

*На правах рукописи*

**ЯЦЕНКО**  
**Александра Дмитриевна**

**МОРФОМЕТРИЧЕСКИЕ И ЦИТОХИМИЧЕСКИЕ  
ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОНОВ СПИННОГО МОЗГА И  
СПИННОМОЗГОВЫХ УЗЛОВ ГРЫЗУНОВ**

03.03.04 – клеточная биология, цитология, гистология

Автореферат  
диссертации на соискание ученой степени  
кандидата биологических наук

Томск 2010

Работа выполнена в Государственном образовательном учреждении высшего профессионального образования «Омской государственной медицинской академии Федерального агентства по здравоохранению и социальному развитию»

**Научный руководитель:** доктор биологических наук,  
профессор Лютикова Татьяна Михайловна

**Официальные оппоненты:** доктор биологических наук,  
профессор Ильинских Ирина Николаевна

доктор биологических наук,  
профессор Мкртчян Офелия Завеновна

**Ведущая организация:** Государственное образовательное учреждение высшего профессионального образования «Санкт-Петербургский государственный университет Министерства Образования Российской Федерации»

Защита состоится «16» декабря 2010 г. в 9 часов на заседании диссертационного совета Д 208.096.03. при Сибирском государственном медицинском университете по адресу 634050, г. Томск, Московский тракт, 2

С диссертацией можно ознакомиться в научно-медицинской библиотеке Сибирского государственного медицинского университета Росздрава (634050, г. Томск, пр. Ленина, 107).

Автореферат разослан «11» ноября 2010 г.

Ученый секретарь  
диссертационного совета

А.В. Герасимов

## ОБЩАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА РАБОТЫ

**Актуальность проблемы.** Филогенез нервной системы позвоночных животных связан с развитием двигательного анализатора, обуславливающего совершенствование двигательных и адаптивных реакций. Мотонейроны передних рогов спинного мозга и клетки спинномозговых узлов как эфферентные и афферентные структуры двигательного анализатора представляют значительный интерес для более полного изучения эволюционных аспектов нервной системы (Обухов Д.К., 1999). Среди многочисленных отрядов млекопитающих Грызуны характеризуются необычайной пластичностью двигательных реакций. В процессе видообразования они приспособились к условиям наземного, полуподземного, подземного и полуводного существования и могут служить идеальной моделью для оценки влияния среды обитания на организацию нервной системы.

В многочисленных гистологических и цитохимических исследованиях изучались в основном корковые отделы анализатора, причем у представителей неродственных таксонов (крыса, кролик, кошка, собака, свинья, обезьяна) (Бережная Л.А., 2006; Щудло Н.А. и др., 2008; Малинина И.Е., Ярыгин В.Н., 2009; Обухов Д.К., Обухова Е.В., 2010). Отсутствуют комплексные работы по изучению морфометрических и цитохимических особенностей нервных клеток спинного мозга и спинномозговых узлов у генетически близких животных, различающихся средой обитания.

Для моторных ядер спинного мозга характерна модульная организация функциональных групп мотонейронов, в которой определяющими являются линейные параметры клеток и плотность их распределения. Форму, размеры и пространственное положение нейрона обеспечивают нейроспецифические структурные белки. Поэтому исследование фонда структурных белков и морфометрических характеристик нейронов спинного мозга и клеток спинномозговых узлов имеет важное значение для обоснования взаимосвязи морфо-функциональной организации отделов мозга с условиями существования

животных, что необходимо для более полного понимания основных направлений нейрогенеза.

**Цель работы.** Провести сравнительный анализ морфометрических и цитохимических показателей популяций нервных клеток спинного мозга и спинномозговых узлов у представителей отряда Грызуны для выявления особенностей организации нервной системы у близкородственных животных, различающихся средой обитания.

**Задачи исследования:**

1. Изучить гистологические и морфометрические особенности мотонейронов медиальных и латеральных ядер шейного и поясничного отделов спинного мозга и нервных клеток спинномозговых узлов (численная плотность нервных клеток, площади профильных полей ядер, цитоплазмы и их структурный ядерно-цитоплазматический коэффициент) у диких, синантропных и лабораторных грызунов.
2. Исследовать состояние белкового фонда эфферентных и афферентных нейронов по показателям содержания и концентрации структурных белков, по значениям регуляторных и функциональных ядерно-цитоплазматических коэффициентов у животных с различным уровнем двигательной активности.
3. Проанализировать данные о морфометрических и гистохимических особенностях мотонейронов изученных отделов спинного мозга и нервных клеток спинномозговых ганглиев с позиций различия среды обитания, характера локомоции и особенностей филогенеза.

**Научная новизна исследования.** Впервые с применением классических морфометрических, гистохимических методов и метода количественной цитофотометрии, исследованы популяции мотонейронов переднего рога спинного мозга и нервных клеток спинальных ганглиев у представителей самого многочисленного и филогенетически древнего отряда млекопитающих – Грызуны, адаптированных в процессе онто- и филогенеза к различным

условиям обитания и принадлежащих к разным экологическим и систематическим группам.

У животных проанализированы и сопоставлены показатели нейронных популяций структурного уровня (размеры клеток и плотность их распределения), функционального уровня (содержание структурных белков в ядре и в цитоплазме), регуляторного уровня (концентрация структурных белков в ядре и в цитоплазме); между ними изучены коррелятивные связи. Выявлены сформированные в процессе исторического развития вида вариации морфометрических и цитохимических признаков эфферентных клеток медиальных и латеральных ядер спинного мозга и афферентных клеток спинномозговых узлов. Полученные новые данные о структурно-метаболических особенностях образований спинного мозга дают возможность считать эти показатели в качестве критериев популяционно-клеточного уровня организации мозга. У лабораторных животных, в сравнении с синантропными отмечены гистохимические и морфометрические отличия, которые можно расценивать как адаптивные реакции на антропогенное воздействие.

**Теоретическое и практическое значение.** Полученные данные о структурно-метаболических особенностях нейронных популяций спинного мозга и спинномозговых узлов, как структур двигательного анализатора у животных, находящихся в состоянии биологического прогресса, различающихся средой обитания и типами локомоции, имеют теоретическое значение для эволюционной нейроморфологии, так как позволяют выявить и обосновать адаптивные преобразования нейронных популяций на структурном, функциональном и регуляторном уровнях и оценить влияние условий среды обитания на морфо-функциональную организацию спинного мозга и спинномозговых узлов. Вариации морфо-цитохимических показателей и корреляционных связей нейронных популяций позволили обосновать критерии экологических групп животных на популяционно-клеточном уровне. Данные ис-

следования дополняют сведения о биологии животных и представляют интерес для естественных наук и различных отраслей народного хозяйства.

Полученные сведения о морфо-цитохимических особенностях нейронных популяций спинного мозга и спинномозговых ганглиев полуподземных и подземных грызунов, как эфферентных и афферентных звеньях двигательного анализатора могут быть использованы в теоретических и практических курсах анатомии, физиологии, гистологии, биологии, зоологии и экологии животных медицинских, ветеринарных, педагогических вузов и колледжей по темам «Нервная система. Филогенез нервной системы», «Двигательный анализатор», «Изменчивость» и «Популяционная генетика».

#### **Основные положения, выносимые на защиту:**

1. У представителей отряда Грызуны имеется варибельность морфометрических (численная плотность нейронов, линейные параметры ядер, цитоплазмы и тел нейронов, сЯЦК) и цитохимических показателей (содержание и концентрация структурных белков в ядрах, цитоплазме, в телах нейронов; функциональные и регуляторные коэффициенты) мотонейронов медиальных и латеральных ядер шейного и поясничного отделов спинного мозга и клеток спинномозговых узлов.
2. Морфометрические особенности и показатели белкового фонда мотонейронов переднего рога спинного мозга и клеток спинномозговых узлов у диких, синантропных и лабораторных грызунов связаны с особенностями филогенеза, типами локомоции и средой обитания.

#### **Апробация работы.**

Основные положения диссертации обсуждены и одобрены на: научно-практической конференции морфологов (Тюмень, 1996); III Международной юбилейной конференции стран СНГ по функциональной нейроморфологии, посвященной 100-летию со дня рождения главного корреспондента КН и АМН СССР Н.Г. Колосова (Санкт-Петербург, 1997); юбилейной научной конференции, посвященной 100-летию кафедры нормальной анатомии

СПбГМУ им. акад. И.П. Павлова (Санкт-Петербург, 1997); Всероссийской научной конференции АГЭ (Тюмень, 1998); республиканской научно-практической конференции, посвященной 75-летию кафедры физиологии человека ОМГА (Омск, 1999); Всероссийской научно-методической конференции патологоанатомов ветеринарной медицины (Омск, 2000); Всероссийской конференции института мозга РАМН (Москва, 2004); V конгрессе Международной Ассоциации морфологов (Ульяновск, 2000); Всероссийской конференции научного центра неврологии РАМН с международным участием (Москва 2007); IX конгрессе Международной Ассоциации морфологов (Узбекистан, Бухара, 2008); Международной гистологической конференции «Морфогенезы в эволюции, индивидуальном развитии и эксперименте», посвященной 80-летию со дня рождения заслуженного деятеля науки Российской Федерации профессора П.В. Дунаева (Тюмень, 2008); конференции, посвященной 100-летию со дня рождения Д.А. Жданова (Москва, 2008); Всесоюзной научной конференции «Нейробиологические основы морфогенеза и регенерации», посвященной памяти члена корреспондента наук СССР профессора Ф.М. Лазаренко (Оренбург, 2008); Бабухинских чтениях (Орел, 2009).

**Публикации.** По материалам исследования опубликовано 23 научных работы, в которых отражены основные положения диссертации, из них 8 в ВАК рецензируемых изданиях.

**Структура и объем диссертации.** Диссертация изложена на 208 страницах машинописного текста и состоит из введения, обзора литературы, описания материалов и методов исследования, двух глав собственных исследований, обсуждения результатов, выводов, внедрения результатов в практику и приложения. Данные исследования иллюстрированы 10 рисунками (56 фотографий) и 73 таблицами. Список литературы включает 345 источников (264 - отечественных и 81 - иностранных авторов).

Автором лично получены, обработаны и проанализированы все материалы диссертации.

## **МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ ИССЛЕДОВАНИЯ**

Работа выполнена на 89 животных отряда Грызуны, (Rodentia), семейства Мыши (Muridae), выделенных в две экологические группы (Соколов И.И. и др., 1963; Наумов С.П., 1982; Шевырева Н.С. 1983):

1. Полуподземные животные: мышь домовая (*Mus musculus*), мышь белая (*Mus musculus* var. *alba*), крыса серая (*Rattus rattus*), крыса белая (*Rattus rattus* var. *alba*), полевка обыкновенная (*Microtus arvalis*);

2. Подземные животные: слепушонка обыкновенная (*Ellobius talpinus*).

По особенностям содержания мышь домовая и крыса серая – синантропные животные, приближенные к жилищу человека; мышь белая и крыса белая – лабораторные формы клеточного содержания. Полевка и слепушонка – дикие животные. Сравнительный анализ проводили в трех группах: 1) мышь домовая и мышь белая, а также 2) крыса серая и крыса белая, сравнивались нами, как серые и белые расы одного вида, отличающиеся формой обитания и моторикой; 3) полевка и слепушонка – дикие виды разных биотопов.

Объектом исследования были вентральные рога шейного и поясничного отделов спинного мозга и спинномозговые узлы; в передних рогах спинного мозга исследовали отдельно группу медиальных и группу латеральных ядер.

Животных декапитировали под воздушно-эфирным наркозом. Шейный и поясничный отделы спинного мозга, а также спинномозговые ганглии, освобожденные от позвоночника, фиксировали в жидкости Карнуа и заливали в парафин. На микротоме получали парафиновые срезы толщиной 5-7 мкм и наклеивали их с помощью жидкости Апати (Ромейс Б., 1953) на предметные стёкла толщиной 1,0-1,1 мм.

Срезы окрашивали тионином по Нисслю (Ромейс Б., 1954). На окрашенных препаратах, определяли уровни отделов спинного мозга и спин-



номозговых узлов, особенности их цитоархитектоники, форму и распределение базофильного вещества в нейронах. Количество нейронов в единице площади ( $1 \text{ мм}^2$ ) определяли с помощью микрометрической сетки, встроенной в окуляр светового микроскопа МБР-1. Для повышения точности измерений использовали только центральный отдел поля зрения (Автандилов Г.Г., 1990). Исследовали нейроны с сохраненной структурой, с ядром и ядрышком; у мотонейронов хорошо различались отростки.

Измерение линейных параметров нейронов ( $\text{мкм}^2$ ) и цитофотометрическое исследование белкового фонда проводили с помощью Анализатора Видео Тест Морфо-4 (С-Пб, 1999). Для оценки структурного уровня нейронов определяли структурный ядерно-цитоплазматический коэффициент (сЯЦК) по формуле:  $\text{сЯЦК} = \text{Ся} / \text{Сц}$  (Ся – площадь ядра; Сц – площадь цитоплазмы); для оценки функционального уровня вычисляли функциональный ядерно-цитоплазматический коэффициент (фЯЦК) по формуле:  $\text{фЯЦК} = \text{Мя} / \text{Мц}$  (Мя – содержание структурных белков в ядре; Мц – содержание структурных белков в цитоплазме) и для оценки регуляторного уровня ( $\text{рЯЦК} = \text{Ся} / \text{Сц}$ ) вычисляли регуляторный ядерно-цитоплазматический коэффициент (рЯЦК) по формуле:  $\text{рЯЦК} = \text{Ся} / \text{Сц}$  (Ся – концентрация белков в ядре; Сц – концентрация белков в цитоплазме) (Шпинькова В.Н., Герштейн Л.М., Никольская К.А. 1998). Структурные белки выявляли гистохимической реакцией с амидочерным 10Б (Geyer G., 1960).

Анализ на нормальность распределения показателей каждого признака проводили по критерию Колмогорова-Смирнова. Различия по каждому признаку внутри групп: 1) мышь домовая – мышь белая (N=960); 2) крыса серая – крыса белая (N=960); 3) полевка обыкновенная – слепушонка обыкновенная (N=960), выявляли с помощью дисперсионного анализа ANOVA Краскела-Уоллиса. Взаимосвязи между морфометрическими и цитохимическими показателями у каждого животного определяли внутривидовым корреляционным анализом по Спирмену. Статистическую обработку коли-

чественных данных проводили по программе «EXCEL» и «Статистика-6» (Реброва О.Ю., 2002).

## **РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЙ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ**

У всех животных на микропрепаратах, окрашенных тионином популяции мотонейронов переднего рога спинного мозга представлены полигональными соматохромными клетками – крупными, средними и мелкими. В центре клеток округлое ядро с хорошо заметным ядрышком. В цитоплазме тигроид располагался в виде овальных, округлых, крупных или мелких глыбок, зерен, либо мелкой пыли. В ганглиях округлые нейроны со светлым крупным ядром и темным ядрышком незначительно различались по размерам; тигроид имел вид мелких глыбок, сеточки и пыли. Отмеченные нами гистологические особенности базофилии мотонейронов спинного мозга и клеток ганглиев совпадают с данными Никулеску И.П. (1963) и Жаботинского Ю.М. (1965).

### **Морфо - и цитохимические показатели нейронных популяций медиальных ядер спинного мозга грызунов**

Сравнительное морфометрическое исследование переднего рога спинного мозга грызунов выявило, что мотонейроны популяции МЯ имели меньшие размеры и в единице площади распределялись более плотно, чем мотонейроны ЛЯ, что, вероятно, обусловлено их функциональной дифференциацией в процессе филогенеза (Обухов Д.К., 1999). Структурные коэффициенты мотонейронов МЯ и ЛЯ в ШО изменялись в более широком диапазоне (0,27-0,45), чем в ПО (0,24–0,38) и, вероятно, являются критериями структурного уровня эфферентных клеток изученных отделов спинного мозга.

В МЯ крайние показатели численной плотности мотонейронов в отделах спинного мозга (ШО:  $367,4 \pm 81,5$ – $664,9 \pm 114,9$ ; КС-ПОб. ПО:  $389,6 \pm 91,2$ – $724,9 \pm 108,8$ ; КС-ПОб) варьировали в разных диапазонах. Клетки ШО несколько крупнее клеток ПО; причем размеры цитоплазмы изменялись в одинаковых пределах (ШО:  $284,0 \pm 80,3$ – $662,8 \pm 111,5$ ; Мб-ПОб. ПО:  $275,4 \pm 83,8$ – $688,8 \pm 116,1$ ; Мб-ПОб), а размеры клеточных ядер (ШО:  $103,2 \pm 28,5$ –

240,9±40,4; МБ-ПОб. ПО: 95,3±29,8–193,9±44,4; МБ-ПОб) – в разных: у всех животных мотонейроны ШО крупнее мотонейронов ПО и структурный коэффициент численно превышал в клетках ШО.

Содержание структурных белков в клетках ШО (146,6±28,5–280,7±65,8; МБ-ПОб) изменялось в более узком диапазоне, чем в клетках ПО (136,3±34,7–383,5±108,8; МБ-ПОб); аналогично, как и концентрация (ШО: 0,295±0,06–0,378±0,04; КС-МБ. ПО: 0,319±0,05–0,430±0,1; МД-ПОб). Морфометрические и цитохимические отличия мотонейронов МЯ в отделах спинного мозга можно обосновать неравномерным развитием осевого скелета: клетки ШО – филогенетически более ранние; клетки ПО - более поздние, их формирование связано с появлением дорзальных отделов осевого скелета (Воробьева Э.И., 1992).

У грызунов разных сред обитания выявлены характерные особенности: в отделах мозга самые крупные и наиболее плотно расположенные нейроны у диких животных; средние показатели клеточной плотности - у мышей (ШО: МД: 583,4±103,7; МБ: 578,3±147,7. ПО: МД: 581,5±128,7; МБ: 556,1±89,2.  $P<0,001$ ); минимальные - у крыс. В ШО клетки средних размеров у синантропных животных (МД: 549,2±153,2; КС: 680,2±173,3); самые мелкие - у лабораторных грызунов (МБ: 388,0±99,5; КБ: 501,3±108,5.  $P<0,001$ ). В ПО, наоборот, нейроны средних размеров – у крыс (КС: 582,8±175,5; КБ: 609,7±133,8); самые мелкие – у мышей (МД: 487,7±124,9; МБ: 370,7±102,4.  $P<0,001$ ).

В ШО в ядрах мотонейронов синантропных грызунов (МД: 37,1±11,24; КС: 35,8±11,6) и их альбиносов (МБ: 45,7±16,8; КБ: 43,1±23,0) – одинаковое количество белков. У диких животных, в сравнение с синантропными, содержание белков в нейронах превышало в 1,5 – 2 раза ( $p<0,001$ ). В цитоплазме мотонейронов мелких животных – мышей (МД-МБ: 0,347±0,06–0,385±0,03), полевки (0,380±0,07) и слепушонки (0,350±0,09) примерно, равные показатели концентрации белков. И у животных одинаковых сред обитания – близкие значения фЯЦК. Вероятно, значения функционального коэф-

фициента и показатели содержания и концентрации белков, филогенетически более древних мотонейронов ШО, можно рассматривать в качестве функциональных и регуляторных критериев у представителей экологических групп грызунов.

В ПО в мотонейронах у мышей (МД:  $155,9 \pm 51,2$ ; МБ  $136,3 \pm 34,7$ ) и в мотонейронах у крыс (КС:  $191,7 \pm 45,3$ ; КБ  $209,11 \pm 55,3$ ), примерно, равное количество белков. В ядрах мотонейронов крыс (КС:  $0,320 \pm 0,03$ ; КБ:  $0,320 \pm 0,08$ ) и в цитоплазме мотонейронов синантропных (МД:  $0,335 \pm 0,05$ ; КС:  $0,333 \pm 0,03$ ) и лабораторных грызунов (МБ:  $0,377 \pm 0,04$ ; КБ:  $0,360 \pm 0,08$ .  $p < 0,001$ ) – численно близкие значения концентрации. Признаки структурно-метаболического сходства моторных клеток ПО у синантропных животных и их альбиносов на функциональном и регуляторном уровне можно расценивать как результат адаптации к одинаковым условиям обитания. фЯЦК и рЯЦК у всех животных были индивидуальные, что, возможно является результатом более позднего филогенеза данных клеток (Андреева Н.Г., Обухов Д.К., 1999). Равные границы изменчивости рЯЦК клеток в ШО: ( $0,825 \pm 0,07 - 0,960 \pm 0,09$ ; МД-КС) и в ПО ( $0,806 \pm 0,08 - 0,962 \pm 0,05$ ; МД-КС) вероятно, отражали одинаковый уровень регуляторной активности у представителей одного отряда.

### **Морфо - и цитохимические показатели нейронных популяции латеральных ядер спинного мозга грызунов**

В ЛЯ грызунов крайние границы численной плотности мотонейронов в отделах спинного мозга (ШО:  $367,1 \pm 87,8 - 530,7 \pm 148,8$ ; КС-МД. ПО:  $355,7 \pm 76,0 - 547,1 \pm 135,2$ ; КС-МД) изменялись в одинаковых пределах. По принципу соматотопии группа мышц иннервируется определенной группой мотонейронов, составляющих клеточный пул. В процессе эволюции мотонейронные пулы ЛЯ ШО и ПО закладывались и формировались одновременно с развитием поясов конечностей (Адрианов О.С., 1999), чем, вероятно, обусловлены одинаковые границы численной плотности клеток у представителей одного отряда. Мотонейронные пулы в отделах спинного

мозга у грызунов разных сред обитания отличались по количеству клеток в 1 мм<sup>2</sup>: минимальное количество нейронов выявлено у крысы серой (ШО: 367,1±87,8; ПО: 377,0±90,3); у мыши домовая (ШО: 530,7±148,8; ПО: 496,3±127,5) и диких животных (ПОб: ШО: 499,6±117,2; ПО: 547,1±135,2. СОб: ШО: 529,7±165,6; ПО: 529,2±109,1) - показатели плотности высокие и близкие по значению. Данные результаты мы объясняли, тем, что у крупных и мелких грызунов разные типы локомоции: у крысы серой – аллюр (или примитивный рикошет); мышь домовая, полевка и слепушонка – передвигаются шагом и рысью (Гамбарян П.П., 1972). Вероятно поэтому у мыши домовая и диких животных в нейронных пулах, обеспечивающих иннервацию мышц конечностей одинаковое количество клеток и иное у крысы серой. А у мыши белой (ШО: 453,0±96,0; ПО: 521,6±129,4. p<0,001) и крысы белой (ШО: 471,7±128,1; ПО: 355,7±76,0. p<0,01) – неравнозначные преобразования численной плотности мотонейронов. Очевидно, что, тип локомоции определяет клеточный состав мотонейронного пула.

Клетки ШО (441,3±94,9-929,9±245,9; МД-КС) несколько меньше клеток ПО (448,1±164,5-973,9±125,7; МБ-ПОб); причем, размеры цитоплазмы изменялись в одинаковом диапазоне (ШО: 328,2±77,9-736,0±207,6, МД-КС; ПО: 330,2±132,2-744,2±112,7, МБ-ПОб), а размеры ядер клеток ПО (117,9±44,0-229,6±34,0, МБ-ПОб), в сравнении с ШО (113,1±26,6-193,8±54,8, МД-КС) - в более широком диапазоне. По данным ряда авторов (Бродский В.Я. 1961, Хесин Я.Е. 1970, Сафонова Г.Д. и др. 2004; Романов В.И. и др., 2009) нервные клетки, отличающиеся функциональной нагрузкой, имеют более крупные ядра. У первых млекопитающих, освоивших наземное пространство, произошло разделение функций поясов конечностей: задние конечности, формирующие основной толчок становятся пропульсивными; передние – амортизационными. Вероятно, в процессе исторического развития мотонейроны ПО, подобным образом, адаптировались к определенному ритму работы нервно-мышечного аппарата задних конечностей.

У животных, различающихся моторикой и средой обитания в отделах спинного мозга неодинаковое соотношение крупных и мелких клеток: у полуподземных животных с одинаковым механизмом локомоции - мыши домашней и полевки мотонейроны ПО (МД: Ся-180,8±60,6, Сц-546,5±142,9; ПОБ: Ся-229,6±34,0; Сц-744,2±112,7), в сравнение с мотонейронами ШО (МД: Ся-113,1±26,6, Сц-328,2±77,9; ПОБ: Ся-173,0±35,2; Сц-578,1±94,6) имеют большие размеры ядер и цитоплазмы. У крысы серой, отличающейся локомоторным аппаратом, наоборот, более крупные клетки ШО (ШО: 929,9±245,9; ПО: 888,6±203,9). У подземного животного слепушонки мотонейроны одинаковых размеров (ШО: 749,0±1-8,0; ПО: 744,5±112,7), но ядра крупнее в клетках ШО (ШО: 199,9±33,4; ПО 167,5±25,5), а цитоплазма – в клетках ПО (ШО: 549,1±92,3; ПО 577,0±105,2).

У грызунов, различающихся условиям обитания в мотонейронах ЛЯ выявлены особые вариации морфометрических признаков: в отделах спинного мозга самые крупные и наиболее плотно расположенные нейроны у диких грызунов; средние показатели клеточной плотности - у мышей; минимальные - у крыс. В ШО клетки средних размеров у синантропных животных, минимальных - у лабораторных грызунов; в ПО нейроны средних размеров – у крыс, самые мелкие – у мышей.

В клетках ШО (Мт: 135,2±32,7-338,5±89,6; МД-КС) и ПО (Мт: 158,8±42,9-334,5±88,4; МБ-ПОБ) - почти одинаковые границы изменчивости белкового фонда, что можно обосновать равным филогенетическим возрастом, а показатели концентрации (ШО: 0,290±0,04 - 0,385±0,03; КБ-МБ. ПО: 0,340±0,09 - 0,370±0,08; СОБ-КБ) - различные, что, может быть, обусловлено иннервацией функционально неодинаковых поясов конечностей (Гамбарян П.П., 1972). В отделах спинного мозга у лабораторных (ШО: МБ-0,910±0,09; КБ-0,930±0,06. ПО: МБ-0,906±0,10; КБ-0,910±0,06) и диких животных (ШО: ПОБ-0,850±0,07; СОБ-0,870±0,09. ПО: ПОБ-0,820±0,06; СОБ-0,820±0,06) - близкие значения регуляторных коэффициентов, что, вероятно, характеризует

одинаковый уровень регуляторной активности филогенетически равных мотонейронов у грызунов одинаковых сред обитания.

В мотонейронах ШО у лабораторных животных - одинаковые размеры ядер (МБ:  $137,9 \pm 33,2$ ;  $p < 0,001$ . КБ:  $134,0 \pm 36,6$ ;  $p < 0,001$ ); а в цитоплазме клеток (МБ:  $144,6 \pm 31,9$ ,  $p < 0,001$ . КБ:  $137,1 \pm 41,1$ ) - одинаковое количество белка. У серых грызунов подобное сходство не выявлено (Ся: МД:  $113,1 \pm 26,6$ ; КС:  $193,8 \pm 54,8$ . Мц: МД:  $106,1 \pm 26,4$ ; КС:  $268,8 \pm 74,2$ ). Вероятно, одинаковые условия существования в ряду поколений индуцировали выравнивание размеров площади клеточных ядер и количественного фонда цитоплазматических белков у животных с разными типами локомоции.

В мотонейронах ПО у животных с одинаковой моторикой выявлены равные значения концентрации ядерных белков (МД:  $0,303 \pm 0,05$ ; ПОб:  $0,300 \pm 0,09$ ; СОб:  $0,300 \pm 0,09$ ) (КС:  $0,346 \pm 0,03$ ; КБ:  $0,340 \pm 0,08$ ); у всех грызунов, независимо от типа локомоции - равные значения концентрации цитоплазматических белков ( $0,353 \pm 0,06 - 0,370 \pm 0,08$ ; МД-КБ), которые, возможно, является их регуляторным критерием.

Значения фЯЦК мотонейронов у большинства грызунов укладывались в пределах 0,25-0,28. Более высокие значения функционального коэффициента выявлены у слепушонки (ШО:  $0,320 \pm 0,07$ .  $p < 0,001$ ) и мыши белой (ШО:  $0,355 \pm 0,09$ ; ПО:  $0,340 \pm 0,12$ .  $p < 0,001$ ). Количественное выражение функционального коэффициента Герштейн Л.М., Камышева А.С., Чеботарева Т.Л. и др. (1991) рассматривают, как показатель функциональной активности клеточных ядер. Высокие показатели фЯЦК у мыши белой и слепушонки, вероятно, можно расценивать как адаптивную реакцию к условиям среды.

Значения регуляторных коэффициентов в нейронах ШО (0,82 – 0,97) и ПО (0,78 – 0,98) у животных варьировали в одинаковом диапазоне и, вероятно, отражали одинаковый регуляторный уровень филогенетически равных мотонейронов, обеспечивающих работу нервно-мышечного аппарата.

### **Морфо - и цитохимические показатели нейронных популяций спинно-мозговых узлов грызунов**

В спинномозговых узлах ШО ( $1321,2 \pm 400,6$  -  $3088,7 \pm 479,7$ ; СОб-ПОб) и ПО грызунов ( $1269,7 \pm 351,4$ - $2886,5 \pm 768,5$ ; КМ-МД) показатели численной плотности клеток изменялись, примерно, в равных диапазонах; клетки ГШО ( $320,3 \pm 68,8$ - $422,5 \pm 72,4$ ; МД-КБ), в сравнении с клетками ГПО ( $276,2 \pm 57,9$ - $504,5 \pm 93,8$ ; МД-ПОб) отличались меньшими размерами, аналогично, как мотонейроны ЛЯШО и ПО. Выявленное сходство морфометрических характеристик в афферентных и эфферентных структурах двигательного анализатора, вероятно, можно обосновать синхронным характером формирования поясов конечностей у животных с билатеральной симметрией тела (Держинский Ф.Я.1998). Структурные коэффициенты клеток ГШО варьировали в более узком интервале ( $0,31 - 0,37$ ), чем коэффициенты клеток ГПО ( $0,31 - 0,41$ ), и, вероятно, являются критериями структурного уровня афферентных клеток.

В ганглиях ШО обнаружена зависимость размеров нейронов от размеров животного и особенностей локомоции: клетки небольших размеров – у мышей (МД:  $320,3 \pm 68,8$ ; МБ:  $343,6 \pm 73,5$ ) и диких животных (ПОб:  $350,4 \pm 74,6$ ; СОб:  $354,8 \pm 67,0$ ); крупные – у крыс (КС:  $414,4 \pm 111,4$ ; КБ:  $422,5 \pm 72,4$ .  $p < 0,01$ ). В узлах ПО выявлена зависимость размеров нейронов от условий существования животного: самые мелкие нейроны у полуподземных животных – мыши домовая ( $276,2 \pm 57,9$ ), крысы серой ( $373,5 \pm 92,7$ ) и полевки ( $401,2 \pm 75,7$ ); средние – у лабораторных животных - мыши белой ( $423,0 \pm 97,2$ .  $p < 0,001$ ) и крысы белой ( $447,1 \pm 130,5$ .  $p < 0,001$ ), и крупные – у подземного грызуна – слепушонки ( $504,5 \pm 93,8$ .  $p < 0,001$ ). Ряды животных, отражающие изменчивость линейных параметров клеток спинальных ГПО, в отличие от рядов ГШО, были одинаковые (Ся, Сц, Ст: СОб > КБ > МБ > ПОб > КС > МД).

В мотонейронах передних рогов (МЯ и ЛЯ) спинного мозга и в клетках спинномозговых узлов количество структурированных белков в цитоплазме было больше, чем в ядре, примерно, в 3-4 раза; а концентрация - в 1,1 – 1,2 раза. Содержание и концентрация белков в клетках ганглиев ШО (Мт:



101,3±46,8-148,0±39,1; СОБ-МБ. Ст: 0,260±0,04-0,429±0,04; КБ-МБ) грызунов изменялось в узком интервале; в клетках ганглиев ПО (Мт: 82,7±19,8-185,4±61,4; МД-КБ. Ст: 0,210±0,04-0,417±0,08; ПОБ-КБ) – в более широком. Нейроспецифические структурные белки обеспечивают размеры клеток, их расположение в пространстве и функциональную значимость (Suzuki K. 1993). Относительно небольшой размах значений количества и распределения белков нейронов ГШО, вероятно, указывает на узкий комплекс адаптивных реакций сенсорных клеток; более широкий размах значений содержания и концентрации белков афферентных нейронов ГПО в составе задних конечностей грызунов, вероятно, можно объяснить сложными механизмами афференции задних конечностей грызунов разных сред обитания. В популяции ГПО ряды изменчивости значений концентраций (Ст,Сц,Ся) ряд значений рЯЦК были одни и те же (КБ > МБ > СОБ > КС > МД > ПОБ).

Значения регуляторных коэффициентов в нейронах ГШО (0,84 – 0,93; СОБ-МБ) и ГПО (0,82 – 0,94; ПОБ-КБ) у животных варьировали в одинаковом диапазоне и, вероятно, отражали одинаковый регуляторный уровень филогенетически нервных клеток.

**Результаты внутривидового корреляционного анализа  
по Спирмену между морфометрическими и цитохимическими по-  
казателями мотонейронов спинного мозга и клеток  
спинномозговых узлов грызунов**

Корреляционные связи между морфометрическими и цитохимическими показателями в эфферентных и афферентных нейронах у грызунов, разных сред обитания отличаются:

- в мотонейронах ЛЯ и МЯ у диких животных выявлены сильные прямые связи между концентрацией и содержанием белков; у мышей и крыс эти связи умеренные. В мотонейронах синантропных грызунов выявлена сильная прямая зависимость количества белков от размеров клеток; у диких животных эта зависимость носит умеренный характер;

- в клетках ГШО и ПО у синантропных животных и их альбиносов, а также у полевки обнаружены сильные прямые связи между размерами нейронов и количеством белка и умеренные прямые связи между концентрацией и содержанием белков. У слепушонки, наоборот, между количеством белков и их распределением сформировались сильные прямые связи, а между размерами нейронов и содержанием белка - умеренные связи.

Формирование изученных корреляций, произошло, вероятно, в результате длительного пребывания животных в определенных условиях обитания.

### **Заключение**

Таким образом, исследование популяций мотонейронов переднего рога спинного мозга и клеток спинномозговых узлов грызунов различных сред обитания показало следующее:

- мотонейроны медиальных и латеральных ядер спинного мозга различаются по морфометрическим и гистохимическим показателям, что, возможно, обусловлено их физиологической дифференциацией в процессе эволюции;
- мотонейроны медиальных ядер в шейном и поясничном отделах спинного мозга отличаются размерами ядер и цитоплазмы, численной клеточной плотностью, показателями содержания и концентрации структурных белков, что, вероятно, можно обосновать их неодинаковым филогенетическим возрастом и неравномерным развитием отделов осевого скелета;
- в мотонейронах латеральных ядер шейного и поясничного отделов спинного мозга и в клетках спинномозговых узлов выявлены признаки сходства структурно-метаболических показателей, которые мы объясняли синхронным характером формирования поясов конечностей у животных с билатеральной симметрией тела, а так же выявлены отличия, которые мы обосновали разным ритмом работы нервно-мышечного аппарата пояса передних и пояса задних конечностей;
- у диких и синантропных грызунов, адаптированных в процессе видообразования к разным условиям обитания, и различающихся типами локомоции обнаружены структурно-метаболические особенности мотонейронов переднего

рога спинного мозга и клеток спинномозговых узлов, которые, вероятно, могут служить критериями популяционно - клеточного уровня экологических групп грызунов;

- у лабораторных животных, в сравнении с синантропными грызунами в популяциях мотонейронов переднего рога спинного мозга и в клетках спинномозговых узлов отмечены морфометрические и цитохимические отличия, которые мы расценивали как адаптации на антропогенное воздействие; у крупных и мелких грызунов они имели разное проявление, что, вероятно, обусловлено разными типами локомоции.

## ВЫВОДЫ

1. У грызунов разных сред обитания более высокая плотность нейронов выявлена в спинномозговых узлах по сравнению со спинным мозгом. Определена зависимость этого показателя от условий существования и моторики животного: в популяциях мотонейронов шейного и поясничного отделов спинного мозга наиболее высокие показатели клеточной плотности были в медиальных ядрах у диких животных (полевка, слепушонка), низкие – у синантропных грызунов (мыши и крысы); в латеральных ядрах, соответственно, - у мыши домовая, полевки, слепушонки и у крысы серой; в ганглиях - у полуподземных грызунов (полевка, мышь домовая, крыса серая) и у подземного животного (слепушонка обыкновенная).

2. Нейронные популяции спинного мозга и спинномозговых узлов грызунов отличались линейными параметрами клеток. В популяциях мотонейронов и в ганглиях шейного отдела клетки максимальных размеров у диких животных, средние – у крысы серой, мелкие – у мышей; в узлах поясничного отдела – самые крупные клетки у подземного животного; средние – у лабораторных и наименьшие – у полуподземных грызунов. Ядерно-цитоплазматический коэффициент мотонейронов варьировал в пределах 0,24 – 0,45; клеток спинномозговых узлов - в интервале 0,31 – 0,41.

3. Определение белкового фонда в нейронах изученных отделов показало преобладание содержания структурных белков в цитоплазме, по сравнению с

ядром (в 3 – 4 раза). У большинства животных обнаружена видовая специфичность: наибольшие показатели содержания белков в моторных клетках выявлены у дикого животного – полевки обыкновенной, наименьшие у синантропных грызунов – крысы серой и мыши домовая. В спинномозговых узлах высокие показатели - у синантропных и лабораторных грызунов; низкие - у диких животных: в шейном отделе – у слепушонки, в поясничном – у полевки.

4. У всех животных концентрация белков в цитоплазме выше, чем в ядре. У лабораторных альбиносов, в сравнении их серыми синантропными формами показатели концентрации были выше. В группе диких животных максимальные значения - у полевки; минимальные - у слепушонки. Концентрация белков варьировала у животных разных сред обитания, а содержание коррелировало с линейными размерами нейронов. Эта тенденция подтверждена проведенным межвидовым корреляционным анализом.

5. Грызуны, различающиеся средой обитания и характером локомоции, обладают особенностями морфо-цитохимических показателей нейронов спинного мозга и спинномозговых ганглиев. Адаптация животных на популяционно-клеточном уровне происходила путем изменения численной плотности и линейных параметров нейронов, формированием цитохимических различий по содержанию и концентрации структурных белков. Определение взаимосвязей между всеми изученными показателями выявило наибольшее число сильных положительных связей у синантропных грызунов по сравнению с лабораторными. У диких животных такие связи преобладали в мотонейронах полевки обыкновенной; в ганглиях – у слепушонки. Вариации признаков, их сочетания являются идиоадаптациями на популяционно-клеточном уровне.

#### **Список работ, опубликованных по теме диссертации**

- 1 Струкова А. Д. Состояние базофильного вещества в функционально неравнозначных мотонейронах спинного мозга в норме у беспородных белых крыс / А. Д. Струкова // Компенсаторно-приспособительные механизмы внутренних орга-

- нов и головного мозга в норме, патологии и эксперименте : материалы конф. – Тюмень, 1996. – С. 123-125.
2. Морфометрический анализ двигательной системы белых и серых крыс / Т. М. Лютикова, Т. Я. Орлянская, А. Д. Струкова, Н. Б. Жданова // Колосовские чтения-97 : материалы III междунар. конф. стран СНГ по функциональной нейроморфологии. – СПб, 1997. – С. 54.
  3. Лютикова Т. М. Соотношение нейронов двигательной зоны спинного мозга серых и белых крыс / Т. М. Лютикова, А. Д. Струкова, Т. Я. Орлянская // Фундаментальные и прикладные аспекты морфологии : материалы конф. – СПб, 1997. – С. 144-147.
  4. Лютикова Т. М. Особенности морфометрических показателей структур двигательного анализатора лабораторных и приближенных к жилищу животных / Т. М. Лютикова, Т. Я. Орлянская, Н. Б. Жданова, А. Д. Струкова // Закономерности морфогенеза и регуляции тканевых процессов в нормальных, экспериментальных и патологических условиях : материалы конф. – Тюмень, 1998. – С. 97.
  5. Лютикова Т. М. Сравнительная характеристика мотонейронов спинного мозга лабораторных и диких животных / Т. М. Лютикова, А. Д. Струкова // Закономерности морфогенеза и регуляции тканевых процессов в нормальных, экспериментальных и патологических условиях : материалы конф. – Тюмень, 1998. – С. 97-98.
  6. Лютикова Т. М. Компенсаторные приспособительные процессы на уровне клеточных популяций ЦНС у животных в постреанимационном периоде / Т. М. Лютикова, Т. Я. Орлянская, Н. Б. Жданова, А. Д. Струкова // Патогенез, клиника и терапия экстремальных и терминальных состояний : материалы конф. – Омск, 1998. – С. 76-77.
  7. Морфологический анализ структур двигательного анализатора белых и серых крыс / Т. М. Лютикова, Н. Б. Жданова, Т. Я. Орлянская, А. Д. Струкова // Морфология. – 1999. – Т. 115, № 3. – С. 22-24.
  8. Струкова А. Д. Состояние нейронов двигательной зоны спинного мозга белых крыс в раннем постреанимационном периоде после механической асфиксии / А. Д. Струкова // Механизмы функциональной активности организма : материалы конф. – Омск, 1999. – С. 124-126.
  9. Струкова А. Д. Особенности нейронных популяций эффекторной зоны спинного мозга ондатры / А. Д. Струкова // Материалы Всероссийской научно-методической конференции патологоанатомов ветеринарной медицины. – Омск, 2000. – С. 376-379.
  10. Критерии для сравнения нейронных популяций в образовании двигательной системы позвоночных животных / Т. М. Лютикова [и др.] // Морфология. – 2000. – Т. 17, № 3. – С. 71.
  11. Пластичность нейронных популяций мозга позвоночных, относящихся к разным эколого-морфологическим группам / Т. М. Лютикова [и др.] // Омский науч. вестн. – 2001 – Вып. 16. – С. 21-25.
  12. Яценко А. Д. Морфометрическая характеристика нейронов спинного мозга и спинальных ганглиев белых мышей / А. Д. Яценко, Т. М. Лютикова // Механизмы синаптической передачи : материалы конф. – М., 2004. – С. 108.

13. Яценко А. Д. Морфо-цитохимическая характеристика мотонейронов спинного мозга у синантропных и лабораторных грызунов / А. Д. Яценко, Т. М. Лютикова // Омский науч. вестн. – 2007 – № 1 (53). – С. 28-33.
14. Лютикова Т. М. Структурно-метаболические показатели нейронных популяций спинальных ганглиев серой и белой расы мышши домовая (Mus musculus-Mus musculus var. alba) / Т. М. Лютикова, А. Д. Яценко // Естественное и гуманизм Современный мир. Природа и человек : сб. научн. тр. – Томск, 2007. – Т. 4, № 2, – С. 26-27.
15. Яценко А. Д. Сравнительный анализ морфометрических и гистохимических показателей нейронных популяций медиальных ядер спинного мозга грызунов / А. Д. Яценко, Т. М. Лютикова // Естественное и гуманизм. Современный мир. Природа и человек : сб. науч. тр. – Томск, 2007. – Том 4, № 3. – С. 93-97.
16. Лютикова Т. М. Морфо-цитохимическая характеристика клеток нейронных популяций спинальных ганглиев у диких полуподземных и подземных грызунов / Т. М. Лютикова, А. Д. Яценко // Структурно-функциональные, нейрохимические и иммунологические закономерности асимметрии и пластичности мозга : матер. Всерос. конф. с междунар. участием / РАМН. – М., 2007. – С. 374-397.
17. Особенности морфометрических показателей популяций нейронов ЦНС у птиц и млекопитающих / Т. М. Лютикова, Н. Б. Жданова, Т. Б. Володичева, А. Д. Яценко // Морфология, 2008. – Т. 133, № 2. – С. 8.
18. Лютикова Т. М. Показатели белкового фонда нейронных популяций ЦНС у синантропных и диких млекопитающих и птиц / Т. М. Лютикова, Н. Б. Жданова, Т. Б. Володичева, А. Д. Яценко // Морфология. – 2008. – Т. 133, № 2. – С. 8.
19. Лютикова Т. М. Морфо-цитохимические особенности популяций мотонейронов спинного мозга у синантропных и лабораторных грызунов / Т. М. Лютикова, А. Д. Яценко // Морфология. – 2008. – Т. 133, № 3. – С. 67. –(Материалы Междунар. гистологической конф., посвященной 80-летию П. В. Дунаева).
20. Лютикова Т. М. Морфометрические особенности нейронов спинномозговых узлов грызунов / Т. М. Лютикова, А. Д. Яценко // Морфология. 2008. – Т. 133, № 4. – С. 79. – (Материалы конф., посвященной 100-летию со дня рождения Д. А. Жданова).
21. Яценко А. Д. Морфометрические и гистохимические особенности нейронных популяций спинномозговых узлов и моторных ядер спинного мозга грызунов /А. Д. Яценко // Морфология. – 2008. – Т. 134, № 5. – С. 107. – (Материалы Всерос. науч. конф.).
22. Яценко А. Д. Пластичность двигательных нейронов спинного мозга грызунов /А. Д. Яценко // Морфология. – 2008. – Т. 134, № 5. – С. 107. –(Нейробиологические аспекты морфогенеза и регенерации : материалы Всерос. науч. конф.).
23. Яценко А. Д. Морфометрические показатели популяций мотонейронов переднего рога спинного мозга диких грызунов / А. Д. Яценко, Т. М. Лютикова // Альманах Бабухинские чтения. – М., 2009. – Вып. 29. – С. 76-79. – (Материалы 7-й Всерос. науч. конф.).

## Список сокращений

МД	мышь домовая
МБ	мышь белая
КС	крыса серая
КБ	крыса белая
ПОб	полевка обыкновенная
СОб	слепушонка обыкновенная
ШО	шейный отдел спинного мозга
ПО	поясничный отдел спинного мозга
ЛЯ	латеральные ядра переднего рога спинного мозга
МЯ	медиальные ядра спинного мозга
Г	спинномозговые узлы
Мт	содержание структурированных белков в телах нейронов
Мц	содержание структурированных белков в цитоплазме нейронов
Мя	содержание структурированных белков в ядрах нейронов
Ст	концентрация структурированных белков в телах нейронов
Сц	концентрация структурированных белков в цитоплазме нейронов
Ся	концентрация структурированных белков в ядрах нейронов
сЯЦК	структурный ядерно-цитоплазматический коэффициент
фЯЦК	функциональный ядерно-цитоплазматический коэффициент
рЯЦК	регуляторный ядерно-цитоплазматический коэффициент
St	площадь тела нейрона
Sц	площадь цитоплазмы нейрона
Sя	площадь ядра нейрона

## Список работ, опубликованных по теме диссертации

1. Струкова А.Д. Состояние базофильного вещества в функционально неравнозначных мотонейронах спинного мозга в норме у беспородных белых крыс / А.Д. Струкова // **Компенсаторно-приспособительные механизмы внутренних органов и головного мозга в норме, патологии и эксперименте**: матер. конф. – Тюмень, 1996. – С. 123-125.
2. Морфометрический анализ двигательной системы белых и серых крыс / Т. М. Лютикова, Т. Я. Орлянская, А. Д. Струкова, Н. Б. Жданова // Колосовские чтения-97 : матер. **III междунар. конф. стран СНГ по функциональной нейроморфологии – СПб, 1997. – С. 54.**
3. Лютикова Т.М. Соотношение нейронов двигательной зоны спинного мозга серых и белых крыс / Т.М. Лютикова, А.Д. Струкова, Т.Я. Орлянская // **Фундаментальные и прикладные аспекты морфологии**: матер. конф. – СПб, 1997. – С. 144-147.
4. Лютикова Т.М. Особенности морфометрических показателей структур двигательного анализатора лабораторных и приближенных к жилищу животных / Т.М. Лютикова, Т.Я. Орлянская, Н.Б. Жданова, А.Д. Струкова // **Закономерности морфогенеза и регуляции тканевых процессов в нормальных, экспериментальных и патологических условиях**: матер. конф. – Тюмень. – 1998. – С. 97.
5. Лютикова Т.М. Сравнительная характеристика мотонейронов спинного мозга лабораторных и диких животных / Т.М. Лютикова, А.Д. Струкова // **Закономерности морфогенеза и регуляции тканевых процессов в нормальных, экспериментальных и патологических условиях**: матер. конф. – Тюмень, – 1998. – С. 97-98.
6. Лютикова Т.М. Компенсаторные приспособительные процессы на уровне клеточных популяций ЦНС у животных в постреанимационном периоде/ Т. М. Лютикова, Т. Я. Орлянская, Н. Б. Жданова, А. Д. Струкова // **Патогенез, клиника и терапия экстремальных и терминальных состояний**: матер. конф. – Омск, 1998. – С. 76-77.
7. Морфологический анализ структур двигательного анализатора белых и серых крыс / Т. М. Лютикова, Н. Б. Жданова, Т. Я. Орлянская и А. Д. Струкова // **Морфология, 1999. – Т. 115, № 3. – С. 22-24.**
8. Струкова А. Д. Состояние нейронов двигательной зоны спинного мозга белых крыс в раннем постреанимационном периоде после механической асфиксии / А. Д. Струкова // **Механизмы функциональной активности организма**: матер. конф. – Омск, 1999. – С. 124-126.
9. Струкова А. Д. Особенности нейронных популяций эффекторной зоны спинного мозга ондатры / А. Д. Струкова // Матер. Всерос. научно-метод. конф. патологоанатомов ветеринарной медицины. – Омск, 2000. – С. 376-379.



10. Критерии для сравнения нейронных популяций в образовании двигательной системы позвоночных животных / Т. М. Лютикова и др. // Морфология, 2000. – Т. 17, №3. – С. 71.
11. Пластичность нейронных популяций мозга позвоночных, относящихся к разным эколого-морфологическим группам / Т. М. Лютикова и др. // Омский научн. вестн., 2001 – Вып. 16. – С. 21-25.
12. Яценко А. Д. Морфометрическая характеристика нейронов спинного мозга и спинальных ганглиев белых мышей / А. Д. Яценко, Т. М. Лютикова // **Механизмы синаптической передачи**: матер. конф. – М., 2004. – С. 108.
13. Яценко А. Д. Морфо-цитохимическая характеристика мотонейронов спинного мозга у синантропных и лабораторных грызунов / А. Д. Яценко, Т. М. Лютикова // Омский научн. вестн., 2007 – № 1 (53). – С. 28-33.
14. Лютикова Т. М. Структурно-метаболические показатели нейронных популяций спинальных ганглиев серой и белой расы мыши домашней (*Mus musculus* - *Mus musculus* var. *alba*) / Т. М. Лютикова, А. Д. Яценко // *Естествознание и гуманизм Современный мир. Природа и человек*: – сб. научн. тр. Томск, 2007. Том 4, №2, 2007. – С. 26-27.
15. Яценко А. Д. Сравнительный анализ морфометрических и гистохимических показателей нейронных популяций медиальных ядер спинного мозга грызунов / А. Д. Яценко, Т. М. Лютикова // *Естествознание и гуманизм. Современный мир. Природа и человек*: – сб. научн. тр. – Томск, 2007. Том 4, №3, – С. 93-97.
16. Лютикова Т.М. Морфо-цитохимическая характеристика клеток нейронных популяций спинальных ганглиев у диких полуподземных и подземных грызунов / Т. М. Лютикова, А. Д. Яценко // **Структурно-функциональные, нейрохимические и иммунологические закономерности асимметрии и пластичности мозга**: матер. Всерос. конф. с междунар. участием. – М. РАМН, 2007. – С.374-397.
17. Особенности морфометрических показателей популяций нейронов ЦНС у птиц и млекопитающих / Т. М. Лютикова, Н. Б. Жданова, Т. Б. Володичева, А. Д. Яценко // *Морфология*, 2008. – Т. 133, №2. – С. 8.
18. Лютикова Т. М. Показатели белкового фонда нейронных популяций ЦНС у синантропных и диких млекопитающих и птиц / Т. М. Лютикова, Н. Б. Жданова, Т. Б. Володичева, А. Д. Яценко // *Морфология*, 2008. – Т. 133, № 2. – С. 8.
19. Лютикова Т. М. Морфо-цитохимические особенности популяций мотонейронов спинного мозга у синантропных и лабораторных грызунов / Т.М. Лютикова, А.Д. Яценко // Матер. Междунар. гистолог. конф., посвящ. 80-летию П.В. Дунаева. – **Морфология**, 2008. – Т. 133, № 3. – С. 67.
20. Лютикова Т. М. Морфометрические особенности нейронов спинномозговых узлов грызунов / Т. М. Лютикова, А. Д. Яценко // Матер. конф., посвящ. 100-летию со дня рождения Д.А. Жданова. – *Морфология*, 2008. – Т. 133, № 4. – С. 79.

21. Яценко А.Д. Морфометрические и гистохимические особенности нейронных популяций спинномозговых узлов и моторных ядер спинного мозга грызунов / А.Д. Яценко // Матер. Всерос. научн. конф. – Морфология, 2008. – Т. 134, № 5. – С. 107.
22. Яценко А.Д. Пластичность двигательных нейронов спинного мозга грызунов / А.Д. Яценко // **Нейробиологические аспекты морфогенеза и регенерации**: матер. Всерос. научн. конф. – Морфология, 2008. – Т. 134, № 5. – С. 107.
23. Яценко А.Д. Морфометрические показатели популяций мотонейронов переднего рога спинного мозга диких грызунов / А.Д. Яценко, Т.М. Лютикова // Бабухинские чтения в Орле 4-5 июня 2009 г: **матер. 7-й Всерос. научн. конф. Альманах. Вып. 29. – М., 2009. – С. 76-79.**