

© Э. Х. Ахметдинова, В. Ш. Вагапова, 2018
УДК 611.16:611.728.3:612.647

Э. Х. Ахметдинова, В. Ш. Вагапова

КРОВЕНОСНОЕ РУСЛО СВЯЗОК КОЛЕННОГО СУСТАВА В ПРЕНАТАЛЬНОМ ОНТОГЕНЕЗЕ

Кафедра анатомии человека (зав. — проф. В. Ш. Вагапова), ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, г. Уфа

Цель — изучение этапов развития и становления фиброструктуры и кровеносного русла вне- и внутрисуставных связок коленного сустава в местах их фиксации у человека в пренатальном онтогенезе.

Материал и методы. Материалом исследования служили коленные суставы от 100 трупов плодов человека 14–40 нед обоего пола. Микроциркуляторное русло терминальных отделов крестообразных и коллатеральных связок коленного сустава выявляли на криостатных срезах.

Результаты. Места фиксации связок коленного сустава плодов человека имеют зональное строение, где определяются зоны связки, волокнистого и гиалинового хрящей, в процессе развития которых происходит дифференциация волокнистых структур, клеток и различных звеньев микроциркуляторного русла.

Выводы. Развитие элементов кровеносного русла вне- и внутрисуставных связок коленного сустава соответствует степени развития сустава, определяется его функциональной активностью, фибро- и цитоархитектоникой мест фиксации укрепляющих структур.

Ключевые слова: коленный сустав, крестообразные связки, коллатеральные связки, микроциркуляторное русло, онтогенез

Развитие сосудистого русла коленного сустава происходит параллельно с ростом и дифференциацией его элементов, которая соответствует степени развития самого сустава, его функциональному состоянию. Многочисленные работы по исследованию кровоснабжения различных связок коленного сустава человека посвящены в основном взрослым людям. Имеющиеся работы по сосудам коленного сустава у плодов [3–5, 8] касаются лишь источников васкуляризации связок. Информация о формировании кровеносного русла концевых отделов этих связок в пренатальном онтогенезе в литературе не содержится. Исходя из изложенного, представляется необходимым комплексное исследование фиброархитектоники и кровеносного русла отдельных связок коленного сустава в местах их начала и прикрепления у плодов человека различного возраста, что может иметь теоретическое и практическое значение для разработки методов восстановления целостности связок в местах их фиксации у детей различного возраста.

Материал и методы. Материалом исследования служили коленные суставы от 100 трупов плодов человека 14–40 нед обоего пола, полученные из гинекологического отделения ГБ № 3 и патологоанатомического отделения ГКБ № 13. На проведение исследования получено разрешение локального этического комитета Башкирского госу-

дарственного медицинского университета (протокол № 2 от 14.02.2018 г.). Были изучены коллатеральные и крестообразные связки коленного сустава плодов в местах их фиксации к хрящевым эпифизам бедренной кости и костям голени. Выбор этих связок обусловлен их анатомической обособленностью от капсулы коленного сустава и функциональными особенностями. Изучение проводили на фрагментах «хрящ — связка» коленных суставов, фиксированных в 10 % растворе нейтрального формалина. Срезы толщиной 7–10 мкм окрашивали гематоксилином — эозином, по Харту и Ван-Гизону. Для обнаружения кровеносного русла применяли инъекционные и безинъекционные методы. Сосудистое русло нижних конечностей наливали водной взвесью туши или 5 % тушь-желатиновой массой. Микроциркуляторное русло терминальных отделов внутри- и внесуставных связок коленного сустава выявляли на криостатных срезах, обработанных нитратом серебра.

Гистологические препараты изучали и фотографировали под микроскопом серии MC-300 (MICROS, Австрия) [1]. Статистическую обработку цифровых данных проводили с использованием программы Excel 7.0 Windows 95 на предмет установления среднестатистических показателей и их достоверности.

Результаты исследования. Выявлено, что места фиксации коллатеральных и крестообразных связок коленного сустава плодов микроскопически имеют зональное строение и представлены зоной связки, относящейся к плотной оформленной волокнистой соединительной ткани; зонами волокнистого и гиалинового хрящей. Каждая

Сведения об авторах:

Ахметдинова Эльвира Халитовна (e-mail: dom24302@yandex.ru), Вагапова Василия Шарифьяновна, кафедра анатомии человека, ФГБОУ ВО «Башкирский государственный медицинский университет» Минздрава России, 450000, г. Уфа, ул. Ленина, 3

зона характеризуется определёнными гистологическими признаками; при этом, переход одной из них в другую происходит постепенно, без четких границ. Названные зоны определяются во все периоды внутриутробного развития у всех связок.

На протяжении от 14-й до 40-й недели пренатального онтогенеза происходит изменение их строения: увеличивается ширина зоны волокнистого хряща, возрастает количество коллагеновых и эластических волокон. Волокнистые структуры приобретают более упорядоченное направление. Уменьшается плотность клеток во всех зонах. Параллельно с этим происходит развитие и дифференциация звеньев кровеносного микроциркуляторного русла, которая соответствует степени развития сустава, его функциональному состоянию.

Нами выделены следующие источники кровоснабжения крестообразных связок: средняя подколенная артерия, сосуды синовиальной оболочки, покрывающей связки. Кровоснабжение коллатеральных связок осуществляется в основном за счет сосудов окружающей рыхлой соединительной ткани.

У плодов 15–16 нед кровеносное микроциркуляторное русло представлено артериолами, капиллярами и венулами. В терминальные отделы коллатеральных и крестообразных связок артериолы проникают из кровеносной сети, локализуясь в основном у концевых частей их средней зоны, а также из синовиальной оболочки, покрывающей связку. Они в сопровождении двух венул располагаются в прослойках рыхлой соединительной ткани между коллагеновыми волокнами. От артериол отходят сосуды меньшего диаметра, которые идут по направлению к волокнистому хрящу. Вокруг кровеносных микрососудов коллагеновые волокна располагаются циркулярно. От артериол отходят, преимущественно, капилляры по магистральному или смешанному типам, которые по отношению к коллагеновым волокнам располагаются в поперечном или продольном направлениях. На границе между связкой и гиалиновым хрящом капилляры заканчиваются петлями различной формы и величины. На концах капиллярных петель, как правило, находится почка роста, которая направлена в сторону гиалинового хряща. Между артериальным и венулярным сегментами капиллярных петель встречаются единичные поперечные или косые анастомозы.

У плодов последних месяцев развития в местах фиксации связок постепенно происходит дифференциация пяти звеньев микроциркуляторного русла. Кровеносные сосуды располагаются как

в концевых отделах связок, так и в зонах волокнистого и гиалинового хрящей.

От артериол первого порядка отходят более мелкие сосуды в сопровождении одной или двух венул; они имеют меньший диаметр, чем материнские сосуды. От артериол берут начало прекапиллярные артериолы и капилляры, которые образуют короткие или длинные петли, ориентированные перпендикулярно плоскости, разграничивающей связку от гиалинового хряща. На границе фиксации связок увеличивается количество капиллярных сетей и петель, которые постепенно образуют сложно разветвлённые образования в виде клубочков и кустиков. Прямые или слегка извитые капилляры, соединяясь между собой, формируют посткапиллярные венулы и венулы. Новообразование сосудистого русла происходит за счет почек роста, берущих начало от верхушек артериоловенулярных или капиллярных петель. На переднем конце растущих капилляров, как правило, выявляются соединительнотканые клетки, цитоплазма которых образует острый выступ по направлению роста сосуда. В составе терминальных путей гемоциркуляции связок коленного сустава в эти сроки выявляются приспособительные механизмы в виде артериоловенулярных анастомозов, а также сфинктерных устройств в устьях немногочисленных прекапиллярных артериол, которые обеспечивают гомеостаз при различных функциональных состояниях коленного сустава.

У плодов после 20 нед наблюдается вращение рыхлой соединительной ткани, несущей кровеносные сосуды со стороны связки через зону волокнистого хряща в гиалиновый хрящ; они идут также со стороны надхрящницы, субхондральной кости. Постепенно здесь формируются хрящевые каналы, содержащие артериолу и венулы. При этом ткань хряща не имеет прямых контактов с кровеносными сосудами, так как пространство между ними заполнено волокнистыми элементами, которые оплетают сосуды в виде рыхлой сети, в ячейках которой определяются скопления клеток. В центральной части канала располагается большего диаметра артериола, а на периферии — венулы. Между ними формируется простая артериоловенулярная петля, верхушка которой направлена в сторону гиалинового хряща и содержит почку роста.

Обсуждение полученных данных. При формировании сосудистой сети связок коленного сустава плодов существенное значение имеет количество, расположение, ход и степень смещаемости волокнистых структур по направлению сил действия растяжения и смещения [6]. Сосудистое

русло мест фиксации связок к моменту рождения представлено всеми звеньями микроциркуляции, которые располагаются в их концевых отделах, зоне волокнистого и гиалинового хрящей [2, 5]. На последних месяцах развития продолжается увеличение диаметра и глубины внедрения каналов с сосудами в хрящевые эпифизы, что связано с тканевой дифференциацией хряща эпифизов и последующим возникновением в нём очагов энхондрального окостенения [7]. Развитие сосудистого русла соответствует степени развития самого сустава, его функциональному состоянию, определяется волокнистым строением и citoархитектоникой мест фиксации связок коленного сустава. Усложнение фиброструктуры и звеньев микроциркуляторного русла мест фиксации связок коленного сустава отражает морфофункциональную подготовку связочного аппарата к статодинамической нагрузке после рождения. Наши данные по функциональной морфологии мест фиксации связок коленного сустава указывают на основные тенденции органогенеза и потому имеют определённые значения для установления закономерностей развития сустава в пренатальном онтогенезе, а также могут послужить исходной точкой для изучения возрастных его изменений после рождения.

Вклад авторов:

Концепция и дизайн исследования: В. Ш. В.

Сбор и обработка материала: Э. Х. А.

Анализ и интерпретация данных: В. Ш. В., Э. Х. А.

Написание текста: Э. Х. А., В. Ш. В.

Авторы сообщают об отсутствии в статье конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Автандилов Г.Г. Медицинская морфометрия. М.: Медицина, 1990. 384 с. [Avtandylov G.G. Medical morphometry. Moscow: Meditsina, 1990. 384 p. In Russ.].
2. Ахметдинова Э.Х., Вагапова В.Ш. Фиброструктура мест фиксации связок коленного сустава у плодов и новорождённых детей // Медицинский вестник Башкортостана. 2015. Т. 10, № 1. С. 65–68 [Ahmetdinova E. Kh., Vagapova V. Sh. Fibrostructure of the places of knee joint ligament fixation in prenatal ontogenesis and newborn children // Meditsinskii vestnik Bashkortostana, 2015. Vol. 10, № 1. P. 65–68. In Russ.].
3. Вагапова В.Ш. Развитие суставов в онтогенезе // Морфология. 2002. Т. 121, вып. 2–3. С. 29 [Vagapova V. Sh. Joint development in ontogenesis // Morfologiya. 2002. Vol. 121, № 2–3. P. 29. In Russ.].
4. Вагапова В.Ш. Функциональная морфология коленного сустава // Медицинский вестник Башкортостана. 2007. Т. 2, № 5. С. 69–74 [Vagapova V. Sh. Functional morphology of the knee joint // Meditsinskii vestnik Bashkortostana. 2007. Vol. 2, № 5. P. 69–74. In Russ.].
5. Вагапова В.Ш., Рыбалко Д. Функциональная морфология элементов коленного сустава. Уфа: Гилем. Башк. энцикл., 2015. 352 с. [Vagapova V. Sh., Rybalko D. Yu. Functional morphology of the elements of the knee joint. Ufa: Gilem. Bashkirskaya ehnciklopediya, 2015. 352 p. In Russ.].
6. Сорокин А.П. Общие закономерности строения опорно-двигательного аппарата человека. М.: Медицина, 1973. 263 с. [Sorokin A. P. General regularities of the structure of the locomotor system. Moscow: Meditsina, 1973. P. 236. In Russ.].
7. Сустав: Морфология, клиника, диагностика, лечение / Под ред. В.Н. Павловой, Г.Г. Павлова, Н.А. Шостак, Л.И. Слуцкого. М.: Мед. инфор. агентство, 2011. 552 с. [Joint: morphology, clinical features, diagnosis, treatment / Pod red. V. N. Pavlovoi, G. G. Pavlova, N. A. Shostak, L. I. Sluckii. Moscow: Med. Informatsionnoe agentstvo, 2011. 552 p. In Russ.].
8. Arnoszy S. P. Anatomy of the anterior cruciate ligament // Clinic. Orth. Relat. Res. 1983. Vol. 172. P. 19–25.

Поступила в редакцию 13.11.2018

Получена после доработки 16.11.2018

VASCULATURE OF THE KNEE JOINT LIGAMENTS DURING PRENATAL ONTOGENESIS

E. Kh. Akhmetdinova, V. Sh. Vagapova

Objective — to study the stages of development of the fibro-structure and vasculature of extra- and intraarticular ligaments of the human knee joint in their attachment areas in prenatal ontogenesis.

Materials and methods. Knee joints obtained from autopsy of 100 human fetuses (both male and female) aged between 14 and 40 weeks of gestation were studied. The microcirculatory bed of the terminal divisions of the cruciate and collateral ligaments of the knee joint was examined on cryostat sections.

Results. Areas of human fetal knee joint ligament attachment had a zonal structure, with the zones of ligament, fibrous and hyaline cartilage. During the development of these zones, the differentiation of the fibrous structures, cells and various parts of the microcirculatory bed occurred.

Conclusions. The development of vasculature of the extra- and intraarticular ligaments of the knee joint correlates with the degree of development of the joint and is determined by its functional activity as well as by fibro- and cytoarchitectonics of the attachment areas of the reinforcing structures.

Key words: *knee joint, cruciate ligaments, collateral ligaments, microcirculatory bed, ontogenesis*

Department of Human Anatomy, Bashkir State Medical University, 3 Lenin St., Ufa 450000