

ОТЛИЧИТЕЛЬНЫЕ ОСОБЕННОСТИ В СТРУКТУРНОЙ ОРГАНИЗАЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКИХ НЕРВОВ СГИБАТЕЛЕЙ В ОБЛАСТИ СРЕДНЕЙ ТРЕТИ ПЛЕЧА У МЛЕКОПИТАЮЩИХ ОТРЯДА ПАРНОКОПЫТНЫЕ

М. А. Затолокина¹, С. Л. Кузнецов², А. В. Иванов¹, В. С. Польской¹, Л. М. Рязьева¹

¹Курский государственный медицинский университет, кафедра гистологии, эмбриологии, цитологии,

²Первый Московский государственный медицинский университет имени И. М. Сеченова, кафедра гистологии, цитологии и эмбриологии

Проведено комплексное изучение микроструктурной организации периферических нервов плечевого сплетения в области средней трети плеча, иннервирующих мышцы сгибатели. В результате было выявлено наличие достоверных морфологических отличий в строении нервных пучков, невралных оболочек, в том числе параневральных соединительнотканых структур, у животных с разной степенью физической активности грудной конечности. Получено морфологическое подтверждение наличия билатеральной асимметрии и определена функциональная роль параневрального фасциально-клетчаточного пространства.

Ключевые слова: периневрий, эпиневрй, параневрий, сосудисто-нервный пучок, периферические нервы сгибателей, клеточный индекс.

DISTINCTIVE FEATURES IN THE STRUCTURE OF THE PERIPHERAL NERVES OF THE FLEXORS IN THE MIDDLE THIRD SHOULDER OF CLOVEN-HOOFED MAMMALS

M. A. Zatolokina¹, S. L. Kuznetsov², A. V. Ivanov¹, V. S. Polskoy¹, L. M. Ryzaeva¹

¹Kursk State Medical University,

Department for Histology, Embryology, Cytology,

²I. M. Sechenov First Moscow State Medical University, Department for Histology, Cytology and Embryology

The article reviews a comprehensive study of the microstructure of the peripheral nerves of the brachial plexus which innervates flexor muscles in the middle third of the shoulder. We identified significant differences in the morphological structure of the nerve bundles, neural membranes, including paraneural connective tissue, in animals with a various degree of motor activity of the thoracic limb. There is morphological evidence of bilateral asymmetry, and we identified the functional role of paraneural fascial cellular space.

Key words: perineurium, epineurium, paraneurium, neurovascular bundle, peripheral flexor nerves, cell index.

Травмы конечностей в 40 % случаев сопровождаются повреждением периферических нервов, что, в свою очередь, приводит к полной или частичной нетрудоспособности в самом активном возрасте, вынуждает менять профессию и нередко становится причиной инвалидности, что обуславливает социально-экономическую значимость проблемы [2, 3, 5].

В настоящее время, несмотря на значительное количество реконструктивных операций на стволах периферических нервов (по данным Р. Ф. Масгутова (2011) около 2 млн операций ежегодно в мире), по-прежнему остается 20 % неудовлетворительных результатов после хирургических манипуляций и высокая степень инвалидизации больных [6, 7, 9].

Такое состояние проблемы, свидетельствующее о недостаточности фундаментальных морфологических данных о структурах, окружающих нервные стволы и связанных с ними морфофункционально, и определило цель нашего исследования.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Изучить особенности структурной организации периферических нервов плечевого сплетения в обла-

сти средней трети плеча, иннервирующих мышцы сгибатели у представителей класса млекопитающих отряда парнокопытные.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Материалом для исследования послужили органокомплексы сосудисто-нервных пучков периферических нервов передней конечности, иннервирующих мышцы сгибатели, в области средней трети плеча. Материал был получен от позвоночных животных одной таксономической группы, но находящихся в разных условиях обитания и, как следствие, с разной степенью физической активности, осуществляемой грудной конечностью. Для сравнения были взяты представители класса млекопитающих отряда парнокопытные — кабан (*Sus Linnaeus*) и домашняя свинья (*Sus scrofa domestica*). Все манипуляции с животными проведены под эфирным наркозом в соответствии с «Международными рекомендациями по проведению медико-биологических исследований с использованием животных» (1985), с правилами лабораторной практики в Российской Федерации (приказ МЗ РФ от 19.06.2003 № 267)

и законом «О защите животных от жестокого обращения» гл. V, ст. 104679-ГД от 01.12.1999 г. На работу получено одобрение регионального этического комитета (выписка из протокола заседания регионального этического комитета № 6 при ГБОУ ВПО КГМУ от 02.11.2009 г.). Для дальнейшего гистологического изучения полученный материал фиксировали погружением в 10%-й забуференный раствор формалина (рН 7,2—7,4) при комнатной температуре в течение 10 суток. Затем материал заливали в парафин по стандартной методике, используя предложенные способы: «Способ удаления излишков парафина из металлических кассет» № 1764-07 от 18.05.2007 г. и «Способ распределения гистологического материала, залитого в парафин на деревянных блоках» № 1908-10 от 19.03.2010 г., микротомировали и изготавливали поперечные гистологические срезы сосудисто-нервных пучков с окружающими мышцами, толщиной 8—10 мкм. Полученные гистологические препараты маркировали, учитывая предложенные способы: «Устройство и способ маркировки гистологического материала различных серий» № 1763-07 от 07.05.2007 г. и «Способ маркировки гистологических препаратов» № 1854-08 от 28.11.2008 г. Затем окрашивали гематоксилином и эозином, железным гематоксилином по Гайденгайну для обзорного изучения структурной организации сосудисто-нервных пучков; для изучения морфологических особенностей соединительной ткани — по Маллори и пикрофуксином по Ван Гизону; по методу Вейгерта-Паля (окраска миелиновых волокон) и толуидиновым синим по Нисслию, для качественно-количественного изучения нервных волокон, образующих нервный пучок. Окрашенные гистологические препараты микроскопировали и фотографировали с помощью оптической системы, состоящей из микроскопа Leica CME и окуляр-камеры DCM-510 на увеличениях $\times 100$ и $\times 400$ крат с документированием снимков в программе FUTURE WINJOE, входящей в комплект поставки окуляр-камеры. При световой микроскопии, в поперечных гистологических срезах, используя рационализаторское предложение «Способ визуализации морфологических структур с использованием макрофотографий» № 1907-10 от 19.03.2010 г., изучали топографические особенности компонентов сосудисто-нервного пучка, наличие и степень развития параневральных соединительнотканых структур, сравнивали микроскопическое строение компонентов сосудисто-нервного пучка на левой и правой конечностях. На микрофотографиях, с помощью программы Imago J, измеряли площадь поперечного сечения сосудисто-нервных пучков, нервных стволов (первичных нервных пучков), вторичных нервных пучков, площадь эпи- и параневральной соединительной ткани, толщину эндоневрия, периневрия первичных и вторичных нервных пучков, количество миелиновых и безмиелиновых нервных волокон в стандартном поле зрения, их диаметр и толщину миелина. Морфометрическое исследование было проведено с учетом рекомендаций Г. Г. Автандилова, 1990 [1].

В соединительнотканых невральных оболочках по цито- и кариологическим признакам была проведена количественно-качественная оценка клеточного компонента ткани. Для объективизации формирования заключения о клеточной составляющей соединительнотканых оболочек периферических нервов вычисляли соотношение клеток-резидентов (фибробласты, фиброциты и макрофаги) к клеткам-нерезидентам (гранулоциты, агранулоциты, тучные клетки и плазмоциты) и получали, условно обозначенный, клеточный индекс по следующей формуле:

$$КИ = \frac{(Фб+Фц+Мф)}{(Н+Э+Л+Мц+ТК+П)}$$

где Фб — фибробласты, Фц — фиброциты, Мф — макрофаги, Н — нейтрофилы, Э — эозинофилы, Л — лимфоциты, Мц — моноциты, ТК — тучные клетки, П — плазмоциты [4].

С целью объемного изучения поверхности среза периферических нервов и окружающих их оболочек был использован метод электронной растровой микроскопии. Материал помещали на токопроводящий углеродный скотч в камеру электронного растрового микроскопа Quanta 650 FEG. В процессе исследования осуществляли фотографирование участков изучаемых структур с одновременным нанесением размерной шкалы. С целью изучения микрорельефа параневральных соединительнотканых структур был применен метод атомно-силового микроскопии, выполненный на сканирующем зондовом микроскопе «СОЛВЕР НЕКСТ» (НТ-МДТ, Россия) [8].

Статистическую обработку всех полученных цифровых данных выполняли в соответствии с современными представлениями о правилах математической обработки данных медицинских исследований. Все данные были проверены на соответствие нормальному распределению всех исследуемых параметров при помощи построения гистограмм с наложением нормальной кривой и нормальных вероятностных графиков и одновыборочного теста Колмогорова-Смирнова, в связи с чем был использован непараметрический критерий Манна-Уитни (U) (Biostat). Достоверными считали отличия при $p \leq 0,05$. Для описания выборочной совокупности данных использовали средние значения со стандартной ошибкой средних показателей или стандартным отклонением ($M \pm m(\sigma)$). Для выявления значимой корреляционной связи между показателями использовали коэффициент ранговой корреляции Пирсона. Все вычисления выполнялись с помощью аналитического пакета приложения Excel Office 2010, лицензией на право использования которой обладает КГМУ.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Сосудисто-нервный пучок нервов сгибателей у кабана (*Sus Linnaeus*) имел форму усеченной пирамиды, широкая базальная часть которой направлена в сторону скелетной мышечной ткани, а апикальная часть в сторону кожи с подкожножировой клетчаткой. Площадь его поперечного сечения составила — (82,257 ±

0,300) и $(88,456 \pm 0,170)$ мм² на правой и левой конечности соответственно. Составными компонентами сосудисто-нервного пучка (СНП) являлись крупные сосуды — магистральные артерия и вена и три нервных ствола разного диаметра, имеющие многопучковое строение и на поперечном разрезе напоминающие «многожильный кабель».

Топографически, на правой конечности, кровеносные сосуды располагались в центре СНП, а нервные стволы или первичные нервные пучки в острых углах базальной части пирамиды (два более крупных) и в одном из тупых углов пирамиды (самый мелкий пучок). На левой конечности местоположение кровеносных сосудов оставалось прежним, а все первичные нервные пучки располагались в одну линию, преимущественно в базальной части СНП.

Морфологическим подтверждением наличия билатеральной асимметрии в строении СНП нервов сгибателей в области средней трети плеча у парнокопытных являлись не только особенности топографии их компонентов, но и качественно количество состав нервных пучков и окружающих их соединительнотканых оболочек.

Все три нервных ствола или первичных нервных пучка имели многопучковое строение и состояли из разного количества вторичных нервных пучков. Самый большой первичный нервный пучок был образован 20—23 вто-

ричными нервными пучками, средний — 18—19 вторичными нервными пучками, а самый маленький образован 12—14 вторичными нервными пучками. Необходимо отметить, что площадь поперечного сечения как первичных, так и вторичных нервных пучков была достоверно ($p \leq 0,05$) большей на правой конечности (табл. 1).

При этом была выявлена такая закономерность: чем мельче первичный нервный пучок, тем меньшим количеством вторичных нервных пучков он образован, но площадь их поперечного сечения больше. Подтверждением этого является увеличение значений соотношения площади поперечного сечения вторичных нервных пучков к площади первичных нервных пучков. Этот показатель возрастал, практически, в 2 раза от крупных к мелким первичным нервным пучкам.

Все первичные нервные пучки были покрыты хорошо структурированной периневральной манжетой, внутренний слой которой образован несколькими рядами плоских веретеновидных клеток, а наружный — параллельно расположенными волокнами, степень упорядоченности и плотность расположения которых убывает от центра к периферии. Толщина периневрия первичных нервных пучков, значения которой представлены в таблице, была достоверно ($p \leq 0,05$) больше на правой конечности (табл. 2).

Таблица 1

Средние значения площади поперечного сечения (мм²) нервных пучков нервов сгибателей в области средней трети плеча, на правой и левой конечности у представителей отряда парнокопытные

№ п/п	Вид животного	Нервы сгибателей	Первичный нервный пучок			Вторичный нервный пучок		
			большой	средний	малый	большой	средний	малый
1	Кабан (<i>Sus Linnaeus</i>)	правая конеч.	7,797 ± 0,016*	3,702 ± 0,017*	1,310 ± 0,007*	0,188 ± 0,001	0,112 ± 0,001*	0,062 ± 0,000
		левая конеч.	5,741 ± 0,040	5,747 ± 0,020	1,071 ± 0,013	0,145 ± 0,001	0,093 ± 0,000	0,077 ± 0,000
2	Домашняя свинья (<i>Sus scrofa domesticus</i>)	правая конеч.	7,779 ± 0,037*	3,893 ± 0,023	0,960 ± 0,008*	0,108 ± 0,001*	0,073 ± 0,000*	0,065 ± 0,000
		левая конеч.	8,762 ± 0,016	3,910 ± 0,018	1,537 ± 0,005	0,174 ± 0,001	0,104 ± 0,001	0,050 ± 0,000

* $p \leq 0,05$ - при сравнении с данными противоположной конечности.

Таблица 2

Значения толщины периневрия и эпиневирия первичных нервных пучков нервов сгибателей в области средней трети плеча у представителей отряда парнокопытные, мкм

№/п	Вид животного	Нервы сгибателей	Толщина периневрия			Ширина эпиневирия		
			большой	средний	малый	большой	средний	малый
1	Кабан (<i>Sus Linnaeus</i>)	правая конеч.	10,392 ± 0,036*	9,410 ± 0,036*	6,602 ± 0,031	7,584 ± 0,016*	8,407 ± 0,091*	6,77 ± 0,09
		левая конеч.	5,551 ± 0,027	6,049 ± 0,019	5,023 ± 0,024	9,507 ± 0,089	10,383 ± 0,06	9,603 ± 0,040
2	Домашняя свинья (<i>Sus scrofa domesticus</i>)	правая конеч.	6,848 ± 0,020*	6,088 ± 0,025*	5,618 ± 0,030	7,475 ± 0,004*	6,048 ± 0,075	6,727 ± 0,060
		левая конеч.	7,792 ± 0,031	5,138 ± 0,017	6,163 ± 0,021	6,792 ± 0,028	6,276 ± 0,035	5,888 ± 0,040

* $p \leq 0,05$ — при сравнении с данными противоположной конечности.

Вторичные нервные пучки, образующие первичные, были разделены рыхлой волокнистой соединительной тканью межпучкового эпинеурия, толщина которого была наибольшей на левой конечности. Также вторичные нервные пучки окружены собственным периневрием, толщина которого варьировала от 3 до 4 мкм, без достоверных отличий между конечностями. От перинеурия, вовнутрь вторичных нервных пучков отходят прослойки волокнистой ткани эндоневрия и отделяют друг от друга нервные волокна преимущественно крупного (58 %) и очень крупного (36 %) диаметров. В поле зрения преобладали миелиновые волокна, диаметр и толщина миелиновой оболочки в которых представлены в табл. 3. Интересно отметить, что значения толщины миелиновой оболочки и диаметра миелиновых нервных волокон в малом первичном нервном пучке преобладали над значениями в среднем первичном пучке.

Площадь поперечного сечения окружающей соединительной ткани варьировала от (63,632 ± 0,170) мм² на правой конечности до (73,181 ± 0,151) мм² на левой конечности. При этом значение соотношения площади нервной ткани к соединительной не имело достоверных отличий между конечностями.

У изучаемых животных наблюдается максимальная степень развития параневральных соединительнотканых структур. Все компоненты СНП были окружены снаружи очень толстым и плотным соединительнотканым футляром. Микроскопическое изучение общего соединительнотканного футляра выявило его послойное строение. Он образован 6 хорошо дифференцируемыми слоями. При визуальном изучении этих слоев изнутри кнаружи было выявлено, что вначале располагается слой плотной неоформленной соединительной ткани, образованной зрелыми коллагеновыми волокнами (при окраске по Ван Гизону ярко оксифильные), расположенными неупорядоченно. Затем широкий слой, образованный плотно и параллельно расположенными и идущими в одном направлении коллагеновыми волокнами.

Далее слой соединительной ткани, волокна которой располагаются параллельно в разных направлениях и группируются в пучки, напоминающими «колос». Четвертый слой образован рыхлой волокнистой неоформленной соединительной тканью, содержащей мелкие кровеносные сосуды. Пятый слой морфологически идентичен третьему, образован четко упорядоченными пучками коллагеновых волокон в виде «колоса». Наружный слой образован рыхло расположенными волокнами, которые вплетаются в волокна соединительнотканых строп (рис. 1).

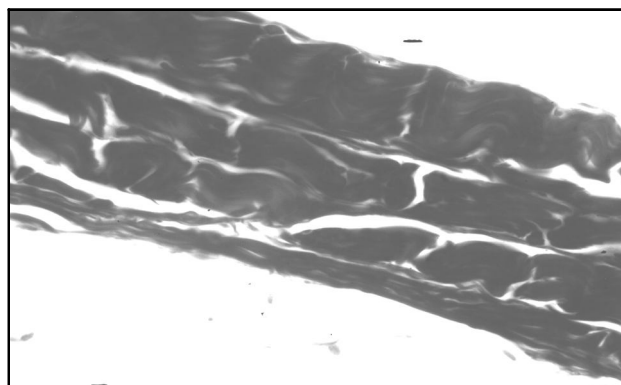


Рис. 1. Микрофотография общего фасциального футляра, являющегося частью параневральных соединительнотканых структур нервов сгибателей в области средней трети плеча у представителей отряда парнокопытные — Кабан (*Sus Linnaeus*)
Окрашено по Маллори. Ув. x 400

Выявленные микроструктурные особенности не имеют достоверных отличий между конечностями. Изучение микрорельефа общего фасциального футляра проводили с помощью сканирующей зондовой микроскопии в полуконтактном режиме (рис. 2). На представленной микрофотографии хорошо визуализируется многослойное строение общего фасциального футляра. Наличие такого футляра обеспечивает замкнутость параневрального пространства вокруг компонентов СНП.

Таблица 3

Значения толщины миелиновой оболочки и диаметра миелиновых нервных волокон во вторичных нервных пучках нервов сгибателей в области средней трети плеча у представителей отряда парнокопытные, мкм

№ п/п	Вид животного	Нервы сгибателей	Диаметр миелиновых нервных волокон			Толщина миелиновой оболочки		
			большой	средний	малый	большой	средний	малый
1	Кабан (<i>Sus Linnaeus</i>)	правая конеч.	10,314 ± 0,032*	9,407 ± 0,018*	9,946 ± 0,018*	3,881 ± 0,008*	3,112 ± 0,009*	3,222 ± 0,01
		левая конеч.	12,198 ± 0,023	10,760 ± 0,025	10,936 ± 0,026	3,711 ± 0,002	3,177 ± 0,008	3,257 ± 0,01
2	Домашняя свинья (<i>Sus crofa domesticus</i>)	правая конеч.	6,274 ± 0,032*	6,046 ± 0,037*	6,129 ± 0,033*	3,724 ± 0,013*	2,786 ± 0,009*	3,023 ± 0,00
		левая конеч.	7,139 ± 0,042	6,473 ± 0,031	6,608 ± 0,038	3,547 ± 0,014	3,084 ± 0,014	3,112 ± 0,01

* $p \leq 0,05$ — при сравнении с данными противоположной конечности.

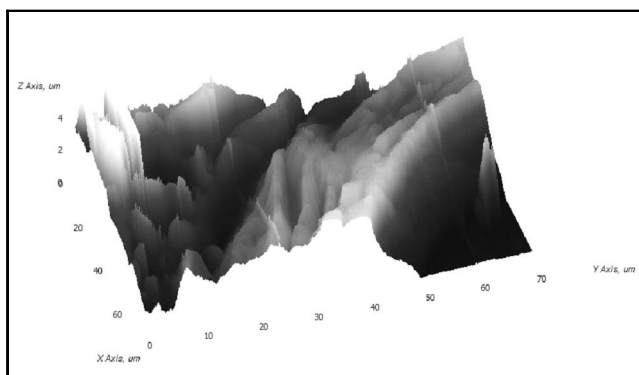


Рис. 2. Данные электронной атомно-силовой микроскопии. Микрорельеф поверхности общего фасциального футляра параневральных соединительнотканых структур нервов сгибателей в области средней трети плеча у представителей отряда парнокопытные — *Кабан (Sus Linnaeus)*, полученные в полуконтактном («tapping mode») режиме

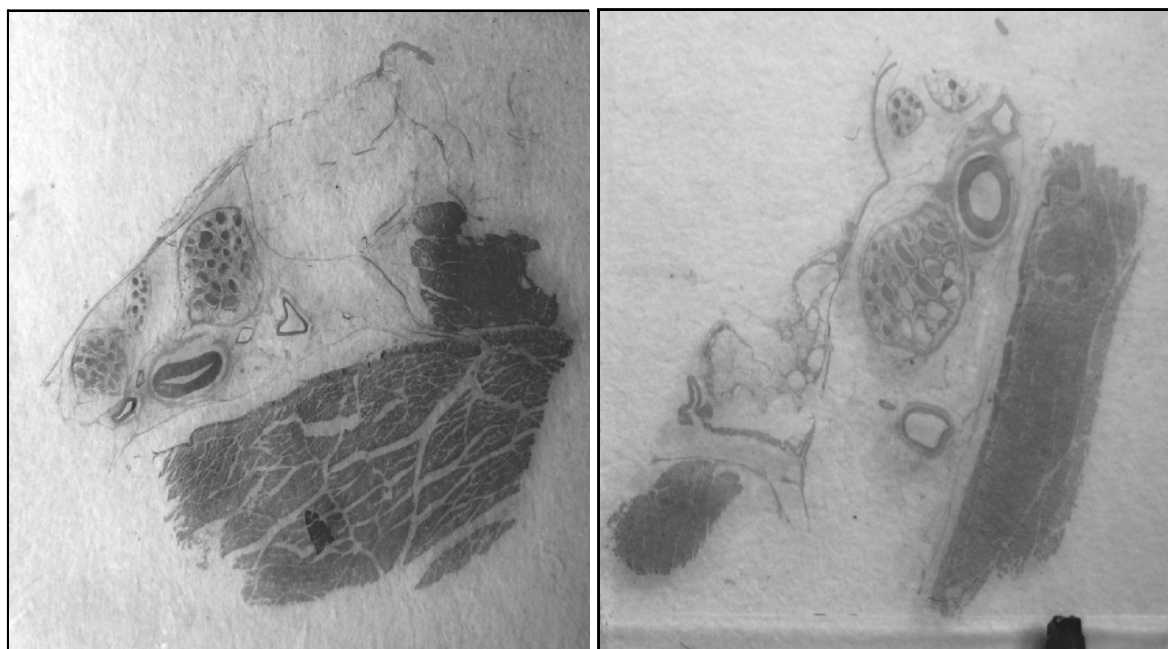
От общего фасциального футляра под острым углом отходят соединительнотканые тяжи, дистальные участки которых вплетаются в фасции окружающих мышц или разволокняются в сетчатом слое дермы и в гиподерме. От периневрия первичных нервных пучков отходят в разных направлениях соединительнотканые стропные элементы, которые пронизывают надпучковую эпиневральную ткань, соединяются друг с другом под разными углами, образуя, таким образом, соединительнотканную сеть или параневральное фасциально-клетчаточное пространство вокруг нервных стволов и кровеносных сосудов, форма которых чаще треуголь-

ная или полигональная. Промежутки между стропными элементами заполнены дольками белой жировой ткани, волокнами соединительной ткани, мелкими кровеносными сосудами и нервными стволиками.

Изучение клеточного компонента волокнистой соединительной ткани эпиневрия и параневрия выявило, что в поле зрения преобладали клетки резиденты над нерезидентами. При этом в параневрии количество клеток фибробластического ряда было достоверно больше (71—72% на правой и левой конечности соответственно), что, в свою очередь, приводило к преобладанию значений клеточного индекса (КИ) в 1,2 раза в параневрии (КИ = 2,45 и 2,57 на правой и левой конечности соответственно), в сравнении с эпиневрием. Следует отметить, что плотность клеток на единицу площади среза была больше в 1,2 раза в эпиневии в сравнении с параневрием.

Плотность кровеносных сосудов в параневрии была значительно больше, чем в эпиневии. Их количество на единицу площади среза на левой конечности было достоверно ($p \leq 0,05$) в 2 раза, а на правой в 2,3 раза больше, чем в соединительной ткани эпиневрия.

У домашней свиньи (*Sus scrofa domesticus*) форма СНП была прямоугольной или пирамидной, площадь поперечного сечения варьировала от $(92,095 \pm 0,190)$ мм² на левой конечности до $(95,498 \pm 0,295)$ мм² на правой конечности. При этом соединительная ткань занимала 1/3 от всей площади СНП и ее значения были значимо большими на правой конечности. Составными компонентами СНП также являлись крупные магистральные сосуды и три нервных ствола, имеющих многопучковое строение на поперечном разрезе (рис. 3). Топографически кровеносные сосуды располагались в осно-



А

Б

Рис. 3. Макрофотография сосудисто-нервного пучка нервов сгибателей и параневральных соединительнотканых структур в области средней трети плеча на правой (А) и левой (Б) конечности, у представителей отряда парнокопытные — *Домашняя свинья (Sus scrofa domesticus)*. Окрашено гематоксилином и эозином

вании СНП, а нервные пучки ближе к латеральной поверхности. Морфологические признаки билатеральной асимметрии достаточно хорошо визуализируются на поперечных срезах СНП.

Нервные стволы или первичные нервные пучки состоят из разного количества вторичных нервных пучков. Самый большой первичный нервный пучок был образован 26—28 вторичными нервными пучками, средний — 20—22 вторичными нервными пучками, а самый маленький образован 9 вторичными нервными пучками. Необходимо отметить, что площадь поперечного сечения как первичных, так и вторичных нервных пучков была достоверно ($p \leq 0,05$) большей на левой конечности (табл. 1). При этом выявленная закономерность у кабана подтверждается у свиньи — чем мельче первичный нервный пучок, тем меньшим количеством вторичных нервных пучков он образован, но площадь их поперечного сечения больше. Подтверждением этого является увеличение значений соотношения площади поперечного сечения вторичных нервных пучков к площади первичных нервных пучков. Этот показатель возрастал, практически, в 5 раз от крупных к мелким первичным нервным пучкам.

Первичные нервные пучки были окружены периневрием, эпителиальная часть которого образована двумя рядами плоских темных базофильных клеток, а волокнистая часть плотно и параллельно расположенными коллагеновыми волокнами. Толщина периневрия первичных нервных пучков была достоверно ($p \leq 0,05$) больше на левой конечности (табл. 2). Вторичные нервные пучки, образующие первичные, были разделены рыхлой волокнистой соединительной тканью межпучкового эпиневирия, толщина которого была наибольшей на правой конечности. Вторичные нервные пучки образованы преимущественно волокнами крупного (52 %) и очень крупного (33 %) диаметров. В поле зрения преобладают миелиновые волокна, диаметр и толщина миелиновой оболочки в которых представлены в табл. 3.

Следует отметить, что значения толщины миелиновой оболочки и диаметра миелиновых нервных волокон в малом первичном нервном пучке преобладали над значениями в среднем первичном пучке. Площадь поперечного сечения окружающей соединительной ткани варьировала от $(69,707 \pm 0,185)$ мм² на левой конечности до $(76,412 \pm 0,264)$ мм² на правой конечности. При этом значение соотношения площади нервной ткани к соединительной было в 1,2 раза больше в сравнении с кабаном, но не имело достоверных отличий между конечностями.

Параневральные соединительнотканые структуры у домашней свиньи были развиты идентично параневрию кабана, однако степень их выраженности была разной. Общий соединительнотканый футляр был достоверно ($p \leq 0,05$) тоньше в 1,5 раза, чем у кабана, при сохранности всех слоев. Изучение микрорельефа его поверхности с использованием сканирующей зон-

довой микроскопии в полуконтактном режиме представлено на микрофотографии (рис. 4).

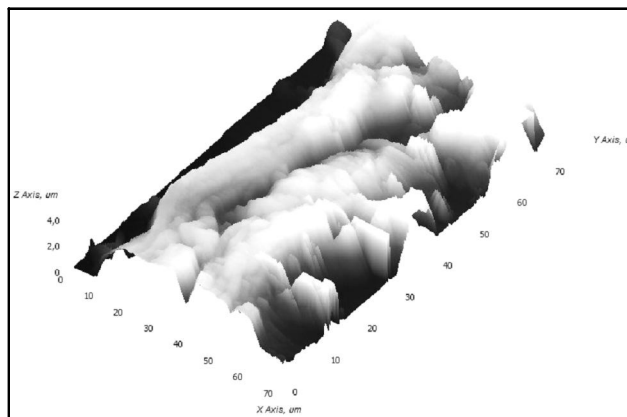


Рис. 4. Данные электронной атомно-силовой микроскопии. Микрорельеф поверхности общего фасциального футляра параневрия нервов сгибателей в области средней трети плеча у представителей отряда парнокопытные — Домашняя свинья, полученные в полуконтактном («tapping mode») режиме

С медиальной и латеральной стороны параневральное фасциально-клетчаточное пространство визуализировалось в виде полумесяца или было подразделено соединительноткаными тяжами на относительно изолированные параневральные клетчаточные сегменты, имеющие чаще треугольную форму (рис. 5).

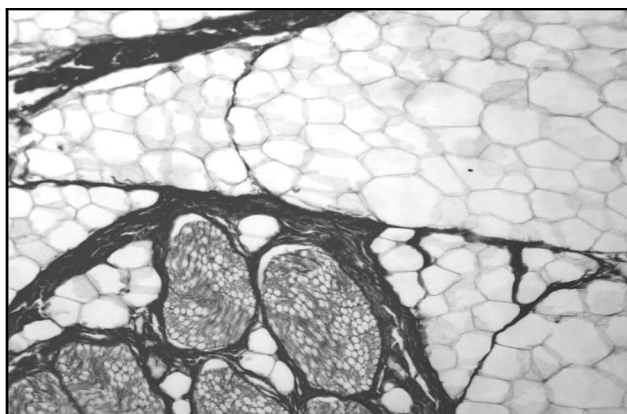


Рис. 5. Микрофотография параневральных клетчаточных сегментов треугольной формы, нервов сгибателей в области средней трети плеча у представителей отряда парнокопытные — Домашняя свинья (*Sus scrofa domestica*). Окрашено пикросириус красным. Ув. x 200

В клеточном компоненте преобладали клетки-резиденты, при этом в эпиневирии их количество составило около 65 %, а в параневрии 70 % и более, среди которых на долю клеток фибробластического ряда приходилось в параневрии более 50 %. Значение КИ были достоверно ($p \leq 0,05$) больше в 1,2 раза в параневрии. Следует отметить, что плотность клеток на единицу площади среза была значительно больше в эпиневирии, так же как и у кабана.

Изучение особенностей кровоснабжения нервных оболочек, а именно эпи- и параневрия нервов сгибателей в области средней трети плеча, выявило, что плотность и количество сосудов на единицу площади среза больше в 1,3 раза в эпиневррии, в отличие от кабанов, где достоверно ($p \leq 0,05$) значимое преобладание сосудов более чем в 2 раза, наблюдалось в параневрии).

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, проведенное исследование выявило наличие значимых отличий в строении проводникового и стромального аппаратов периферических нервов сгибателей в области средней плеча у позвоночных животных с разным типом двигательной активности грудной конечности. Выявленные отличия заключались в преобладающих значениях у домашней свиньи площади поперечного сечения СНП, преимущественно за счет увеличения площади окружающей параневральной соединительной ткани, содержащей в своем составе достоверно большие по площади фасциально-клетчаточные пространства, заполненные дольками белой жировой ткани. При этом степень организации параневральных соединительнотканых структур имела наилучшую представленность у кабана, что подтверждается более сложной организацией общего фасциального футляра и отходящих от него стропных элементов. У кабана выявлены большие значения толщины периневррии вокруг первичных нервных пучков, эндоневрия и площади занимаемой эпиневррием. В проводниковом компоненте достоверных отличий между животными не было выявлено, при этом соотношение нервной ткани к соединительной было сдвинуто в сторону последней с преобладанием значений у кабана.

Следует также отметить, что проведенное комплексное исследование разграничило друг от друга, согласно полученным новым морфологическим данным, эпиневррии и параневрии. Позволило определить тканевую принадлежность структур параневрия — плотную волокнистую соединительную ткань, в сравнении с эпиневррием, который образован рыхлой волокнистой соединительной тканью. Подтверждением этого является большая плотность клеток на стандартной площади среза в эпиневррии, чем в параневрии. При этом в волокнистом компоненте параневральной соединительной ткани наблюдалось более упорядоченное расположение волокон, компактное и параллельное друг другу в одном направлении.

Сравнительный анализ структур СНП на противоположных конечностях выявил их асимметричное строение, что подтверждает наличие билатеральной асимметрии на микроскопическом уровне в периферических нервах плечевого сплетения.

Установленные в рамках проведенного исследования морфофункциональные особенности параневральных соединительнотканых структур у животных с

разной степенью физической активности и объемом движений конечностью могут быть использованы в рамках реабилитационных программ, спортивной медицине, лечебной физкультуре.

Полученные данные об основных закономерностях морфогенеза соединительной ткани оболочек периферических нервов плечевого сплетения представляют несомненный интерес для анатомов и гистологов, с целью решения проблем фундаментального характера, в том числе и возможностью управления этими процессами.

ЛИТЕРАТУРА

1. *Автандилов, Г. Г.* Медицинская морфометрия [Текст] / Г. Г. Автандилов. — М.: Медицина, 1990. — 384 с.
2. *Байтингер, В. Ф.* Микрохирургия периферической нервной системы: от эпиневрального шва до «Millesi-Technik» / В. Ф. Байтингер // *Вопр. реконструктивной и пластической хирургии.* — 2003. — № 2 (5). — С. 22—23.
3. *Баландина, И. А.* Морфологические изменения вторичных пучков плечевого сплетения в различные сроки после их компрессии [Текст] / И. А. Баландина, О. А. Судюков, А. Е. Веселовский // *Морфологические ведомости.* — 2007. — № 3—4. — С. 12—15.
4. *Затолокина, М. А.* К вопросу о микроструктурных особенностях периферических нервов плечевого сплетения в области средней трети плеча // *Волгоградский научно-медицинский журнал.* — 2015. — № 2. — С. 27—30.
5. *Кошарный, В. В.* Макро и микроскопические структурные изменения в конечностях крыс и сосудах гемимикроциркуляторного русла при повреждении спинномозговых нервов / В. В. Кошарный, Л. В. Абдул-Оглы, И. А. Демьяненко // *Вестник проблем биологии и медицины.* — 2013. — № 2. — Т. 2. — С. 198—202.
6. *Литвиненко, Л. М.* Сосудисто-нервные комплексы тела человека. — М: «Олимп-Бизнес». — 2011. — 304 с.
7. *Масгутов, Р. Ф.* Стимуляция посттравматической регенерации седалищного нерва крысы с помощью плазмиды, экспрессирующей сосудистый эндотелиальный фактор роста и основной фактор роста фибробластов / Р. Ф. Масгутов, И. И. Салафудинов, А. А. Богов и др. // *Клеточная трансплантология и тканевая инженерия.* — 2011. — № 3. — С. 67—71.
8. *Нагорнов, Ю. С.* Изучение биологических объектов методами атомно-силовой микроскопии. — Тольятти: ТГУ. — 2012. — 67 с.
9. *Hart A. M.* Neuronal death after peripheral nerve injury and experimental if strategies for neuroprotection / A. M. Hart, G. Terenghi, M. Wiberg // *Neurol. Res.* — 2008. — Vol. 30 (10). — P. 999—1011.

Контактная информация

Затолокина Мария Алексеевна — к. м. н., доцент кафедры гистологии, цитологии, эмбриологии, Курский государственный медицинский университет, e-mail: marika1212@mail.ru