

ГИСТОЛОГИЧЕСКИЕ ПРИЗНАКИ ЭВОЛЮЦИИ ПЕРИФЕРИЧЕСКОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ НА ПРИМЕРЕ ВЕТВЕЙ ПЛЕЧЕВОГО СПЛЕТЕНИЯ У ЗЕМНОВОДНЫХ И ПРЕСМЫКАЮЩИХСЯ

¹Затолюкина М.А.

¹ГБОУ ВПО «Курский государственный медицинский университет Минздрава России», Курск, Россия, e-mail: marika1212@mail.ru

Проведено сравнительное микроскопическое изучение особенностей строения периферических нервов ветвей плечевого сплетения в области средней трети плеча у животных, находящихся на разных ступенях эволюционной лестницы. Исследование было проведено на гистологических срезах сосудисто-нервных пучков «нервов-сгибателей» и «нервов-разгибателей» передних конечностей земноводных (лягушка прудовая) и пресмыкающихся (ящерица прыткая). В результате было выявлено, что морфологическими признаками эволюционирования периферической нервной системы при переходе от водного к наземному образу жизни являются: изменение площади эпинеурия, окружающего нервные пучки, количества крупных кровеносных сосудов; увеличение количества нервных пучков в «нервах-сгибателях» и «нервах-разгибателях»; увеличение толщины перинеурия и плотности расположения нервных волокон в эндоневрии на фоне увеличения количества кровеносных сосудов в нем; увеличение относительного количества миелиновых нервных волокон и степени выраженности миелиновой оболочки. Наиболее ярко выраженные эволюционные преобразования периферических нервов происходят в «нервах-разгибателях», возможно, в связи с выходом на сушу и появлением большего разнообразия движений. Полученные нами данные несут фундаментальный характер и дополняют знания о закономерностях эволюционных процессов периферической нервной системы.

Ключевые слова: периферические нервы, перинеурий, эпинеурий, сосудисто-нервный пучок, миелиновая оболочка, «нерв-сгибатель», «нерв-разгибатель», лягушка, ящерица.

HISTOLOGICAL FEATURES OF THE EVOLUTION OF THE PERIPHERAL NERVOUS SYSTEM, FOR EXAMPLE, BRANCHES OF THE BRACHIAL PLEXUS IN AMPHIBIANS AND REPTILES

¹Zatolokina M.A.

¹Kursk Stat Medical University, Kursk, Russia, e-mail: marika1212@mail.ru

Studying the evolutionary aspects of the peripheral nervous system, which main purpose is to provide the connection between the central nervous system and the external environment and Target organs, is very important and essential nowadays. A comparative study, of the microscopic structural features of peripheral nerve branches of the brachial plexus in the middle third of the shoulder in animals at various stages of the evolutionary ladder, has been done. The research was conducted on the histological sections of nerve bundles of flexor and extensor nerves on the forelimbs of amphibians (frog pond) and reptiles (lizard nimble). As a result morphological signs of peripheral nervous system evolution during the transition from water to terrestrial life were identified : the change in the epineurium area, which surrounds the nerve branches, change in the number of large blood vessels, an increase in the number of nerve bundles in the flexors and extensors nerves an increase in the thickness of perineurium and the density of nerve fibers in the endoneurium considering an increase in the number of blood vessels therein. An increase in the relative number of myelinated nerve fibers and the severity of the myelin sheath. The most marked evolutionary transformation of peripheral nerves occur in the extensor nerves, perhaps, its connected with access to land and the emergence of a greater variety of movements. Our data are fundamental and fulfill the knowledge about the patterns of evolutionary processes of the peripheral nervous system.

Keywords: peripheral nerves, perineurium, epineurium, the neurovascular bundle, the myelin sheath , «nerve – bender», «nerve – extensor», frog, lizard.

Вопросам эволюции нервной системы посвящено достаточное количество научных работ как российских, так и зарубежных авторов [1; 3]. Однако большинство авторов обращают внимание преимущественно на эволюционирование центральной нервной

системы, а изменениям в периферической нервной системе уделяют незначительное внимание. Как известно, функциональной эволюции любой системы живого организма соответствует морфологическая эволюция. В доступной нам литературе достаточно подробно описаны морфологические изменения, наблюдаемые в центральной нервной системе при переходе позвоночных от водного к наземному образу жизни. Так, спинной мозг у амфибий развит значительно лучше, чем головной, состоящий из пяти отделов, расположенных в одной горизонтальной плоскости. В головном мозге наилучшего развития достигают промежуточный и продолговатый отделы. Мозжечок, в связи с однообразием движений и малой подвижностью, развит очень слабо [4; 6].

У ящериц, в сравнении с лягушками, эволюционные изменения в центральной нервной системе заключаются в следующем: передний мозг, состоящий из двух больших полушарий и имеющий абсолютно гладкую поверхность, сближается при помощи длинного обонятельного тракта с обонятельными луковицами, а не с промежуточными, как у амфибий. Передний мозг выполняет ведущую роль в организации поведения. Его размеры стали существенно больше и превосходят другие отделы головного мозга. У пресмыкающихся достаточно хорошо различим неопаллиум, который у земноводных выражен очень слабо. Мозжечок у ящериц более крупный и выпуклый в связи с разрастанием верхней поверхности. Его корпус развит сильнее, чем у лягушек. Теменной орган достигает своего максимального развития и функционирует как светочувствительный аппарат, реагирующий преимущественно на длинные световые волны. Что касается периферической нервной системы, то в области плечевого и тазового поясов образуются типичные нервные сплетения, обеспечивающие иннервацию скелетных мышц конечностей [5; 6]. Данные по периферической нервной системе, а именно по морфологическим перестройкам периферических нервов, скудные, однообразные и неполные [2; 7; 8]. Такое состояние проблемы и определило цель нашего исследования.

Цель исследования

Микроскопическое изучение морфологических особенностей периферической нервной системы в эволюционном аспекте на примере строения длинных ветвей плечевого сплетения в области средней трети плеча.

Материалы и методы

Исследование было проведено на достаточном количестве представителей класса земноводных (лягушка прудовая – *Rana lessonae* Camerano) и пресмыкающихся (ящерица прыткая – *Lacerta agilis*) (40 органокомплексов сосудисто-нервного пучка). Все исследуемые животные перед введением в эксперимент находились на двухнедельном карантине в экспериментально-биологической клинике (виварий) КГМУ, в течение которого были

сформированы экспериментальные группы, рандомизированные по полу и весу. Обращение с животными, их содержание и умерщвление проводилось в соответствии с конвенцией «О защите позвоночных животных, используемых для экспериментов или в иных целях», принятой Советом Европы (Страсбург, 1986 г.), и директивой Совета 86/609/еес от 24.11.86 по согласованию законов, правил и административных распоряжений стран-участниц в отношении защиты животных, используемых в экспериментальных и других научных целях.

У исследуемых животных отсекали обе конечности плечевого пояса, в области средней трети плеча производили забор сосудисто-нервных пучков нервов-сгибателей и нервов-разгибателей с окружающими мышцами. Полученный материал фиксировали в 10%-ном водном растворе нейтрального (кальциевого) формалина. Для общегистологического изучения полученный материал заливали в парафин по стандартной методике и микротомировали. Обзорное гистологическое исследование проводили на поперечных срезах сосудисто-нервных пучков, толщиной 10-12 мкм, окрашенных гематоксилином и эозином. Для изучения стромального компонента сосудисто-нервного пучка использовали окраску по Маллори и пикрофуксином по Ван-Гизону, железным гематоксилином по Гайденгайну. Для изучения проводникового компонента периферических нервов препараты окрашивали по методу Вейгерта-Паля (окраска миелиновых оболочек), толуидиновым синим по Нисслю. Для анализа полученных гистологических препаратов проводилась их микроскопия и описательная морфология. Морфометрия проводилась на цифровых микрофотографиях, полученных с помощью оптической системы микроскопа Leica-CME и окулярной фотонасадки DCM-510. Данные, полученные в условных единицах (пикселях), были переведены в абсолютные единицы (мкм) с помощью специально выведенных коэффициентов для различных увеличений микроскопа.

На цифровых микрофотографиях поперечных срезов сосудисто-нервных пучков определяли количество первичных нервных пучков, образующих нерв-сгибатель или нерв-разгибатель; по кариологическим признакам определяли соотношение разных типов клеток, в окружающей нервные стволы соединительной ткани; измеряли площадь поперечного сечения сосудисто-нервного пучка окружающей соединительной ткани, нервных стволов; максимальные и минимальные диаметры нервных пучков; толщину периневрия, эндоневрия, миелиновой оболочки; подсчитывали количество миелиновых и безмиелиновых нервных волокон в нервных пучках и их соотношение, выраженное в относительных единицах (%). Полученные при исследовании морфометрические данные обрабатывали вариационно-статистическими методами. Для всех ранее названных параметров определяли минимальное и максимальное значения, среднюю арифметическую, ошибку средней арифметической. Достоверность различий определяли с помощью непараметрического критерия Вилкоксона-

Манна-Уитни. При этом различия считали достоверными при 95%-ном пороге вероятности ($P \leq 0,05$). Все вычисления выполнялись с помощью аналитического пакета приложения Excel Office 2010, лицензией на право использования которой обладает КГМУ.

Результаты исследования и их обсуждение

Сосудисто-нервные пучки периферических нервов плечевого сплетения в области средней трети плеча на поперечных срезах имели треугольную (нервы-сгибатели) или веретеновидную форму (нервы-разгибатели) как у лягушек, так у ящериц. Снаружи все сосудисто-нервные пучки были заключены в собственные тонкие фасциальные влагалища и образованы нервными стволами и крупными кровеносными сосудами артериального и венозного русла, между которыми располагалась соединительная ткань, обеспечивающая тесную взаимосвязь между компонентами сосудисто-нервного пучка и объединяющая их в анатомически и функционально единое целое (рис. 1).

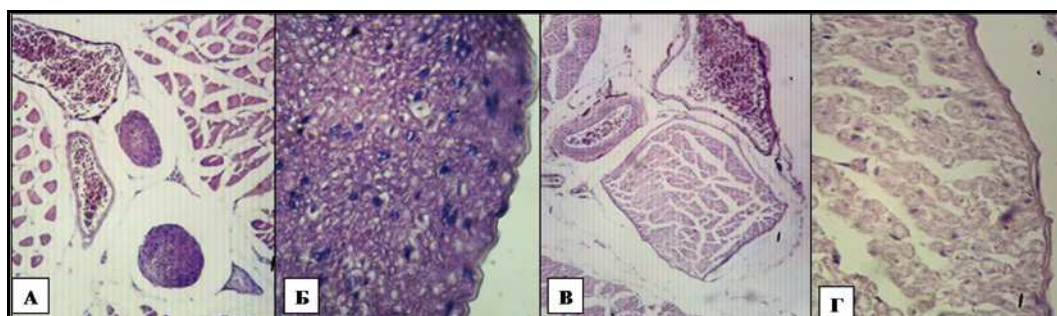


Рис. 1. Микрофотография сосудисто-нервных пучков периферических нервов плечевого сплетения в области средней трети плеча у земноводных и пресмыкающихся. У ящерицы - А, у лягушки - В. Ув. 200. Периневрий, эндоневрий и нервные волокна у ящерицы - Б, у лягушки - Г. Ув. 400. Окр. Г+Э.

Площадь поперечного сечения сосудисто-нервных пучков было достоверно ($p \leq 0,5$) больше в нервах-сгибателях у лягушки, а у ящерицы в нервах-разгибателях. При этом площадь поперечного сечения соединительной ткани, окружающей нервные пучки и крупные сосуды, имела ту же тенденцию, и ее средние значения в нервах-разгибателях у ящерицы были в 2,5 (на левой конечности) или 3,5 раза (на правой конечности) больше, чем в нервах-сгибателях (табл. 1).

Таблица 1

Средние значения некоторых показателей сосудисто-нервного пучка в области средней трети плеча у земноводных и пресмыкающихся

Показатели	Площадь попереч-	Площадь попереч-	Площадь попереч-
------------	------------------	------------------	------------------

Животные		ного сечения сосу- дисто-нервного пучка	ного сечения соеди- нительной ткани	ного сечения нерв- ного пучка
лягушка	Левый сгиб.	19,7±4,51*	11,6±0,71*	3,9±1,42*
	Левый разгиб.	16,1±2,50*	10,8±0,52*	3,7±0,16*
	Правый сгиб.	19,9±7,42*	12,2±1,23*	3,9±0,81*
	Правый разгиб.	15,7±3,95*	11,2±0,51*	3,3±0,64*
ящерица	Левый сгиб.	1,9±0,11*	1,4±0,11*	0,2±0,05*
	Левый разгиб.	4,9±0,19*	3,7±0,34*	0,4±0,06*
	Правый сгиб.	1,8±0,15*	1,3±0,12*	0,2±0,07*
	Правый разгиб.	7,2±0,36*	4,4±0,31*	0,8±0,08*

* $p \leq 0,05$ при сравнении конкретного параметра между экспериментальными животными.

У лягушки периферические нервы в области средней трети плеча состояли из одного-двух пучков в нервах-разгибателях и двух-четырех в нервах-сгибателях. У ящерицы количество нервных пучков было значительно больше и составило в нервах-разгибателях 3-4 пучка, в нервах-сгибателях 4-6 пучков, в зависимости от конечности. Нервные пучки у лягушки были овальной формы, у ящерицы преимущественно сферической или шарообразной формы. Максимальные значения площади поперечного сечения у лягушки составили $3,99 \pm 1,42 \text{ мм}^2$, а у ящерицы – $0,80 \pm 0,08 \text{ мм}^2$ (табл. 1). Соотношение площади нервного пучка к площади, занимаемой соединительной тканью, было достоверно ($p \leq 0,05$) больше в 1,5-2 раза у лягушки, чем у ящерицы. При этом при вычислении соотношения площади поперечного сечения соединительной ткани к площади поперечного сечения сосу-дисто-нервного пучка достоверных отличий между животными выявлено не было. Этот показатель составил 0,64 у лягушки и 0,69 у ящерицы.

Интересно отметить, что нервные пучки как нерва-сгибателя, так и нерва-разгибателя у ящерицы располагались в эпиневррии не разрозненно, как у лягушки, а группами – по 2-3 пучка, объединенных общим тонким фасциальным футляром. В каждой такой группе нервных пучков присутствовал кровенаполненный магистральный сосуд.

Все нервные пучки окружены хорошо выраженным периневрием, в прослойках которого у ящериц встречаются мелкие кровеносные сосуды. Толщина периневрия и у лягушки, и у ящерицы существенно больше в нервах-сгибателях и составила соответственно $23,8 \pm 4,6$ и $8,76 \pm 0,6$ мкм слева и $22,6 \pm 3,9$ и $5,2 \pm 0,6$ мкм справа. Соотношение толщины периневрия к площади поперечного сечения нервного пучка было достоверно большим у ящерицы, что свидетельствует о более значимом развитии этой оболочки у пресмыкающихся. Нервные пучки образованы миелиновыми и безмиелиновыми нервными волокнами, между которыми расположены прослойки рыхлой волокнистой соединительной ткани эндоневрия. В эндоневрии ящериц встречается большее количество мелких

кровеносных сосудов в стандартном поле зрения, чем у лягушки, при этом нервные волокна расположены более компактно и плотно.

Одним из важнейших направлений эволюции нервных элементов является миелинизация нервных волокон у позвоночных, которая существенно повышает скорость передачи нервного импульса. В нашем случае при подсчете количества миелиновых и безмиелиновых волокон в нервных пучках и определении их соотношения было выявлено, что количество миелиновых волокон у лягушки варьировало от 53 до 66% без достоверных отличий между нервами-сгибателями и нервами-разгибателями; у ящериц также преобладали миелиновые волокна, но их количество было значительно бóльшим и варьировало от 68 до 90%, при этом достоверно ($p \leq 0,05$) бóльшие значения наблюдались в нервных пучках нервов-сгибателей. Интересно также отметить, что в обеих экспериментальных группах диаметр миелиновых волокон был чуть больше диаметра безмиелиновых волокон, при этом наибольшие значения диаметра миелинового волокна наблюдались в нервных пучках нерва-сгибателя, преимущественно на левой конечности. Толщина миелиновой оболочки в мягкотных волокнах имела похожую тенденцию, но при этом достоверно ($p \leq 0,05$) бóльшие значения были выявлены в нервных волокнах, образующих нервы-сгибатели у пресмыкающихся (рис. 2).

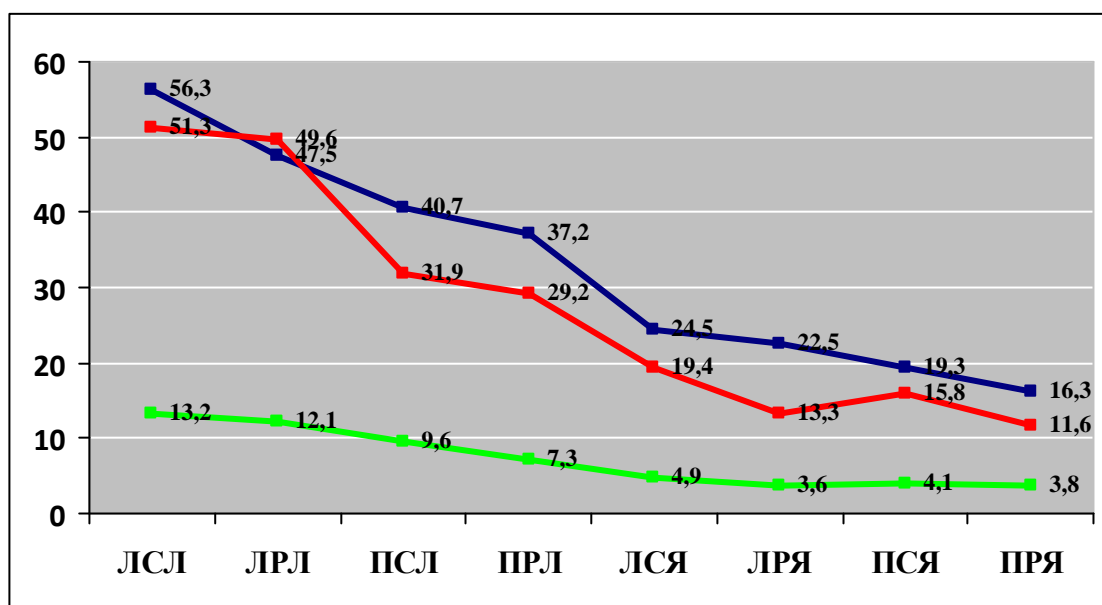


Рис. 2. Изменения диаметра нервных волокон (миелиновые волокна – синего цвета, безмиелиновые – красного) и толщины миелиновой оболочки (зеленого цвета) периферических нервов плечевого сплетения, выраженные в мкм, в области средней трети плеча правой и левой конечности у земноводных и пресмыкающихся.

Заключение. Таким образом, проведя комплексное гистологическое изучение периферических нервов в области средней трети плеча у животных, находящихся на разных ступенях эволюционной лестницы, мы выявили, что эволюция периферической нервной

системы заключается как в качественном, так в количественном преобразовании структурных элементов нервного пучка. Основными морфологическими признаками эволюционирования периферической нервной системы у пресмыкающихся, в сравнении с земноводными, были следующие: изменение площади эпинеурия, окружающего нервные пучки; изменение диаметра и количества крупных кровеносных сосудов; увеличение количества нервных пучков в нервах-сгибателях и нервах-разгибателях; увеличение толщины перинеурия и плотности расположения нервных волокон в эндоневрии на фоне увеличения количества кровеносных сосудов в нем. Увеличение относительного количества миелиновых нервных волокон и степени выраженности миелиновой оболочки. Наиболее ярко выраженные эволюционные преобразования периферических нервов происходят в нервах-разгибателях, возможно, в связи с выходом на сушу и появлением большего разнообразия движений. Полученные нами данные носят фундаментальный характер и дополняют знания о закономерностях эволюционных процессов периферической нервной системы.

Список литературы

1. Балеева Н.В. Грудной пояс амфибий : учебное пособие. - СПб. : Санкт-Петербургский университет, 2009. - 149 с.
2. Калмин О.В. Морфологические факторы биомеханической надежности периферических нервов : автореф. дис. ... канд. мед. наук. - Саранск, 1998. – 36 с.
3. Левкин Г.Г. Билатеральная асимметрия у животных при содержании в неволе // Асимметрия. - 2009. - № 1. - С. 29-36.
4. Лысенко Е.В. Общие и индивидуальные клинико-неврологические и электронейромиографические особенности периферической нервной системы ликвидаторов последствий аварии на Чернобыльской АЭС // Человек и его здоровье : курский научно-практический вестник. - 2009. - № 3. - С. 89-96.
5. Ноздрачев А.Д. Анатомия лягушки : практическое пособие / А.Д. Ноздрачев, Е.Л. Поляков. - М. : Высшая школа, 1994. - 320 с.
6. Ноздрачев А.Д. [и др.] Начало физиологии : учебник для вузов / под ред. академика РАН А.Д. Ноздрачева. – СПб. : Лань, 2001. – 1088 с.
7. Савельев С.В. Энергетический подход к эволюции мозга // Наука и жизнь. - 2006. - № 11. - С. 15-24.
8. Турсунова Ю.П. Морфологические изменения пучков плечевого сплетения / Ю.П. Турсунова, И.А. Баландина, О.А. Судюков // Морфология. - 2009. - № 3. - С. 13.

9. Турсунова Ю.П. Морфометрические показатели миелиновых и безмиелиновых нервных волокон срединного нерва / Ю.П. Турсунова, И.А. Баландина, О.А. Судюков, Л.В. Некрасова // Медицинская наука и образование Урала. – Тюмень, 2010. - С. 71-74.

Рецензенты:

Иванов А.В., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой гистологии, цитологии, эмбриологии, ГБОУ ВПО «КГМУ Минздрава России», г. Курск;

Харченко В.В., д.м.н., профессор, заведующий кафедрой анатомии человека, ГБОУ ВПО «КГМУ Минздрава России», г. Курск.