

8. Kolaeva S.G., Semenova T.P., Santalova I.M. et al. Effects of L-thyrosyl-L-arginine (kyotorphin) on the behavior of rats and goldfish. *Peptides*, 2000, v. 21, № 9, p. 1331–1336.
9. Korn H. and Faber D.S. The Mauthner cell half a century later: a neurobiological model for decision-making? *Neuron*, 2005, v. 47, № 1, p. 13–22.
10. Moshkov D.A., Mikhailova G.Z., Grigorieva E.E. and Shtanchaev R.S. Role of different dendrites in the functional activity of the central neuron controlling goldfish behavior. *J. Integr. Neurosci.*, 2009, v. 8, № 4, p. 441–451.
11. Moshkov D.A. and Santalova I.M. Distribution of calcium pyroantimonate precipitates in *Xenotoca* Mauthner cells at normal and increased functional activity. *Neuroscience*, 1995, v. 65, № 3, p. 917–925.
12. Santalova I.M. and Moshkov D.A. Smooth endoplasmic reticulum in fish Mauthner cells at different functional states. *Neuroscience*, 1999, v. 89, № 2, p. 593–602.
13. Weiss S.A., Preuss T. and Faber D.S. Phase encoding in the Mauthner system: implications in left-right sound source discrimination. *J. Neurosci.*, 2009, v. 29, № 11, p. 3431–3441.
14. Zottoli S.J., Hordes A.R. and Faber D.S. Localization of optic tectal input to the ventral dendrite of the goldfish Mauthner cell. *Brain Res.*, 1987, v. 401, № 1, p. 113–121.

Поступила в редакцию 13.01.11

MAUTHNER NEURONS ULTRASTRUCTURE AFTER OPTOKINETIC STIMULATION AND EYE ENUCLEATION

I.B. Mikheyeva, N.Yu. Tsaplina, Ye.Ye. Grigorieyva, Ye.N. Bezgina, R.Sh. Shtanchayev, G.Z. Mikhailova, N.R. Tiras and D.A. Moshkov

It was previously shown that the contralateral (relative to preferred side of turns) optokinetic stimulation and ipsilateral eye enucleation cause a significant, 2- to 4-fold reduction of the ventral dendrite (VD) volume in one of two goldfish Mauthner neurons (MN) that becomes more active functionally. In this study, we investigated the MN ultrastructure after mentioned unilateral visual effects. In both cases, devastation of the afferent synapses was detected along the full length of the reduced VD, with simultaneous compaction of its cytoskeleton, in contrast to those of VD of the contralateral MN and of lateral dendrites and cell bodies of both neurons. It is suggested that the depleted synapses belong to the excitatory visual afferent input, and both cytoskeletal and synaptic mechanisms are involved in the regulation of MN functional activity through VD.

Key words: *Mauthner neurons, ultrastructure, optokinetic stimulation, eye enucleation*

Laboratory of Neuron Ultrastructure, RAS Institute of Theoretical and Experimental Biophysics, Pushchino; «Biomedical Sciences» Master's Educational Program, Pushchino State University

© Г.Д. Сафонова, 2011
УДК 611.892:616.718.5/6-089.843:636.7

Г.Д. Сафонова

СТРУКТУРНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ НЕЙРОНОВ ЧУВСТВИТЕЛЬНЫХ УЗЛОВ СПИННОМОЗГОВЫХ НЕРВОВ ПРИ УДЛИНЕНИИ ГОЛЕНИ ВЗРОСЛЫХ СОБАК

Лаборатория морфологии (зав. — проф. Ю.М. Ирьянов), Российский научный центр «Восстановительная травматология и ортопедия» им. акад. Г.А. Илизарова, г. Курган; e-mail: galdm@mail.ru

Аппаратом Илизарова удлинляли голень 9 взрослых беспородных собак. С применением нейрогистологического и количественного методов исследования изучали морфофункциональное состояние нейронов чувствительных узлов (L_{VII}) спинномозговых нервов, принимающих участие в иннервации голени после distraction с темпом 1 мм за 4 приема в течение 28 сут, после фиксации в течение 1 мес и через 1 мес после снятия аппарата. Контролем служил материал от трех интактных животных. Наиболее интенсивное нарастание структурных изменений в различных популяциях чувствительных нейронов прослежено в период distraction, они характерны и через 1 мес после снятия аппарата. В популяциях крупных, средних и малых нейронов по сравнению с таковым у интактных животных выявлено уменьшение в 2–3 раза количества нормохромных клеток с центральным положением ядра и ядрышка при одновременном пропорциональном увеличении числа клеток с сочетанием периферического хроматолиза и дислокации ядерно-ядрышкового аппарата.

Ключевые слова: *чувствительные узлы спинномозговых нервов, чувствительные нейроны, морфометрия, distractionный остеосинтез*

На этапе становления метода distractionно-компрессионного остеосинтеза выполнены морфологические исследования, позволившие выявить сроки и особенности формирования костного регенерата [13], влияние distraction на состояние мягкотканых структур удлиняемого сегмента конечности [3, 10] и периферических

нервов [4, 14]. Однако морфологические работы, касающиеся центральной нервной регуляции процессов перестройки костного регенерата, адаптации вовлеченных в эти процессы структур, малочисленны и фрагментарны. Выполнены лишь исследования, в которых показаны изменения в эфферентной части рефлекторной дуги при

моно- и полилокальном остеосинтезе [5], имеются сведения о состоянии чувствительных нейронов при увеличении сегмента конечности свыше 20% от исходной длины с использованием постоянного и переменного режимов distraction [11], а также при удлинении голени в высокодетальном режиме и с применением интрамедуллярных спиц [12, 16].

Цель данной работы — изучить морфофункциональное состояние нейронов чувствительных узлов спинномозговых нервов интактных взрослых собак и при удлинении голени с помощью аппарата Илизарова, дать количественную оценку структурных преобразований этих нейронов в периоды distraction, фиксации и после снятия аппарата.

Материал и методы. Для нейростологических исследований и количественного анализа структурных изменений чувствительных нейронов использованы ипсилатеральные узлы L_{VII} спинномозговых нервов трех интактных и девяти экспериментальных взрослых беспородных собак, которым аппаратом Илизарова производили удлинение правой голени (экспериментатор — А.А. Еманов) с темпом 1 мм за 4 приема в течение 28 сут. Величина удлинения составила 28 мм, или 14–18% от исходной длины голени. Животных выводили из эксперимента введением предельной дозы барбитуратов по окончании периодов: distraction (1 мес, $n=3$), последующей фиксации аппарата (1 мес, 2 мес от начала опыта, $n=3$) и через 1 мес после снятия аппарата (3 мес от начала опыта, $n=3$). Работа проведена в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных (приложение к приказу № 755 от 12.08.1977 г. МЗ СССР), а также с требованиями Европейской конвенции по защите позвоночных животных, используемых для экспериментальных целей.

Чувствительные узлы L_{VII} спинномозговых нервов фиксировали в смеси Бродского, обезжировали и заливали в парафин. Продольные серийные срезы толщиной 6 мкм окрашивали крезильным фиолетовым и тионином по методу Ниссля. Изучали морфофункциональное состояние чувствительных нейронов в указанные сроки эксперимента.

Количественные исследования выполняли на нейронах, имеющих в плоскости среза ядрышко и четко контурированное ядро. У одного животного изучали не менее 200 нейронов с подразделением их на крупные, средние и малые, ориентируясь на размерные характеристики перикарионов, полученные нами ранее [13]. В изучаемых популяциях нейронов выделяли 2 группы: нормохромные и гипохромные. В группе нормохромных клеток рассматривали подгруппы: с центральным положением ядерно-ядрышкового аппарата (Нх ЦЯ) и с его дислокацией (Нх ДЯ); в группе гипохромных — с наличием периферического хроматолиза при центральном расположении ядерно-ядрышкового аппарата (Пх ЦЯ) и в сочетании с дислокацией последнего (Пх ДЯ). Вне этих групп учитывали: гиперхромные нейроны; с наличием центрального хроматолиза; с отложением хроматофильного вещества около оболочки ядра; предельного смещения (эктопии) компонентов ядерно-ядрышкового аппарата.

Для выполнения количественного анализа использовали компьютерную программу Microsoft Excel. Вычисляли долю нейронов с обозначенными видами структурных изменений

от общего количества изученных нейронов в каждой популяции.

Результаты исследования. В процессе удлинения конечности в чувствительных нейронах различных популяций ипсилатеральных узлов L_{VII} спинномозговых нервов прослеживались разнообразные структурные изменения (рис. 1, а).

В популяциях крупных и средних нейронов наиболее характерны различные варианты периферического хроматолиза, чаще в сочетании со смещением ядрышка, при этом значительная часть нейронов сохраняли нормальную структуру (см. рис. 1, б). Обнаруживались клетки со значительно выраженными структурными преобразованиями, такими как изменение формы ядра (см. рис. 1, в). Для малых нейронов были более характерны преобразования, касающиеся состояния ядерно-ядрышкового аппарата: помимо смещения данных структурных компонентов, в некоторых клетках можно было наблюдать такие изменения, как наличие хроматофильного вещества около оболочки ядра (см. рис. 1, г).

Как показали количественные исследования, структурные преобразования нейронов изученных популяций были наиболее выражены после выполнения distraction как в группе нормо-, так и гипохромных клеток. При этом наиболее существенные изменения доли нейронов по сравнению с таковой у интактных животных выявлены во все сроки эксперимента в следующих подгруппах Нх ЦЯ и Пх ДЯ (рис. 2).

В популяции крупных (проприоцептивных) нейронов за период distraction происходило уменьшение доли клеток с Нх ЦЯ, практически в 2 раза по сравнению с показателями у интактных животных — 18,87 и 36,43% соответственно (см. рис. 2, а).

Доля крупных нейронов с Нх ДЯ за период distraction по сравнению с таковой у интактных животных не изменилась, однако за период фиксации их доля уменьшилась на 10% и составила 12,57%.

В группе крупных нейронов с наличием периферического хроматолиза с увеличением срока эксперимента наблюдалось нарастание структурных преобразований. Наиболее значительные количественные изменения были в подгруппе с Пх ДЯ: у интактных животных доля таких нейронов составила 20,71%, у экспериментальных животных — возросла до 39,54% (см. рис. 2, а).

В популяции средних нейронов обозначенные тенденции структурных преобразований в ответ на длительные distractionные воздействия сохранялись, т. е. наблюдалось резкое уменьшение количества нейронов, имеющих нормальную

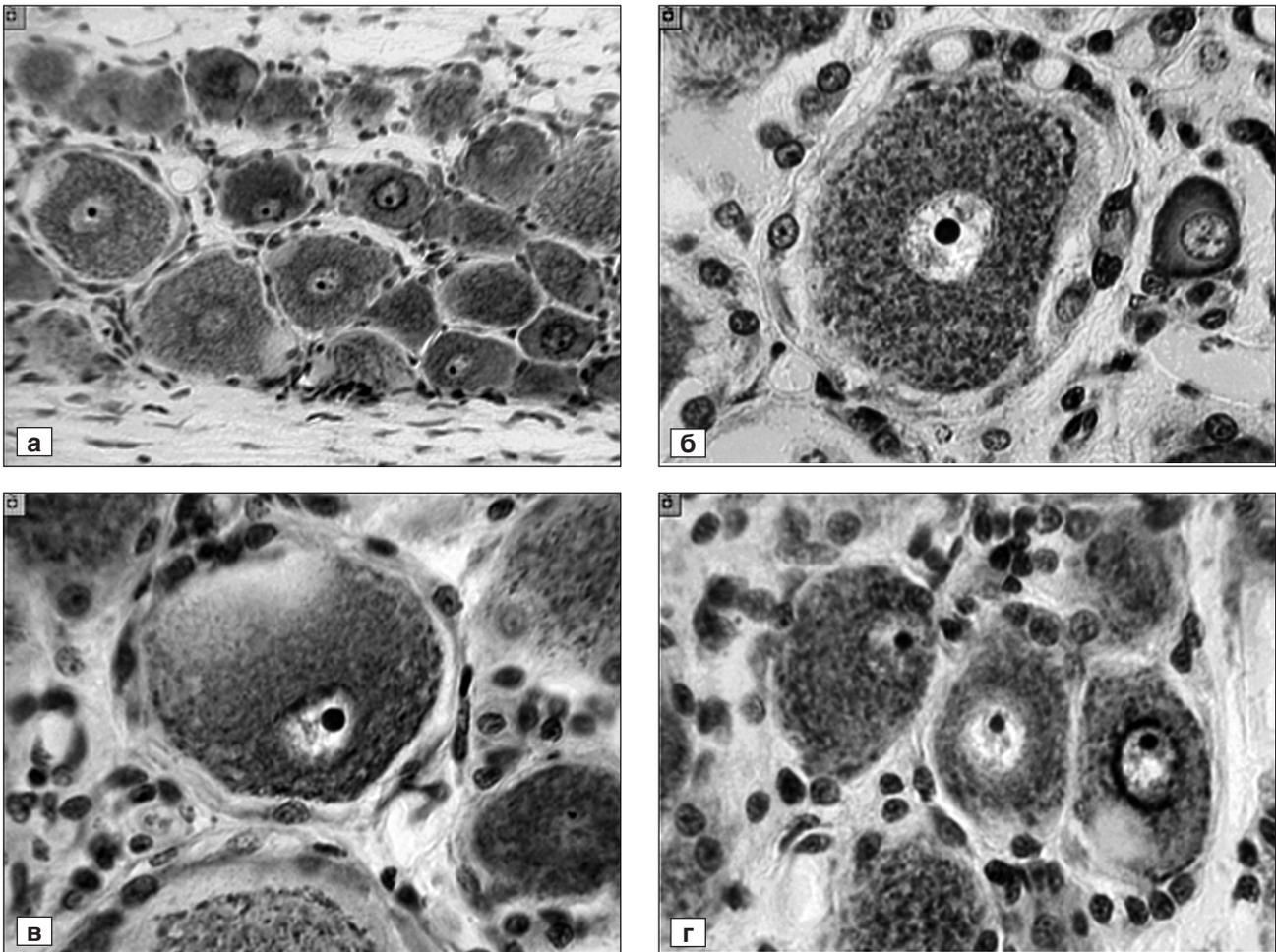


Рис. 1. Нейроны чувствительных узлов спинномозговых нервов собак при удлинении голени.

а — характерные варианты структурных изменений; б — центральное расположение ядерно-ядрышкового аппарата при равномерном распределении хромотофильного вещества; в — локальный периферический хромотолиз в сочетании с дислокацией и изменением формы ядра; г — различные изменения в малых нейронах: дислокация ядра (слева), дислокация ядрышка (в центре) и отложение хромотофильного вещества на оболочке ядра (справа). Окраска крезильовым фиолетовым и тионином по методу Ниссля. а — об. 6,3, ок. 12,5; б-г — об. 16, ок. 12,5.

структуру, и увеличение — числа клеток с сочетанными изменениями.

При этом доля нейронов с Нх ЦЯ после дистракции составила 21,43% (у интактных животных — 37,71%) и практически не изменялась в течение эксперимента.

В подгруппе средних нейронов с Нх ДЯ различия показателей по сравнению с таковыми у интактных животных и в различные сроки эксперимента не превышали 4%.

В группе средних нейронов с наличием периферического хромотолиза прослеживалась разнонаправленность структурных преобразований. При этом за период дистракции доля подгруппы нейронов с Пх ЦЯ уменьшилась на 3%, а подгруппы с Пх ДЯ — увеличилась на 14% (см. рис. 2, б).

В популяции малых (ноцицептивных) нейронов также наиболее значительные структурные преобразования наблюдались в период дистрак-

ции, при этом доля клеток с Нх ЦЯ уменьшилась до 20,44% (у интактных животных — 41,56%).

В подгруппах малых нейронов с «переходными» формами структурных преобразований изменения были умеренными. При этом доля нормохромных клеток с дислокацией ядерно-ядрышкового аппарата (Нх ДЯ) увеличивалась в течение эксперимента по сравнению с таковой у интактных животных на 2–5%, а с Пх ЦЯ — снижалась на 4%.

В подгруппе нейронов с максимально выраженными обратимыми структурными изменениями доля клеток с Пх ДЯ за период дистракции увеличивалась на 15% (см. рис. 2, в). Выраженность периферического хромотолиза соотносилась с особенностями расположения ядерно-ядрышкового аппарата. Как правило, при существенных смещениях компонентов последнего была характерна более значительная степень гипохромии.

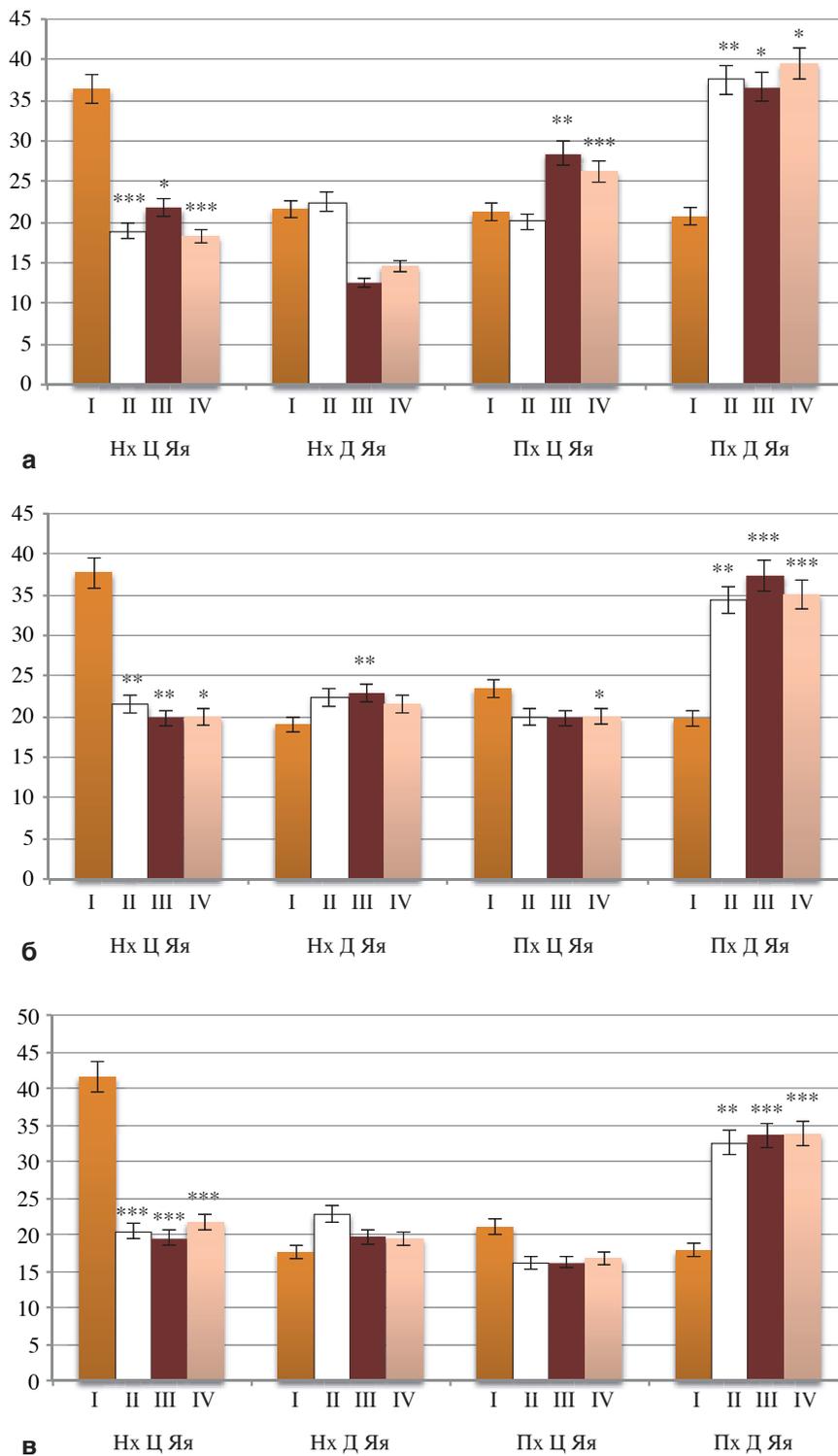


Рис. 2. Доля нейронов с различными структурными характеристиками в популяциях крупных (а), средних (б) и малых (в) клеток чувствительных ганглиев L_{VII} спинномозговых нервов интактных взрослых собак и при удлинении голени с темпом 1 мм/сут.

По оси абсцисс: I — интактные животные (контроль); II — 1 мес; III — 2 мес; IV — 3 мес от начала опыта; по оси ординат — исследованный показатель (%); Нх — нормохромные клетки; Пх — клетки с периферическим хроматолизом; Ц Я — центральное расположение ядерно-ядрышкового аппарата, Д Я — дислокация ядерно-ядрышкового аппарата.

Вертикальные отрезки — значения стандартной ошибки. Различия по сравнению с контролем значимы: * при $P < 0,01$; ** при $P < 0,005$; *** при $P < 0,001$.

Предельное смещение ядерно-ядрышкового аппарата наблюдалось в основном среди нейронов с наличием отчетливо выраженного периферического хроматолиза, при этом у интактных и экспериментальных животных эктопии ядер в крупных клетках не выявлено, тогда как в популяциях средних и малых нейронов имели место единичные случаи.

Эктопия ядрышка, отражающая наиболее значительные структурные изменения, наблюдалась во всех популяциях клеток, при этом в период distraction прослеживалось увеличение в 2 раза количества крупных и средних клеток по сравнению с таковым у интактных животных, а малых — в 2,6 раза. В последующем прослеживалась тенденция к снижению количества клеток с предельным смещением ядрышка: в популяциях крупных и средних нейронов — в период фиксации, в популяции малых — после снятия аппарата (таблица).

Случаи гиперхромии чувствительных нейронов единичны, они наблюдались в основном в период фиксации и после снятия аппарата. Доля клеток с отложением хроматофильного вещества около оболочки ядра, а также с наличием центрального хроматолиза в популяции малых нейронов во все периоды эксперимента была в пределах 4%, при этом у интактных животных она не превышала 1,35%.

Обсуждение полученных данных. Зависимость выраженности морфологических изменений в различных структурных составляющих двигательного анализатора от уровня двигательной активности животных показана в ряде исследований [7, 8]. При удлинении конечности участие нейронов данного анализатора в регуляции движений очевидно

Доля нейронов с эктопией ядрышка в ипсилатеральных чувствительных узлах (L_{VII}) спинномозговых нервов у интактных животных (контроль) и в различные периоды удлинения голени аппаратом Илизарова ($\bar{x} \pm s_{\bar{x}}$, %)

Нейроны	Контроль	Дистракция	Фиксация	Без аппарата
Крупные	9,2±0,5	17,8±0,4**	16±5	16,6±1,4**
Средние	7,4±2,1	15,5±1,1*	12±4**	13,2±1,1**
Малые	5,2±0,5	13,5±1,6**	13,9±2,5**	11,6±1,6**

* Различия по сравнению с контролем значимы при $P < 0,01$; ** при $P < 0,001$.

[1, 15], вследствие того, что дистракция, как процесс длительного дозированного растяжения всех тканей удлиняемого сегмента конечности, сопряженный с формированием костного регенерата, является мощным раздражающим фактором и, безусловно, сопровождается адаптационно-приспособительными реакциями.

Особенно важная роль в восприятии происходящих изменений в процессе удлинения конечности принадлежит первым чувствительным нейронам в составе двигательного анализатора — нейронам чувствительных узлов спинномозговых нервов. При этом наблюдаемые изменения морфофункционального состояния нейронов чувствительных узлов L_{VII} спинномозговых нервов, непосредственно получающих проприоцептивную, болевую и прочие виды информации от анатомических компонентов удлиненного сегмента конечности, являются адекватным отражением происходящих регенераторных и адаптационных процессов, наличия дополнительной нагрузки в периоды до снятия аппарата, изменения двигательного режима. Наблюдаемые структурные преобразования чувствительных нейронов отражают процессы компенсации в перикарионе при возрастании раздражения периферических отростков вследствие длительного дозированного растяжения мягких тканей конечности и усиления влияния на рецепторный аппарат, формируемый данными нейронами.

Известно, что морфофункциональное состояние нейронов постоянно изменяется, что связано с различной степенью их участия в процессах жизнедеятельности. При этом определенная их часть находится в состоянии покоя. Такие нейроны характеризуются равномерным распределением хроматофильного вещества, расположением ядерно-ядрышкового аппарата в центральной части перикариона. Некоторые авторы данные состояния нейронов рассматривают как вариант гиперхромии или нормохромии без нарушения структуры [7, 9]. Они отмечают, что в темных нейронах накапливаются продукты синтеза, снижается энергетический обмен, они образуют в популяции неактивную группу клеток. Гипохромия нейронов расценивается как эквивалент активно функционирующих нейронов, в которых идет интенсивный синтез; образующиеся

продукты белкового синтеза используются клеткой и выводятся за ее пределы [5].

Как показали выполненные нейрогистологические и количественные исследования, морфофункциональное состояние нейронов чувствительных узлов L_{VII} спинномозговых нервов, воспринимающих информацию от различных анатомических компонентов удлиненного сегмента конечности, изменяется в течение эксперимента. Наиболее значительные преобразования структуры большинства этих нейронов прослеживаются после выполнения дистракции, при этом наблюдается снижение в 2–3 раза количества клеток различных популяций, имеющих нормальную структуру, в сочетании с соразмерным увеличением количества клеток с наиболее выраженными преобразованиями, функционирующими в режиме напряжения.

Постепенность изменений функционального состояния нейронов, перехода от нормы к наиболее выраженным сочетанным преобразованиям отражают полученные количественные данные по изученным подгруппам с «промежуточными» структурными характеристиками. Они демонстрируют последовательность и нарастание изменений — от возникновения признаков аксональной реакции [2] в период дистракции (умеренное смещение ядерно-ядрышкового аппарата при равномерном распределении хроматофильного вещества) до появления максимального количества крупных нейронов с наличием умеренно выраженного периферического хроматолиза при центральном расположении ядерно-ядрышкового аппарата в период фиксации, что связано с функционированием клеток в режиме напряжения длительный период времени.

Наличие сочетанных структурных изменений в 33–38% чувствительных нейронов свидетельствует о максимальной нагрузке на рецепторный аппарат данных клеток в периоды дистракции и фиксации. Присутствие описанных морфофункциональных изменений в период после снятия аппарата также является свидетельством подвижности структуры нейрона в соответствии с выраженностью и временем воздействия на рецепторный аппарат. Они обусловлены длительностью адаптационных процессов и изменением двигательного режима с необходимостью использова-

ния конечностей неравной длины, о чем свидетельствует, в частности, увеличение количества клеток с наиболее измененной структурой в популяции крупных, проприорецептивных нейронов. Количественные данные, полученные по предельному смещению ядрышка (эктопии) в изученных популяциях клеток, также демонстрируют наличие повышенной нагрузки на проприорецептивные нейроны в течение рассматриваемых периодов эксперимента при снижении на ноцицептивные — после снятия аппарата с конечности животного.

Таким образом, выполненные нейрогистологические исследования позволили установить, что при увеличении длины конечности в чувствительных нейронах ипсилатеральных узлов спинномозговых нервов, участвующих в иннервации удлиняемого сегмента, происходят структурные преобразования. В результате проведенного количественного анализа выявлены особенности нейронов различных популяций, показаны отличия структурных изменений их перикарионов от таковых у интактных животных и выраженность в различные периоды эксперимента. Наиболее интенсивное нарастание структурных преобразований прослежено в период distraction, что соотносится со временем формирования костного регенерата, наибольшего воздействия на рецепторный аппарат сенсорных клеток. Наличие структурных изменений в период после снятия аппарата свидетельствует о длительности адаптационных процессов в удлиненном сегменте конечности.

ЛИТЕРАТУРА

1. Гранит Р. Основы регуляции движений. М., Мир, 1973.
2. Ермохин П.Н. Гистология центральной нервной системы. М., Медицина, 1969.
3. Илизаров Г.А. и Асонова С.Н. Количественный анализ рост-стимулирующего эффекта напряжения растяжения в фасциях скелетных мышц при удлинении голени по Илизарову. Гений ортопедии, 1996, № 1, с. 19–26.
4. Карымов Н.Р. Ультраструктурные аспекты адаптации нервных стволов к дозированному растяжению. Гений ортопедии, 1996, № 2–3, с. 133–134.
5. Коломеец Н.С. и Клещинов В.Н. Пластический обмен в нейронах при их изменениях по гипохромному типу. Арх. анат., 1990, т. 98, вып. 6, с. 30–38.
6. Кочутина Л.Н. и Кудрявцева И.П. Изменения нервных проводников и их концевых аппаратов в мышцах и коже при больших одноэтапных удлинениях конечности по Илизарову. Арх. анат., 1990, т. 98, № 4, с. 24–31.
7. Лютикова Т.М., Орлянская Т.Я., Жданова Н.Б. и Струкова А.Д. Морфометрический анализ структур двигательного анализатора у белых и серых крыс. Морфология, 1999, т. 115, вып. 3, с. 22–24.
8. Насыров Н.А. и Коновалов Г.В. Изменения нейронов спинного мозга и спинномозговых узлов при гипокинезии (нейроморфологическое и гистохимическое исследование). Арх. анат., 1982, т. 82, вып. 5, с. 27–32.

9. Орловская Д.Д. и Клещинов В.Н. Нейрон в гиперхромном состоянии. Журн. невропатол. и психиатр., 1986, т. 86, вып. 7, с. 981–989.
10. Сайфутдинов М.С., Ерофеев С.А. и Чикорина Н.К. Зависимость динамики вызванной биоэлектрической активности и морфологических характеристик мышц голени от вида оперативного вмешательства при ее удлинении в эксперименте. Гений ортопедии, 2003, № 4, с. 63–66.
11. Сафонова Г.Д. и Калякина В.И. Влияние разных режимов distraction на состояние нейроцитов чувствительных узлов при больших удлинениях голени в эксперименте по Илизарову. В кн.: Дистракционный остеосинтез в клинике и эксперименте. Курган, изд. Свердловск. НИИ ортопедии и травматол., 1988, с. 100–104.
12. Сафонова Г.Д. и Коваленко А.П. Динамика структурных изменений нейроцитов спинномозговых ганглиев после удлинения конечности собак аппаратом Илизарова с применением интрамедуллярных спиц. Рос. морфол. ведомости, 2006, № 1–2, приложение № 1, с. 258–260.
13. Сафонова Г.Д., Коваленко А.П. и Хомичева Е.А. Общая характеристика спинномозговых ганглиев собак. Морфология, 2006, т. 129, вып. 2, с. 84–85.
14. Хелимский А.М., Имерлишвили И.А. и Кузнецова А.Б. Основные морфологические особенности костеобразования при управляемом distractionном остеосинтезе. В кн.: Труды Всес. науч.-практ. конф. (г. Курган, 22–23 июня 1976 г.). М., ЦИТО, 1977, с. 57–62.
15. Шейн А.П., Сайфутдинов М.С. и Криворучко Г.А. Локальные и системные реакции сенсомоторных структур на удлинение и ишемию конечностей. Курган, изд. ДАММИ, 2006.
16. Safonova G.D. and Kovalenko A.P. Morphofunctional characteristics of neurons in the spinal ganglia of the dog in the post-distraction period. Neurosci. Behav. Physiol., 2006, v. 36, № 5, p. 491–494.

Поступила в редакцию 29.07.2010

Получена после доработки 06.03.2011

STRUCTURAL CHANGES IN THE NEURONS OF THE SPINAL NERVE SENSORY GANGLIA OF ADULT DOGS DURING SHIN LENGTHENING

G.D. Safonova

Using the Ilizarov apparatus, the shin of 9 adult mongrel dogs was lengthened. Morpho-functional state of the neurons in L_{VII} spinal nerve sensory ganglia that are involved in tibial innervation, were studied using neurohistological and quantitative methods after the distraction that was performed during 28 days with the rate of 1 mm (4 fractions) a day, followed by one month-long fixation and one month after apparatus removal. Material, obtained 3 intact dogs was used as a control. The most intensive development of structural changes in different populations of sensory neurons was detected during the period of distraction; they persisted for one month after apparatus removal. As compared with the intact animals, in the populations of large, medium and small neurons, a 2–3 fold reduction was found in the number of normochromal cells with the central location of the nucleus and nucleolus in the center, with the concomitant proportional increase of the number of cells with the combined peripheral chromatolysis and dislocation of nuclear-nucleolar apparatus.

Key words: spinal nerve sensory ganglia, sensory neurons, morphometry, distraction osteosynthesis

Laboratory of Morphology, G.F. Ilizarov Russian Scientific Center for Restorative Traumatology and Orthopaedics, Kurgan