

3. Вагапова, В.Ш. Развитие суставов в онтогенезе // Морфология. – 2002. – Т. 121, № 2-3. – С. 29.
4. Вагапова, В.Ш. Функциональная морфология коленного сустава // Медицинский вестник Башкортостана. – 2007. – Т. 2, № 5. – С. 69-74.
5. Галлямов, М.М. Фиброархитектоника, биомеханические свойства и микровакуляризация крестообразных и коллатеральных связок коленного сустава: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – Ярославль, 1989. – 23 с.
6. Павлова, В.Н. Врожденная костно-хрящевая и сосудистая дисплазия у детей / В.Н. Павлова, А.А. Беляева // XVI симпозиум Европейского общества ортопедов «Деструкция суставов». – Сочи, 1987. – С. 121.
7. Стрижков, А.Е. Строение и биомеханические свойства связочного аппарата в пренатальном онтогенезе: автореф. дисс. ... канд. мед. наук. – Уфа, 1992. – 16 с.
8. Benjamin, M. The histology of tendon attachments to bone in man / M. Benjamin, E.J. Evans, L. Copp // J. of Anatomy. – 1986. – Vol. 149. – P. 59-100.
9. Wagner M. Functional anatomy of the knee joint // Orthopedic. – 1987. – Vol. 16 (2). – P. 88-99.

УДК 611.16:611.728.3:611.018.36:57.086

© О.Х. Борзилова, Д.Ю. Рыбалко, Э.Х. Ахметдинова, 2015

О.Х. Борзилова, Д.Ю. Рыбалко, Э.Х. Ахметдинова
**ОСОБЕННОСТИ МИКРОЦИРКУЛЯТОРНОГО РУСЛА
 ПЕРЕХОДНОЙ ЗОНЫ СИНОВИАЛЬНОЙ МЕМБРАНЫ
 КОЛЕННОГО СУСТАВА ЧЕЛОВЕКА ЗРЕЛОГО ВОЗРАСТА**
*ГБОУ ВПО «Башкирский государственный медицинский университет»
 Минздрава России, г. Уфа*

Микроциркуляторное русло переходной зоны синовиальной мембраны (ПЗСМ) у людей зрелого возраста изучено на различных костях, формирующих коленный сустав. Выявлены его локальные особенности и преобладание в первом периоде зрелого возраста в ПЗСМ капиллярных петель над капиллярными сетями. Установлено, что изменения в структуре кровеносного русла ПЗСМ начинаются с середины первого периода зрелого возраста и в первую очередь на медиальном крае и верхушке суставного хряща надколенника и медиального мыщелка бедренной кости. Во втором периоде зрелого возраста изменения в кровеносном русле ПЗСМ характеризуются разрастанием кровеносных микрососудов, преобразованием их стенок и усложнением конструкции капиллярных петель. В этом возрасте на всех участках ПЗСМ коленного сустава определяются все звенья кровеносного микроциркуляторного русла.

Ключевые слова: коленный сустав, переходная зона синовиальной мембраны, микроциркуляторное русло.

O.Kh. Borzilova, D.Yu. Rybalko, E.Kh. Akhmetdinova
**PECULIARITIES OF THE MICROCIRCULATORY BED OF THE KNEE JOINT
 SYNOVIAL MEMBRANE TRANSITIONAL ZONE IN ADULTS**

The blood microcirculatory bed of the synovial membrane transitional zone has been studied on the bones forming knee joint in adults. Its local peculiarities and the prevalence of capillary loops over capillary networks in synovial membrane transitional zone during the first period of maturity have been established. It was established that the changes of blood vessels structure of synovial membrane transitional zone start from the middle of the first mature period. These changes were found on the medial edge and the apex of patella and medial condyle of femur. During the second period of maturity changes of the blood microcirculatory bed of the synovial membrane transitional zone are characterized by expansion of blood microvessels, altering of their walls and complication of capillary loops construction. All the links of the microcirculatory bed were revealed through of the whole extent of transitional zone at this age group.

Key words: knee joint, synovial membrane transitional zone, microcirculatory bed.

Литературные данные о конструкции микроциркуляторного русла в переходной зоне синовиальной мембраны (ПЗСМ) у взрослых людей неполные и противоречивые. Сосудистое русло ПЗСМ в основном исследовалось методом наливки, что не позволяет изучить детали строения микроциркуляторного русла и гистотопографию различных его звеньев. Выводы большинства авторов о сосудах переходной зоны основаны на результатах небольшого количества исследований. При изучении микроциркуляторного русла переходной зоны мембраны не обращалось внимания на его приспособительные механизмы.

Целью работы явилось выявление особенностей строения микроциркуляторного русла различных участков ПЗСМ коленного

сустава у людей первого и второго периодов зрелого возраста.

Материал и методы

Морфология путей кровеносного микроциркуляторного русла ПЗСМ коленного сустава была исследована на секционном материале коленного сустава от 53 трупов лиц обоего пола зрелого возраста, не страдавших заболеваниями опорно-двигательного аппарата и соединительной ткани. Забор материала производился не позднее 24-х часов после смерти.

Кусочки синовиальной мембраны с суставным хрящом и прилегающей костью фиксировали в 10% растворе нейтрального формалина, декальцинировали в 10% растворе муравьиной кислоты, заливали в парафин по общепринятой методике и изготавливали микротом-

ные срезы. Гистологические срезы окрашивались гематоксилином и эозином; кровеносные микрососуды выявлялись обработкой пленочных препаратов нитратом серебра по В.В. Куприянову. Препараты изучались под микроскопами серий «Биолам», МБИ-15 и МИН-8. Морфометрия производилась при помощи окулярной линейки. Подсчет количества сосудов на 1 мм^2 проводился с использованием окулярной вставки – рамки [1]. Определение абсолютной удельной протяженности звеньев микроциркуляторного русла на единицу площади ($\text{мм}/\text{мм}^2$) осуществляли с помощью метода случайных секущих при наложении на препарат вставки-окружности [3]. Проводился ориентационный анализ путей гемомикроциркуляторного русла с использованием окулярной вставки с тремя секущими линиями [3]. Цифровой материал подвергался статистической обработке с использованием Microsoft Excel 7.0 на предмет установления среднестатистических показателей и их достоверности. Фотографирование препаратов осуществлялось под микроскопом МБИ-15 с автоматической обработкой экспозиции.

Результаты и обсуждение

В зрелом возрасте кровеносное микроциркуляторное русло сосудистой части ПЗСМ чаще состоит из однослойной, реже двухслойной сети. Сосуды поверхностной сети располагаются, как правило, на глубине 12,8-250 мкм, а глубокой – от 294 до 440 мкм. При этом самые поверхностные сосуды находятся на расстоянии 8,4 мкм от свободной поверхности синовиальной мембраны. Микроциркуляторное русло ПЗСМ является продолжением кровеносных сосудов синовиальной мембраны суставной капсулы. В начале первого периода зрелого возраста оно в основном представлено капиллярными петлями и сетями.

Микроциркуляторное русло ПЗСМ на различных костях имеет локальные различия. Так, кровеносная сеть ПЗСМ медиального и латерального краев надколенника и мыщелков большеберцовой кости состоит из чередующихся узких участков ячеистых сетей с капиллярными петлями. Среди последних чаще встречаются дугообразные и кустообразные структуры. В месте перехода синовиальной мембраны на суставной хрящ мыщелков бедренной кости и у апикального края суставного хряща надколенника кровеносная сеть образована прямоугольными ячейками, длинная ось которых направлена перпендикулярно к краю хряща и имеет протяженность на бедренной кости до 2 мм. Сеть заканчивается капиллярными петлями. Последние на

бедренной кости имеют шпилькообразную форму с поперечными анастомозами между артериальным и венозным сегментами (рис. 1). В результате близкого расположения несколько петель нередко формируют капиллярные пучки.



Рис.1. Капиллярная петля с анастомозом (↑) в ПЗСМ медиального мыщелка бедренной кости. Мужчина 24 лет. Импрегнация по В.В. Куприянову. Увел. $\times 112$

На апикальном крае суставного хряща надколенника сосудистая сеть менее упорядочена, чем на других ее участках, а сложные капиллярные петли формируют клубочки, которые связаны с длинными пре- и посткапиллярами. Это единственный участок ПЗСМ, где между и под кровеносными сосудами встречаются жировые клетки, число которых с возрастом увеличивается. ПЗСМ у проксимального края суставного хряща надколенника в первом периоде зрелого возраста содержит мало кровеносных сосудов. В пределах собственно синовиальной мембраны над основанием надколенника определяется смена малососудистых участков с бессосудистыми полями. Такая тенденция сохраняется и в переходной зоне, где пути гемомикроциркуляции преимущественно представлены вытянутыми капиллярными петлями, которые имеют вид длинных шпилек. Единичные петли вместе с клеточным слоем синовиальной мембраны достигают поверхности краевого участка суставного хряща. При этом короткие петли встречаются редко. Капиллярные петли располагаются почти параллельно друг к другу, в результате чего в ПЗСМ на проксимальном крае суставного хряща надколенника определяется более упорядоченная ориентированность сосудов, чем на остальных его участках. Это, по-видимому, связано с растяжением синовиальной мембраны фиброзного типа, которая располагается на сухожилии четырехглавой мышцы [5,6,10], и давлением на ее переходную зону.

Выявленное нами преобладание в этом возрасте в ПЗСМ капиллярных петель над капиллярными сетями [4] свидетельствует о меньшей интенсивности обменных процессов [8] и функции транссиновиального обмена [10].

С середины первого периода зрелого возраста в кровеносном микроциркуляторном русле ПЗСМ начинают выявляться артериоллярные и веноулярные звенья. Это происходит за счет преобразования соответствующих сегментов капиллярных петель в артериолы и вены: в стенке артериального сегмента капиллярной петли определяются гладкомышечные клетки, а в составе стенки венозного участка увеличивается количество соединительнотканых клеток. Поперечный анастомоз этой петли преобразуется в артериоловеноулярный анастомоз, что приводит к уменьшению длины капиллярной петли. Эти процессы следует рассматривать как начало возрастных преобразований в ответ на изменения биомеханики коленного сустава [2,9] и гемодинамики нижних конечностей, которые провоцируют нарушение процессов трансинаминального обмена и, как следствие, метаболизма суставного хряща [11].

Наиболее отчетливая реорганизация кровеносного русла во втором периоде зрелого возраста наблюдается в ПЗСМ медиального края суставного хряща надколенника и медиального мыщелка бедренной кости. Здесь раньше, чем на других участках, ПЗСМ образует паннус на суставной хрящ, и в ней определяется увеличение площади, занимаемой кровеносными микрососудами: они простираются по поверхности краевого участка суставного хряща на расстоянии 3-4 мм. На медиальном крае надколенника и медиальном мыщелке бедренной кости плотность сосудов в этом возрасте составляет 147,06 и 95,8 микрососуда на 1 мм² соответственно, что намного превышает средние показатели плотности микрососудов других участков ПЗСМ (64,60±7,94 на 1 мм²). К концу первого и во втором периоде зрелого возраста в этих местах ПЗСМ формируется ячеистая сосудистая сеть. Для кровеносной сети ПЗСМ медиального мыщелка бедренной кости свойственны узкие прямоугольные ячейки, наибольшая длина которых направлена вдоль коллагеновых волокон перпендикулярно к краю суставного хряща, а для медиального края суставного хряща надколенника присуща мелкоячеистая кровеносная сеть. Характерен дихотомический тип ветвления артериол, а в местах ветвления сосудов появляется легкая их извилистость, особенно в начальной части прекапилляров. В этом участке чаще, чем на других участках ПЗСМ, встречаются артериоловеноулярные и межвеноулярные анастомозы. Каждая артериола сопровождается двумя венами, диаметр каждой из последних равняется тако-

вому артериол. Сосуды ПЗСМ медиального края надколенника и медиального мыщелка бедренной кости заканчиваются короткими капиллярными петлями в форме арки или клубочка, направленными в сторону центра суставного хряща.

В ПЗСМ латерального мыщелка и надколенниковой поверхности бедренной кости во втором периоде зрелого возраста как и на медиальном мыщелке кровеносные микрососуды формируют двухслойную сеть, которая простирается по краевому участку суставного хряща на расстоянии от 2 до 4 мм. Здесь кровеносная сеть также состоит из ячеек прямоугольной формы, наибольшая сторона которых расположена под прямым углом к краю суставного хряща бедренной кости. Артериолы имеют прямолинейный ход или легкую извилистость, соответствующую таковой коллагеновых волокон. Преобладает магистральный тип ветвления артериол и лишь в терминальном отделе материнской артериолы определяется дихотомическое деление на конечные ветви. В местах разветвлений в стенке артериолы иногда возрастает количество миоцитов, а снаружи – соединительнотканых клеток. Выявляется мультипликация венозного звена: одна артериола сопровождается 3-4 венами, диаметр каждой из которых меньше сопровождаемого сосуда.

Кровеносные микрососуды ПЗСМ на верхушке надколенника достигают поверхности краевого участка суставного хряща на расстоянии 3 мм и более и образуют однослойную сеть. Последняя состоит из мелких ячеек квадратной или округлой формы, и упорядоченная ориентированность сосудов этого участка ПЗСМ уменьшается по сравнению с первым периодом зрелого возраста. Артериолы чаще ветвятся по магистральному типу, ветви от материнского ствола отходят под прямым или острым углами. При переходе мембраны на апикальный край хряща надколенника конструкция капиллярных петель усложняется. Количество анастомозов между сегментами петли увеличивается, благодаря чему формируется мелкопетлистая капиллярная сеть (рис. 2). Часто встречаются почки роста от ячеек и верхушки капиллярной петли. Новообразованные сосуды имеют различный диаметр – от 2 до 7-8 мкм, что свидетельствует о различной их функциональной активности [8]. Вокруг почки роста капиллярной петли наблюдается сгущение соединительнотканых клеток, большинство которых представлено фибробластами. Отростки последних направляются параллельно к сегмен-

там петли. Продолжается преобразование стенок сегментов предсуществующих капиллярных петель: в стенке приносящего сегмента появляются расположенные редко миоциты, а выносящего – нарастает количество соединительнотканых клеток; одновременно увеличивается диаметр обоих сегментов петли. Между венами ПЗСМ у края суставного хряща верхушки надколенника формируются межвенулярные анастомозы дугообразной формы.

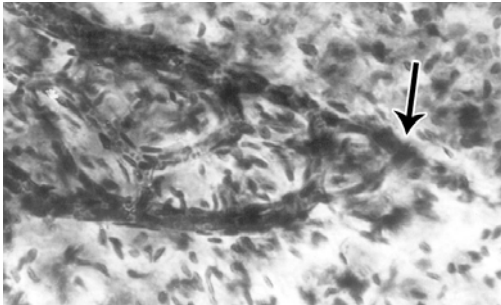


Рис.2. Сложная капиллярная петля с почкой роста (↑) в ПЗСМ дистального края надколенника. Мужчина 58 лет. Импрегнация по В.В.Куприянову. Увел. ×112

Во втором периоде зрелого возраста в отличие от первого кровеносное русло ПЗСМ вдоль края суставного хряща основания надколенника представлено всеми пятью звеньями микроциркуляторного русла, и площадь бессосудистых полей уменьшается. К концу второго периода зрелого возраста в ПЗСМ у края суставного хряща основания надколенника в некоторых случаях определяется двухслойная кровеносная сеть. Сосуды глубокой сети приближаются непосредственно к волокнистому хрящу краевого участка

надколенника; некоторые из них доходят до границы между волокнистым и гиалиновым хрящами основания надколенника. У места начала прекапилляров формируются сифонные устройства; некоторые прекапилляры из глубокой кровеносной сети входят в поверхностную и продолжают здесь в капилляры. Магистральные капиллярные петли ПЗСМ на основании надколенника в отдельных случаях достигают длины до 3 мм, присутствуя на поверхности хряща, и закручиваются один или несколько раз. Посткапилляры и вены из поверхностной сети ПЗСМ продолжают в ее глубокую сеть, где впадают в более крупные вены, которые направляются в синовиальную мембрану суставной капсулы.

Таким образом, во втором периоде зрелого возраста кровеносное микроциркуляторное русло ПЗСМ коленного сустава на различных костях характеризуется изменением ангиоархитектоники, новообразованием кровеносных сосудов и распространением всех звеньев микрососудистого русла по поверхности краевого участка суставного хряща. Изменения в ПЗСМ имеют первоначально приспособительный характер: они направлены на сохранение целостности суставного хряща и репарацию разрушенных участков краевого и периферического его отделов. Однако разрастание синовиальной мембраны и вращение ее сосудов в суставной хрящ являются неблагоприятными факторами, стимулирующими его разрушение, о чем свидетельствуют изменения суставного хряща при возрастном и экспериментальном артрозе [7,8,12].

Сведения об авторах статьи:

Борзилова Ольга Хамзиновна – к.м.н., доцент кафедры анатомии человека ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450000, г. Уфа, ул. Ленина, 3. E-mail: o.h.borzilova@mail.ru.

Рыбалко Дмитрий Юрьевич – к.м.н., доцент кафедры анатомии человека ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450000, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел: 8(347)272-58-81.

Ахметдинова Эльвира Халитовна – к.м.н., доцент кафедры анатомии человека ГБОУ ВПО БГМУ Минздрава России. Адрес: 450000, г. Уфа, ул. Ленина, 3. Тел: 8(347)272-58-81.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автандилов, Г.Г. Медицинская морфометрия: руководство / Г.Г. Автандилов. – М.: Медицина, 1990. – 384 с.
2. Ахмедов, Ш.М. Динамика морфологических изменений хрящевых элементов коленного сустава человека в возрастном и функциональном аспектах: дис. ... д-ра мед. наук. – Ташкент, 1990. – 378 с.
3. Бикмуллин, Р.А. Метод определения удельной протяженности отдельных звеньев микроциркуляторного русла / Р.А. Бикмуллин, А.Г. Габбасов, Р.С. Минигазинов // Новые приложения морфометрии и математ. моделирование в медико-биол. исслед.: тез. докл. научно-практ. конф. – Харьков, 1990. – С.25.
4. Борзилова, О.Х. Количественная и качественная характеристика сосудов микроциркуляторного русла переходной зоны синовиальной мембраны коленного сустава у взрослых / О.Х. Борзилова, В.Ш. Вагапова // Морфолог. ведомости. – 2006. – № 1-2, прил. 1. – С. 34-36.
5. Вагапова, В.Ш. Функциональная морфология коленного сустава / В.Ш. Вагапова // Медицинский вестник Башкортостана. – 2007. – Т. 2, № 5. – С. 69-74.
6. Вагапова, В.Ш. Кровеносное и лимфатическое русла синовиальной оболочки / В.Ш. Вагапова // Руководство по гистологии: под ред. Р.К. Данилова. – СПб.: «СпецЛит», 2011. – Т. 1. – С.312-317.
7. Кожанова, Т.Г. Морфологические особенности синовиальной мембраны коленного сустава человека в зрелом возрасте / Т.Г. Кожанова [и др.] // Морфология. – 2013. – №5. – С.50-53.
8. Куприянов, В.В. Основы микроциркуляции в синовиальных мембранах / В.В. Куприянов, Л.А. Манукян. – Ереван: Айастан, 1988. – 200с.
9. Мешков, А.П. Болезни суставов: диагностика и лечение / А.П. Мешков. – Н.Новгород: НГМИ, 1994. – 180 с.
10. Павлова, В.Н. Суставы / В.Н. Павлова // Руководство по гистологии / под ред. Р.К. Данилова. – СПб.: «СпецЛит», 2011. – Т.1. – С.306-312.
11. Подрушняк, Е.П. Суставы и возраст / Е.П. Подрушняк // Патол. физиология и эксперим. – 1994. – №2. – С.49-51.
12. Vidinov, N. Ultrastructural changes in the transitional zone between articular cartilage and synovial membrane during the development of experimental osteoarthritis / N. Vidinov, A. Djerov // International Orthopaedics (SICOT). – 2002. – №26 – P.137-140.