуя диафрагму. Редуцирование слоев двух слившихся мембран приводит к образованию перепонки с разным количеством электронноплотных слоев (Wolff, 1964, 1966), а в конечном итоге — к полному исчезновению диафрагмы и появлению поры. Кровеносные капилляры третьего типа — это синусы и синусоиды. Особенностью их строения является наличие эндотелия с широкими межклеточными щелями, каналами или промежутками, и почти полное отсутствие базальной мембраны [21].

Ряд авторов [15, 16] в корковом веществе надпочечников выделяют по строению два типа капилляров. К первому типу относятся капилляры с широким просветом и истонченной цитоплазмой эндотелиоцитов. Толщина их эндотелия не превышает 0,04–0,12 мкм. Базальная и люминальная цитолеммы эндотелиоцитов на разрезе представлены двумя тонкими темными линиями, идущими параллельно, и расположены друг от друга на расстоянии 0,009–0,0162 мкм. В истонченных участках эндотелиоцитов наблюдаются

закрытые тонкой мембраной фенестры. Их размер достигает 0,055–0,072 мкм. Толщина мембраны сопоставима с толщиной мембраны эндотелиоцита.

Толщина базального слоя у капилляров колеблется в пределах 0,036–0,072 мкм. На срезе он представлен линией с утолщениями и разрежениями. Местами базальный слой прерывается. Внутренняя поверхность эндотелиоцитов, выстилающих капилляры надпочечника, покрыта микроворсинками [10, 16].

Д. А. Жданов и В. А. Шахламов (1964) связывают наличие выростов цитоплазмы эндотелиальных клеток с фагоцитарной функцией эндотелия. Н. А. Чичинадзе (1966) также отмечает наличие неровной формы капилляров пучковой зоны коры надпочечника человека, имеющих выпячивания и вздутия. Как полагают G. E. Palade (1953), В. А. Шахламов (1971), наличие микроворсин, выступающих в просвет кровеносных капилляров, говорит об интенсивности обменных процессов в этой части капиллярного русла.

В исследованиях Р. М. Motta (1979) на животных, в частности, в пучковой зоне коры надпочечника крыс, отмечено, что адренокортикоциты складываются в непрерывную систему пластинок, но имеют щели, которые, расширяясь, образуют лакуны. Клеточные тяжи отделены от капилляров перикапиллярными пространствами. Эти пространства соединяются с межклеточными щелями, образуя своеобразный лабиринт. От спонгиозитов также отходят микроворсинки и пальцевидные выросты, направляющиеся в пространства вокруг капилляров, иногда проникающие в их просвет. По мнению А. Т. Petrova (1977), эти выросты увеличивают поверхность клеток и способствуют транспортировке кортикостероидов в кровеносное русло.

Второй тип капилляров отличается щелевидным просветом и менее истонченной цитоплазмой эндотелиоцитов. У эндотелиоцитов этих капилляров фенестры встречаются реже. Эндотелиоциты, в свою очередь, соединены друг с другом десмосомами [15, 16].

По мнению М. К. Пугачева (1991), наличие двух типов капилляров объясняется лишь различными формами их функционального состояния.

В стенках капилляров коры надпочечников определяется достаточно высокая активность щелочной фосфатазы и аденозинтрифосфатазы [7, 21]. При усилении функции коры надпочечников активность этих ферментов повышается, так как они принимают участие в осуществлении трансапикалярного обмена [7, 21]. В то же время имеются возрастные и половые отличия гистоэнзимотических процессов. Так, в процессе взросления человека количественное соотношение капилляров в корковом веществе изменяется [15]. У мужчин в пожилом возрасте при достоверном снижении активности щелочной фосфатазы (ЩФ) в клубочковой зоне площадь активных капилляров в ней увеличивается, тогда как в пучковой зоне площадь снижения активности ЩФ у мужчин среднего возраста не сопровождается изменением площади активных структур. У женщин в пожилом возрасте несмотря на стабильный уровень ЩФ в клубочковой

зоне, происходит увеличение площади активных микрососудов. При этом реципрокные отношения между изменением активности гидролитических ферментов и площадью активных структур более характерны для надпочечников мужчин [14].

Отток венозной крови из надпочечников осуществляется преимущественно по центральной вене. Корни центральной вены надпочечника формируются в различных по ее происхождению участках, в сетчатой зоне коркового вещества и мозговом веществе [17]. Имеется существенная разница архитектоники систем центральной вены правого и левого надпочечников человека, что обусловлено различием формы самих надпочечников [3, 15]. Из густой сети капилляров, залегающих между группами секреторных клеток сетчатой зоны коркового и мозгового вещества, путем слиянием двух капилляров диаметром в 15–30 мкм, расположенных в соединительнотканых перегородках, образуются венулы диаметром до 0,075 мм. Венулы и мелкие внутриорганные вены снаружи от эндотелия имеют лишь тонкую соединительнотканную оболочку, тесно связанную со стромой органа. Более крупные вены мозгового вещества, диаметром до 0,3–0,5 мм, тонкостенные, построены из эндотелия и тонкой соединительнотканной оболочки; толщина их стенок не превышает 0,018 мм. Мышечные элементы в стенках таких вен, как правило, отсутствуют. Лишь в отдельных местах в соединительнотканной оболочке вены можно найти единичные гладкомышечные клетки или их тонкие пучки. Такие вены могут, вероятно, лишь выводить кровь из прилежающих участков железы и не способны суживать просвет [15]. Полагают, что широкие капилляры и внутриорганные вены мозгового вещества, особенно безмышечного типа, синусоидного типа, могут выполнять роль депо накопления в крови адреналина и норадреналина. Катехоламины, содержащиеся в крови, при определенных функциональных состояниях могут выбрасываться в кровеносное русло массивными дозами «аварийного гормона» [15].

В мозговом веществе надпочечников постепенно происходит формирование вен первого и второго порядка с увеличением диаметра вен. При этом единого мнения о количестве порядков формирования внутриорганных вен надпочечниковой железы нет [15]. Интересно отметить, что порой одинаковый диаметр внутриорганных вен не подразумевает одинакового типа строения их стенки, по которому можно выделить вены мышечного и безмышечного (синусоидного) типов [15]. Внутриорганные вены надпочечной железы формируются и в поверхностных слоях коркового вещества [3]. Из капилляров наружной части коркового вещества и капсулы надпочечника, таким образом, формируется поверхностная венозная сеть, залегающая в рыхлом внешнем слое капсулы. Из этой сети выходят многочисленные венозные стволы, покидающие надпочечник в различных направлениях. Некоторые из них впадают в притоки воротной вены [15]. М. Р. Сапин (1974) в своих исследованиях отмечает формирование венул диаметром 0,025–0,045 мм из капилляров, трехмерной сети, залегающих между группами клеток клубочковой и пучковой зон

коркового вещества. Образовавшиеся в итоге венулы не совпадают по своему направлению с конечными ветвлениями артериального русла — артериолами.

С возрастом в надпочечниках людей отмечаются изменения строения вен. Так, в возрасте 55 лет и старше наблюдается истощение их стенки, контуры венул становятся неровными. В пучковой зоне коркового вещества диаметр венул составляет от 0,009 до 0,04 мм. В более позднем возрастном периоде их контуры становятся извилистыми.

Многие исследователи считают важным и неотъемлемым компонентом МЦР крови артериоларно-венулярные анастомозы (АВА). Благодаря АВА структурная организация МЦР обеспечивает две формы органного кровотока: транкапиллярную, обслуживающую «местные метаболические процессы», и внекапиллярную, поддерживающую постоянство движения крови через орган, независимо от потребностей тканей. При этом физиологическое значение внекапиллярного тока крови связывают с возможностью «разгрузки» капиллярного русла, ускорением транспорта крови и регуляцией гемодинамического равновесия [11].

Нам не удалось найти в имеющейся литературе прямых указаний на существование в надпочечниках артериоларно-венулярных анастомозов, за исключением упоминания о существовании артериально-венулярных анастомозов у собак в экспериментальной работе Н. А. Чичинадзе (1965). Условием их включения, по мнению автора, служит задержка кровотока и увеличение давления в системе центральной вены.

Самым существенным отличительным признаком коры надпочечников от других желез является то, что она не может депонировать секреторные продукты, их синтез и выделение происходят одновременно, механизмы окончательно не определены. Так, имеются наблюдения, согласно которым капельки липидов накапливаются в канальцах эндоплазматической сети, продвигаясь по ним к поверхности клетки в процессе выделения стероидов, который может осуществляться мерокриновым, апокриновым и голокриновым способами. Имеются сообщения о том, что секреторные гранулы из адренокортикоцитов выделяются путем экзоцитоза [23]. Существует мнение, что в основе механизма экстружии кортикоидов лежит асимметрия внутри- и внеклеточной среды [9]. Но время полураспада биологически самого активного глюкокортикоида, секретлируемого надпочечниками, — кортизола, не превышает 80–120 минут, а такого биологически активного минералокортикоида, как альдостерон, не превышает и 15 минут [5]. И также доказано, что живой организм не может существовать без эндогенных или экзогенных поступлений гормонов коры надпочечников более двух суток [19].

Строение же системы микроциркуляции показывает, что рядом с капиллярами коркового вещества нет ни артериол, ни венул. Артериолы, от которых отходят адренокортикальные капилляры и синусоиды, куда они впадают, находятся на периферии коркового вещества или в мозговом веществе и путь укороченного кровотока, предназначенный для сброса артериальной крови в венозное русло, минуя

капиллярную сеть, т. е. через артериоло-венулярные анастомозы, невозможен.

Одна из основных задач системы микроциркуляции — это обеспечение постоянства притока и оттока крови. Она осуществляется за счет не только обильного кровоснабжения, но и наличия межартериальных и межвенулярных анастомозов. При этом выделяют внеорганные (1–3) анастомозы между артериями, расположенными в околонадпочечной клетчатке, длиной 30–40 мм при диаметре до 1 мм, а также и внутрикапсулярные (3–5), и межартериальные анастомозы. Последние проходят в наружном слое капсулы, имея длину от 5 до 25 мм и диаметр от 0,045 до 0,25 мм. Эти внутрикапсулярные межартериальные анастомозы соединяют ветви как соседних, так и одной и той же надпочечниковых артерий. В толщу органа они отдают мелкие, до 0,03–0,1 мм, артерии, распадающиеся на капилляры, кровоснабжающие капсулу или проникающие в глубь органа. Межартериальные анастомозы, по мнению М. Р. Сапина (1974), играют активную роль в системе кровообращения надпочечников. Имея хорошо выраженную мышечную стенку, достигающую 3 слоев, они обеспечивают перераспределение артериальной крови при различных функциональных состояниях надпочечных желез и, возможно, при патологических процессах в них. В то же время внутри органа межартериальных анастомозов в надпочечниковой железе нет [15].

В экспериментальных исследованиях на животных (собаки), по данным Н. А. Чичинадзе (1965), несмотря на развитую систему артериальных анастомозов, перевязка отдельных групп надпочечных артерий ведет к очаговой ишемии органа, что, по мнению автора, говорит о недостаточности коллатерального кровотока минимальным запросам органа. В то же время при перевязке всех артерий в экспериментах Н. А. Долишнего (1964) железа все же получает некоторое количество крови через мелкие веточки, сопровождающие или проходящие в толще нервов. Эти сосуды способны увеличиваться в диаметре до 2–3 раз за три недели после перевязки других артерий. Значительно большие структурные изменения наступали в паренхиме железы морской свинки в экспериментах Е. И. Атаманчука (1964) при одновременной перевязке главных надпочечниковых артерий и вены, несмотря на расширение артериальных ветвей сохранных нервов. В большей степени при этом страдает паренхима мозгового вещества, где дистрофические процессы приводят к некрозу паренхимы.

Таким образом, по мнению Н. Д. Долишнего (1964), наличие анастомозов при их анатомической и функциональной достаточности объясняет большую пластичность артериального русла надпочечных желез.

Межвенулярные анастомозы соединяют внутриорганные надпочечниковые вены (центральная вена и ее притоки) с венами капсулы железы и ее поверхностными венами. Эти венозные анастомозы проникают из клубочковой зоны коркового вещества в мозговое, где они впадают в центральную вену.

Принимая вначале в себя венулы и капилляры поверхностных слоев клубочковой зоны, они анастомозируют друг с другом на поверхности коркового вещества, при этом не имеют притоков в других отделах и являются коллатеральными путями оттока крови в системе надпочечных вен [15]. Притоки центральной вены, также имеют анастомозы в виде сосудистых дуг, располагающихся преимущественно в периферических отделах мозгового вещества [15].

Эти анастомозы имеются не во все периоды жизни: так, они не обнаружены по результатам исследований М. Р. Сапина (1974) у новорожденных и детей первых лет жизни. Их уже можно обнаружить в возрасте 5–6 лет. У взрослых они могут иметь диаметр от 0,05 до 1 мм и достигать количества от 1–2 до 2–5 анастомозов. Присутствие таких анастомозов связано с гипертрофией мускулатуры в стенках внутриорганных вен, и обнаружены они в надпочечниках людей, страдающих гипертонической болезнью [15]. Вероятно, с этим связано непостоянство обнаружения внутриорганных анастомозов в исследованиях З. В. Гальцовой (1958).

По мнению М. Р. Сапина (1974), подобные анастомозы формируются как приспособительный механизм для регулируемого коллатерального оттока крови, конечной целью которого, служит воротная вена печени.

Схожая система анастомозов обнаружена и у собак, что наглядно продемонстрировано наблюдениями Н. В. Долишнего (1964). При тромбозе центральной и френико-абдоминальной вен с первых минут наблюдается расширение вен капсулы, анастомозы между корнями центральной вены и венозной сетью капсулы также увеличиваются, при этом нормализуются функциональные показатели железы.

Е. К. Есипова (1971); М. И. Гуревич, С. А. Берштейн (1972); Г. Н. Конради (1969, 1970); К. Каро (1981); Г. С. Семенова, К. П. Федотова (1982); А. М. Чернух (1984); В. Folkow, E. Nill (1971) относят вены и посткапиллярные венулы как к резистивным, так и к емкостным сосудам. В настоящее время венозным сосудам отводится активная роль в регуляции экстра- и интраорганных кровообращения (И. М. Яровая, 1972; K. Fronek, B. W. Zweifach, 1975; B. Folkow, 1977). Большое значение как составляющих системы микроциркуляции в регуляции кровотока принадлежит и венам надпочечной железы, как мышечного, так и безмышечного типов [13, 15].

В стенках внутриорганных вен и, главным образом, венозных анастомозов между внутриорганными и поверхностными венами железы имеются мышечные волокна в виде валиков или сфинктеров. Их наличие ряд авторов рассматривают как механизм регуляции оттока крови из мозгового вещества в поверхностные вены надпочечника и далее в воротную вену печени [15]. О существовании подобного механизма свидетельствует перераспределение процентного соотношения концентрации адреналина в эксперименте на собаках в каудальной полую вену и воротной вене печени при раздражении чревного нерва прерывистыми электрическими импульсами [16]. По данным ряда исследователей [10, 15], сфинктеры в

области устьев внутриорганных вен, как и мышечные валики в стенках центральной вены и ее притоков, обильно снабжены нервами. При этом Н. Kutschera-Aichbergen (1922) и Т. Donath (1957) высказывались о возможности ретроградного кровотока из внутриорганных вен мозгового вещества в вены капсулы через капилляры. С этим частично согласился М. Р. Сапин (1974), только в тех чрезвычайных, экстремальных ситуациях, когда пропускная способность венозных анастомозов, выходящих из мозгового вещества на поверхность органа, становится недостаточной.

М. Р. Сапин (1974) на основании ряда исследований и данных литературы о строении стенок внутриорганных вен человека, собак и грызунов делает выводы, что у более высокоорганизованных животных происходит усложнение строения стенок внутриорганных вен надпочечников. Это, по его мнению, предполагает наличие зависимости особенностей развития мышечной оболочки в стенках вен надпочечников человека и степени участия их в сложных защитных и приспособительных реакциях организма.

По данным исследований М. Р. Сапина (1974), в распределении венозных анастомозов, соединяющих глубокие и поверхностные вены надпочечников, имеется ряд закономерностей, включая изменения их диаметра, количества в зависимости от локализации их выхода на поверхность надпочечника. Так, в латеральной части капсулы органа, прилежащей к почечной поверхности, выходят, как правило, более крупные анастомозы. В дальнейшем они, продолжаясь в крупные поверхностные вены надпочечной железы, соединяются с венами поджелудочной железы, желудка, фиброзной капсулы почки и с притоками или самой селезеночной веной [15]. В то же время Fontaine, Frank, Stoll (1950), Harrison (1965) вообще отрицают существование поверхностных вен надпочечной железы и считают центральную вену единственным сосудом, отводящим кровь от железы. Но в экспериментах на собаках М. Р. Сапин (1970) показывает, что в состоянии напряжения (при воздействии на вегетативную нервную систему) большая часть адреналина и значительное количество стероидных гормонов поступает в печень по кратчайшему пути (через поверхностные вены в воротную вену), минуя крупные магистральные сосуды (каудальную полую вену).

Расширения вен или образования в виде венозного узла у места выхода анастомозов из глубины органа на поверхность, наблюдаемые у пожилых людей, можно отнести к микроциркуляторным механизмам [15], играющим большую роль в органной сосудистой системе [53].

Как известно, функция пучковой и сетчатой зон коры надпочечников регулируется гипоталамо-гипофизарной системой, а клубочковой, преимущественно ренин-ангиотензиновой системой [5, 19, 20]. В обоих случаях, посредством сложных медиаторных взаимодействий, где окончательным отрезком транспортных путей до клеток надпочечников служит система гемомикроциркуляции. Также осуществляется и нервная регуляция, через

воздействие на сосудистую систему коры надпочечников. Кроме АКТГ, функциональную активность коры надпочечников стимулируют и другие вещества. Так, согласно исследованиям В. R. Carr et al. (1986), стероидогенез активируют ионы кальция, внутривенное вливание 200 мл физиологического раствора, временно повышающего артериальное давление [10], а также вазопрессин [8]. В то же время некоторые депрессоры (резерпин, хлордиазэпоксид) снижают интенсивность стероидогенеза [8]. Данные факты дополняют свидетельства о важности системы гемомикроциркуляции в функционировании надпочечников [15].

Таким образом, благодаря многочисленным морфологическим исследованиям обстоятельно изучена структурная организация гемомикроциркуляторного русла в надпочечниках, подробно рассмотрено строение терминального отдела гемомикроциркуляторного русла (функционального сосудистого моду-

ля) — трехмерной пространственной капиллярной сети, особенности ее устройства в различных зонах коркового вещества и в паренхиме мозгового вещества надпочечников. Также рассмотрена значимость элементов системы микроциркуляции в пластичности гемомикроциркуляторного русла. Показано, что изучение физиологии эндокринной деятельности надпочечников невозможно без изучения изменений системы гемомикроциркуляции, так как она непосредственно связана с любыми морфофункциональными преобразованиями в надпочечниках, отображая механизмы адаптации и компенсации. Остается высокой потребность исследований, которые давали бы достаточно полное представление о структурно-функциональных свойствах интраорганных кровеносных сосудов, морфологических условиях регуляции кровотока при различных заболеваниях человека в динамике их развития.

Литература

1. Артишевский, А. А. Надпочечные железы (строение, функция, развитие) / А. А. Артишевский. — Минск: Беларусь, 1977. — 128 с.
2. Банин, В. В. Механизмы обмена внутренней среды / В. В. Банин. — М.: РГМУ, 2000. — 278 с.
3. Гальцова, З. В. О возрастной анатомии сосудистой системы надпочечников // Вопросы анатомии сосудистой системы ребенка и взрослого / З. В. Гальцова. — Л.: 1958. — С. 357–365.
4. Гордиенко, В. М. Ультраструктура желез эндокринной системы / В. М. Гордиенко, В. Г. Козырицкий. — Киев: Здоровье, 1978. — 288 с.
5. Дедов, И. И. Надпочечниковая недостаточность (этиология, патогенез, клиника, диагностика, лечение): метод. пособие для врачей / И. И. Дедов, Е. И. Марова, В. В. Вакс. — М.: Медицина, 2000. — 57 с.
6. Джорбенадзе, Т. А. Морфологические изменения аденогипофиза и надпочечников в постренимационном периоде: автореф. дисс. ... д-ра мед. наук / Т. А. Джорбенадзе. — Тбилиси, 1989. — 47 с.
7. Журавлева, Т. Б. Введение в количественную гистохимию ферментов / Т. Б. Журавлева, Р. А. Прочуханов. — М.: Медицина, 1978. — 245 с.
8. Кацуки, С. Центральная регуляция функций эндокринных желез / С. Кацуки. — М.: Медицина, 1971. — 215 с.
9. Кеттайл, В. М. Патопфизиология эндокринной системы / В. М. Кеттайл, А. А. Рональд; пер. с англ. — СПб.; М.: Невский Диалект; БИНОМ, 2001. — 336 с.
10. Колесник, И. Л. Морфофункциональные особенности надпочечников и их нервов в норме и под влиянием фосформисных детергентов (анатомо-экспериментальное исследование): автореф. дисс. ... канд. мед. наук / И. Л. Колесник. — Харьков, 2004. — 20 с.
11. Куприянов, В. В. Микроциркуляторное русло / В. В. Куприянов, Я. Л. Караганов, В. И. Козлов. — М.: Медицина, 1975. — 215 с.
12. Мчедливили, Г. И. Микроциркуляция крови / Г. И. Мчедливили. — Л.: Наука, 1989. — 295 с.
13. Пугачев, М. К. Морфофункциональные изменения коры надпочечников крыс при общем внешнем перегревании в сочетании с наркозом / М. К. Пугачев, К. А. Гаврилов, Л. Б. Мочалова // Математическая морфология: электронный математ. и медико-биол. журн. — 1997. — Т. 2. — № 1. — С. 173–178.
14. Ростовцева, Т. И. Функционально-морфологическое исследование коры надпочечников человека при некоторых заболеваниях / Т. И. Ростовцева, А. Н. Мусаков // Проблема эндокринологии. — 1989. — Т. 35. — № 3. — С. 7–11.
15. Сапин, М. Р. Сосуды надпочечных желез / М. Р. Сапин. — М.: Медицина, 1974. — 208 с.
16. Сапин, М. Р. Электронномикроскопические исследования кровеносных капилляров в надпочечнике собаки / М. Р. Сапин, В. А. Шахламов // Проблемы эндокринологии. — 1970. — № 5. — С. 112–116.
17. Тараканов, Е. И. Современное представление о функциональной морфологии гипофиза, надпочечников и щитовидной железы / Е. И. Тараканов // Архив анатомии, гистол. и эмбриол. — 1960. — № 11. — С. 102–115.
18. Тимофеева, Е. В. Вариантная анатомия артериальных сосудов надпочечника / Е. В. Тимофеева, Г. Г. Стародубцев // Морфология и хирургия: в 2 т. Т. 1. — 2000. — С. 169–170.
19. Фадеев, В. В. Надпочечниковая недостаточность (клиника, диагностика, лечение): рекомендации для врачей / В. В. Фадеев. — М.: Медпрактика-М, 2008. — 44 с.
20. Фадеев, В. В. Надпочечниковая недостаточность (клиника, диагностика, лечение): метод. реком. для врачей / В. В. Фадеев, Г. А. Мельниченко. — М.: Медпрактика-М, 2003. — 48 с.
21. Шахламов, В. А. Капилляры / В. А. Шахламов; под общ. ред. С. В. Савельева. — М.: ВЕДИ, 2007. — 288 с.
22. Vinson, G. P. Adrenal cortex / G. P. Vinson [et al] // Encyclopedia of Stress. — Oxford: Academic Press. — 2nd ed. — 2007. — Vol. 1. — P. 38–51.
23. Kawashima, N. Immunological challenge modulates brain orphanin FQ/nociceptin and nociceptive behavior / N. Kawashima, J. Fugate, A. W. Kusnecov // Brain Res. — 2002. — Vol. 949. — № 1–2. — P. 71–78.
24. Sakamoto, S. Involvement of Kupffer cells in the interaction between neutrophils and sinusoidal endothelial cells in rats / S. Sakamoto [et al] // Shock. — 2002. — Vol. 18. — № 2. — P. 152–157.
25. Nilsson, C. Postnatal endotoxin exposure results in increased insulin sensitivity and altered activity of neuroendocrine axes in adult female rats / C. Nilsson [et al] // Eur. J. Endocrinol. — 2002. — Vol. 146. — № 2. — P. 251–260.