

**ОСОБЕННОСТИ СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ  
ПАРАНЕВРАЛЬНОЙ СОЕДИНИТЕЛЬНОТКАННОЙ ОБОЛОЧКИ  
СЕДАЛИЩНОГО НЕРВА КРЫС В РАЗНЫЕ ПЕРИОДЫ  
ПОСТНАТАЛЬНОГО РАЗВИТИЯ**

***К.М. Бородина, М.А. Затолокина, В.В. Харченко,  
А.А. Теньков, Е.С. Затолокина***

*ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации*

Отсутствие достаточного количества данных об особенностях строения параневральных структур седалищного нерва в разные сроки онтогенеза способствовало проведению настоящего исследования, в результате которого было выявлено, что с увеличением количества суток от момента рождения наблюдалось усложнение строения «параневрия» в неразрывной связи с усложнением строения эндо-, пери-, эпинеурия и проводникового компонента седалищного нерва. «Морфологическое усовершенствование» проявлялось как в появлении новых структур в «параневрии», так и в изменении соотношения клеточного и волокнистого компонентов соединительной ткани, являющейся его морфологическим субстратом.

*Ключевые слова:* параневральные соединительнотканые структуры, перинеурий, параневрий, онтогенез, периферические нервы, тучные клетки, седалищный нерв.

DOI 10.19163/1994-9480-2020-4(76)-152-155

**SPECIFIC FEATURES OF THE STRUCTURAL ORGANIZATION  
OF THE PARANEURAL CONNECTIVE TISSUE OF THE RAT SCIATIC NERVE  
IN DIFFERENT PERIODS OF POSTNATAL DEVELOPMENT**

***K.M. Borodina, M.A. Zatolokina, V.V. Kharchenko,  
A.A. Ten'kov, E.S. Zatolokina***

*FSBEI HE «Kursk State Medical University» of the Ministry of Healthcare of the Russian Federation*

The lack of a sufficient amount of data on the structural features of the paraneural structures of the sciatic nerve at different periods of ontogenesis contributed to the conduct of this study, as a result of which it was revealed that with an increase in the number of days from the moment of birth, a complication of the structure of the «paraneuria» was observed in an inextricable connection with the complication of the structure of the endo-, peri-, epineuria and the conductive component of the sciatic nerve. «Morphological improvement» was manifested both in the appearance of new structures in the «paraneuria» and in a change in the ratio of the cellular and fibrous components of the connective tissue, which is its morphological substrate.

*Key words:* paraneural connective tissue structures, perineurium, paraneurium, ontogenesis, peripheral nerves, mast cells, sciatic nerve.

Вопрос об особенностях организации стромы, играющей одну из основных ролей для жизнедеятельности проводниковой части периферического нерва, не теряет своей актуальности и в настоящее время. Морфологическим субстратом стромы периферического нерва, как известно, является соединительная ткань, образующая эндоневрий (рыхлая волокнистая соединительная), перинеурий (плотная неоформленная соединительная), эпинеурий (рыхлая волокнистая соединительная и ткань со специальными свойствами – белая жировая) [1–3].

Однако согласно немногочисленным данным морфологов и хирургов прошлого столетия (Д.А. Сигалевич, Е.М. Смоляр, Э.М. Мазонко, В.В. Кованов, Т.И. Аникина, В.С. Польской и др.) существует еще одна соединительнотканная

оболочка, имеющая непосредственное отношение к нервному стволу и находящаяся кнаружи от эпинеурия, вплоть до эпимизия, окружающего сосудисто-нервные пучки, скелетные мышцы [4–6]. Данный компонент стромы периферического нерва в работе В.С. Польского (1991 г.) был назван «параневрием», однако до сих пор этот термин не является номенклатурным, что, тем не менее, не уменьшает степени значимости данной оболочки для бесперебойного функционирования, как периферического нерва, так и всего сосудисто-нервного пучка.

Функциональная роль «параневрия» определяется его морфологической составляющей. В фундаментальной работе М.А. Затолокиной (2017 г.), убедительно было доказано, что морфологической основой «параневрия» или параневральных

соединительнотканых структур является плотная неоформленная соединительная, рыхлая волокнистая соединительная и ткань со специальными свойствами – белая жировая). Так же автором была отмечена высокая реактивность «параневрия» и возможность его функционирования как системы в условиях действия различных факторов внешней среды [7–9].

При этом остались не изученными вопросы относительно особенностей организации параневральных структур периферических нервов конечностей в разные периоды постнатального онтогенеза, что и явилось основным «пусковым механизмом» для проведения данного исследования.

## ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучение особенностей строения параневрального аппарата седалищного нерва крысы на разные сутки постнатального развития.

## МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Данное исследование было выполнено на лабораторных крысах линии Вистар, содержащихся в стандартных условиях в соответствии с санитарно-эпидемиологическими требованиями к устройству, оборудованию и содержанию экспериментально-биологических клиник (вивариев) (утв. Постановлением Главного государственного санитарного врача РФ № 51 от 29 августа 2014 г.).

Их содержание и уход осуществлялись в соответствии с Директивой 2010/63/EU Европейского Парламента и Совета Европейского Союза от 22 сентября 2010 г. по охране животных, используемых в научных целях, а также Правилами, утвержденными Приказом Минздрава России от № 199н 01 апреля 2016 г. «Об утверждении правил надлежащей лабораторной практики».

Все животные находились в экспериментально-биологической клинике (виварий) Курского государственного медицинского университета. Перед эвтаназией лабораторных крыс наркотическим препаратом «Гексенал» проводили общую анестезию препаратом «Золетил 100» с соблюдением всех этических мер и правил работы с экспериментальными животными (приказ МЗ РФ от 19.06.03 № 267).

Биоматериал (комплекс, включающий в себя участок седалищного нерва в области верхней трети бедра с окружающими его соединительноткаными структурами и скелетными мышцами) забирали на 5-, 11-, 15-, 52- и 208-е сутки онтогенеза. Полученный материал заливали 10%-м раствором нейтрального формалина, заключали в парафин по стандартной методике и изготавливали гистологические срезы, толщиной 8–10 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином и пикрофуксином по методу Ван Гизона.

Далее проводили световую микроскопию полученных гистологических препаратов и констатацию выявленных морфологических особенностей строения «параневрия» седалищного нерва с использованием микроскопа и фотовидеокамеры (Levenhuk).

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Соединительнотканые оболочки периферических нервов, являющиеся стромальным компонентом сосудисто-нервного пучка, в своем индивидуальном развитии несколько отстают от проводникового компонента и образуются в результате врастания мезенхимных элементов между уже существующими нервными волокнами, что, в свою очередь, и определяет их дальнейшую морфофункциональную неповторимость.

В частности, в результате проведенного морфологического исследования нами было выявлено, что на 5-е сутки после рождения степень выраженности структур параневрия низкая, не достаточно хорошо визуализируются все компоненты.

Однако следует отметить, что в окружающих проводниковый компонент седалищного нерва соединительнотканых оболочках визуализируется огромное количество новообразованных мелких кровеносных капилляров. В сосудах большего диаметра, преимущественно артериального русла, выражено кровенаполнение. В эпи- и параневральных оболочках визуализируются адипоциты крупных размеров без тенденции к слиянию в дольки.

Плотность клеток низкая, в поле зрения определяются преимущественно фибробласты и фиброциты, единичные лимфоциты и моноциты.

Обращает на себя внимание наличие большого количества тучных клеток в стадии накопления секрета, крупных размеров. Следует отметить, что периневрий, относительно объема нервного ствола является несколько утолщенным и имеет слоистое строение.

На 11-е сутки постнатального онтогенеза параневральные структуры достаточно хорошо сформированы и при световой микроскопии определяются все составляющие их компоненты.

Интересным является факт наличия белой жировой ткани с тенденцией к слиянию в дольки в области «параневрия» (рис. 1 А).

Плотность клеток очень высока, в поле зрения, кроме адипоцитов, определяются клетки фибробластического дифферона, единичные лимфоциты, нейтрофилы, эозинофилы, тучные клетки (овально вытянутой формы, в стадии грануляции) и макрофаги.

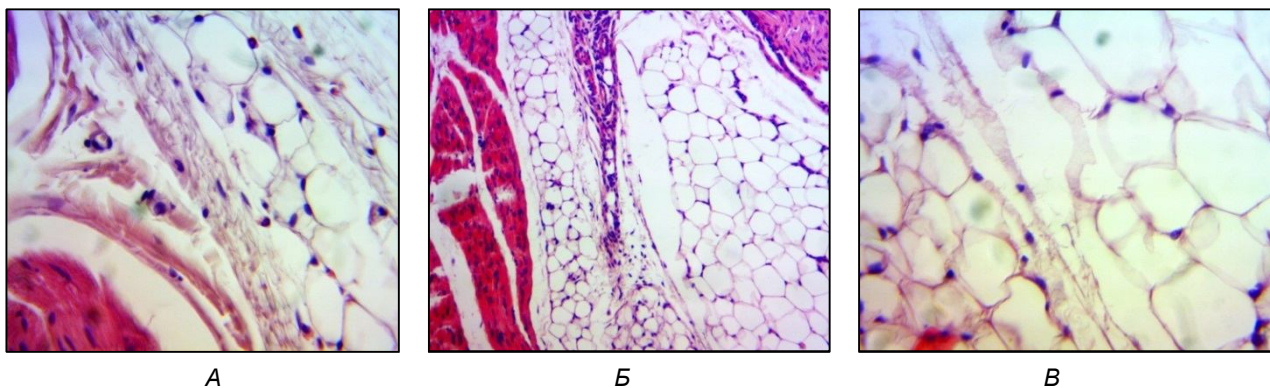


Рис. 1. Микрофотография параневральных соединительнотканых структур седалищного нерва крысы на 11-е (А) и 15-е (Б, В) сутки постнатального онтогенеза. Окрашено гематоксилином и эозином. Ув.  $\times 200$  (Б),  $\times 400$  (А, В)

В области эпиневрия между волокон рыхлой соединительной ткани визуализируются одиночно расположенные адипоциты, имеющие несколько большие размеры, чем в «параневрии». Мелкие кровеносные сосуды кровенаполнены с признаками краевого стояния лейкоцитов, в паравазальной ткани располагаются лимфоциты. В сравнении с предыдущим сроком, периневрй несколько тоньше, содержит кровеносные сосуды и не имеет слоистости в строении, образующие его соединительнотканые волокна расположены более плотно.

На 15-е сутки после рождения обращает на себя внимание значительное увеличение объема белой жировой ткани как в эпиневрйи, так и «параневрии». Она структурирована в дольки. Количество кровеносных сосудов на стандартную площадь среза и плотность клеточных элементов заметно ниже, чем на 11-е сутки. Хорошо выражены компоненты общего фасциального футляра, являющегося

своеобразной границей между эпи- и «параневрием» (рис. 1 Б, В). Следует отметить преобладание крупных адипоцитов в эпиневрйи и наличии явлений анизокитоза среди долькообразующих адипоцитов «параневрия». Плотность клеток высокая, в прослойках между адипоцитами визуализируются фибробласты, лимфоциты и тучные клетки треугольной формы крупных размеров со стадии грануляции.

На 52-е сутки постнатального онтогенеза все составляющие компоненты параневрального соединительнотканного аппарата хорошо выражены. Плотность клеток высокая, в поле зрения преобладают (в порядке убывания) тучные клетки в стадии грануляции, фибробласты, лимфоциты и нейтрофилы. Периневрй тонкий, структурированный. В эпиневрйи, в сравнении с предыдущим сроком, значительно возросло количество кровеносных сосудов на стандартную площадь среза (рис. 2 А, Б).

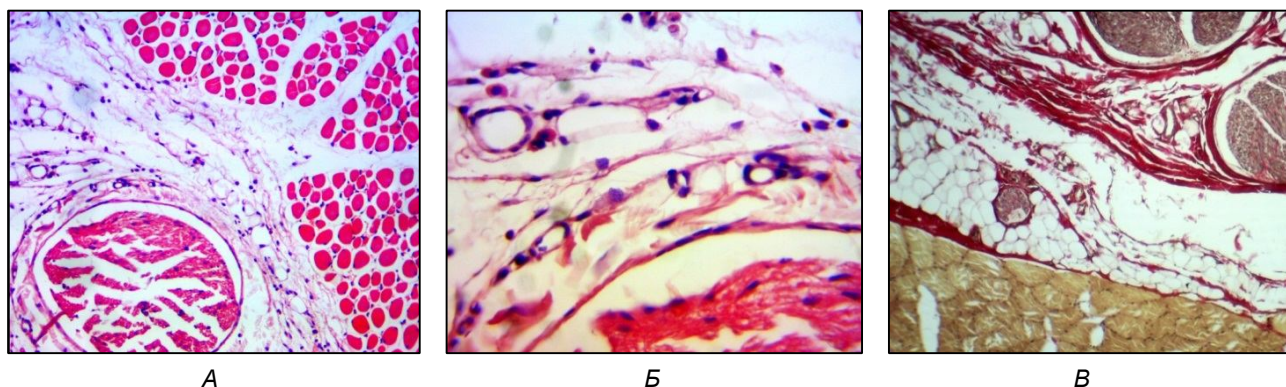


Рис. 2. Микрофотография срезов параневральных соединительнотканых структур седалищного нерва крысы на 52-е (А, Б) и 208-е (В) сутки постнатального онтогенеза. Окрашено гематоксилином и эозином (А, Б), по методу Ван Гизона (В). Ув.  $\times 200$  (А, В),  $\times 400$  (Б)

На 208-е сутки происходит утолщение общего фасциального футляра и соединительнотканых строп, а также толщины периневрйи. Между трабекул параневрия визуализируются дольки белой жировой ткани и одиночные нервные стволы (рис. 2 В). Общий фасциальный футляр образован преимущественно зрелыми коллагеновыми

волокнами, окрашивающимися ярко оксифильно при окраске по Ван Гизону.

#### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

С учетом данных О.А. Гелашвили (2008) о периодизации биологически сходных стадий онтогенеза человека и крысы в нашей работе были

проанализированы изменения параневральной оболочки седалищного нерва в возрасте (при экстраполяции данных на человека) 8,5 мес. (5 сут.), 1,5 лет (11 сут.), 2,2 года (15 сут.), 7,5 лет (52 сут.) и 17 лет (208 сут.). С увеличением количества суток от момента рождения наблюдалось усложнение строения «параневрия» в неразрывной связи с усложнением строения эндо-, пери-, эпиневрия и проводникового компонента седалищного нерва. «Морфологическое усовершенствование» проявлялось как в появлении новых структур в параневрии, так и в изменении соотношения клеточного и волокнистого компонентов соединительной ткани. Выявленная динамика изменений вполне сопоставима с возрастными особенностями соединительной ткани, так как именно эта ткань и составляет морфологический субстрат «параневрия» седалищного нерва.

## ЛИТЕРАТУРА

1. Гелашвили О.А. Вариант периодизации биологически сходных стадий онтогенеза человека и крысы // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2008. – № 4 (22). – С. 125–126.
2. Затолокина М.А., Польской В.С., Бородина К.М., Затолокина Е.С. Особенности структурной организации кровеносного русла параневральной соединительной ткани периферических нервных стволов // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2019. – № 3 (71). – С. 35–38.
3. Бородина К.М. Морфологический аспект в организации иннервации нервных стволов периферических нервов плечевого сплетения // Региональный вестник. – 2019. – № 12 (27). – С. 10–11.
4. Мишина Е.С., Затолокина М.А., Нетьяга А.А., Климова Л.Г. Реактивные изменения тучных клеток и их корреляционная взаимосвязь с клетками фиброцитарного ряда // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. – 2015. – № 2 (54). – С. 57–60.
5. Затолокина М.А. Морфологические признаки адаптации структурных компонентов периферических нервов в области средней трети плеча в сравнительном аспекте // Журнал анатомии и гистопатологии. – 2016. – Т. 5, № 1. – С. 20–25.
6. Rigand M., Gemes G. Species and strain differences in rodent sciatic nerve anatomy // Pain. – 2008. – P. 188–190.
7. Ronald S., C Maldjian, Buckley K. Appearance of nerve regeneration in a surgically repaired ulnar nerve // European Journal of Trauma and Emergency Surgery. – 2010. – Vol. 36. – P. 73–75.
8. Sarah K., et al. Skin-derived precursor cells enhance peripheral nerve regeneration following chronic denervation // Experimental Neurology. – 2010. – Vol. 223 (1). – P. 221–228.

9. Tubbs R.S., et. al. Anatomy and landmarks for branches of the brachial plexus: a vade mecum // Surg. Radiol. Anat. – 2010. – Vol. 32, no. 3. – P. 261–270.

## REFERENCES

1. Gelashvili O.A. Variant periodizatsii biologicheski skhodnykh stadiy ontogeneza cheloveka i krysy [Variant of periodization of biologically similar stages of human and rat ontogenesis]. *Saratovskiy nauchno-meditsinskiy zhurnal* [Saratov Journal of Medical Scientific Research], 2008, no. 4 (22), pp. 125–126. (In Russ.; abstr. in Engl.).
2. Zatolokina M.A., Polskoy V.S., Borodina K.M., Zatolokina E.S. Osobennosti strukturnoy organizatsii krovenosnogo rusla paranevral'noy soyedinitel'noy tkani perifericheskikh nervnykh stvolov [Features of the structural organization of the bloodstream of the paraneural connective tissue of the peripheral nerve trunks]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Journal of Volgograd State Medical University], 2019, no. 3 (71), pp. 35–38. (In Russ.; abstr. in Engl.).
3. Borodina K.M. Morfologicheskiy aspekt v organizatsii innervatsii nervnykh stvolov perifericheskikh nervov plechevogo spleteniya [Morphological aspect in the organization of the innervation of the nerve trunks of the peripheral nerves of the brachial plexus]. *Regional'nyy vestnik* [Regional Bulletin], 2019, no. 12 (27), pp. 10–11. (In Russ.; abstr. in Engl.).
4. Mishina E.S., Zatolokina M.A., Netyaga A.A., Klimova L.G. Reaktivnyye izmeneniya tuchnykh kletok i ikh korrelyatsionnaya vzaimosvyaz' s kletkami fibrotsitarnogo ryada [Reactive changes in mast cells and their correlation with fibrocyte cells]. *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo meditsinskogo universiteta* [Journal of Volgograd State Medical University], 2015, no. 2 (54), pp. 57–60. (In Russ.; abstr. in Engl.).
5. Zatolokina M.A. Morfologicheskiye priznaki adaptatsii strukturnykh komponentov perifericheskikh nervov v oblasti sredney treti plecha v sravnitel'nom aspekte [Morphological signs of adaptation of the structural components of peripheral nerves in the middle third of the shoulder in a comparative aspect]. *Zhurnal anatomii i gistopatologii* [Journal anatomy and histopathology], 2016, vol. 5, no. 1, pp. 20–25. (In Russ.; abstr. in Engl.).
6. Rigand M., Gemes G. Species and strain differences in rodent sciatic nerve anatomy. *Pain*, 2008, pp. 188–190.
7. Ronald S., Maldjian C., Buckley K. Appearance of nerve regeneration in a surgically repaired ulnar nerve. *European Journal of Trauma and Emergency Surgery*, 2010, vol. 36, pp. 73–75.
8. Sarah K., et al. Skin-derived precursor cells enhance peripheral nerve regeneration following chronic denervation. *Experimental Neurology*, 2010, vol. 223 (1), pp. 221–228.
9. Tubbs R.S., et. al. Anatomy and landmarks for branches of the brachial plexus: a vade mecum. *Surg. Radiol. Anat.*, 2010, vol. 32, no. 3, pp. 261–270.

## Контактная информация

**Бородина Карина Михайловна** – ассистент кафедры анатомии человека, ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, e-mail: karina\_borodina46@mail.ru