

DOI: 10.18499/2225-7357-2021-10-4-36-42

УДК 611.8:617.55-001.4-092.9

ОЗ.03.04 – клеточная биология, цитология, гистология

© Т.А. Ишунина, 2021



Морфологические изменения соматосенсорной коры морских свинок при моделировании раневого процесса брюшной стенки

Т. А. Ишунина*

ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет» Минздрава России, Курск, Россия

Целью настоящего исследования было изучение влияния повреждений брюшной стенки и аскорбиновой кислоты (АК) на морфометрические показатели соматосенсорной коры.

Материал и методы. Определяли плотность расположения нейронов, размеры ядер и перикарионов нейронов, плотность и площадь кровеносных сосудов в соматосенсорной коре у морских свинок после моделирования раны брюшной стенки и на фоне парентерального введения АК.

Результаты. Моделирование раны брюшной стенки у морских свинок приводило к уменьшению толщины соматосенсорной коры и снижению плотности расположения нейронов (в среднем на 32–37%). У оперированных животных на 7-й день после операции отмечалось снижение плотности кровеносных сосудов на 14–18% и уменьшение их размеров на 27–46%, что свидетельствовало об ухудшении кровоснабжения соматосенсорной коры в послеоперационном периоде. Влияние АК в основном отражалось на увеличении размеров ядер и перикарионов нейронов (на 20–40%), что свидетельствовало об активизации их метаболической активности. Наиболее значимые изменения изученных параметров наблюдались в наружном зернистом и, в меньшей степени, в пирамидном и внутреннем зернистом цитоархитектонических слоях.

Заключение. Абдоминальные хирургические вмешательства приводили к уменьшению размеров и плотности расположения кровеносных сосудов в соматосенсорной коре в эксперименте. Полученные результаты могут быть использованы для разработки методов послеоперационной реабилитации с включением препаратов, улучшающих кровоснабжение и метаболизм нейронов головного мозга. АК потенцирует некоторые эффекты оперативного вмешательства на соматосенсорную кору, и в настоящий момент данных для ее рекомендации в качестве нейропротекторного средства в послеоперационном периоде недостаточно.

Ключевые слова: аскорбиновая кислота, абдоминальная хирургия, соматосенсорная кора, плотность и размеры нейронов, кровеносные сосуды.

Morphological Changes in the Somatosensory Cortex of Guinea Pigs Following Simulation of the Abdominal Surgery Wound

© Т. А. Ishunina, 2021

Kursk State Medical University, Kursk, Russia

The aim of research was to study the effect of the abdominal wall injuries and ascorbic acid (AA) on morphometric parameters of the somatosensory cortex.

Material and methods. The density of the arrangement of neurons, sizes of nuclei and perikaryons of neurons, density and area of blood vessels in the somatosensory cortex were detected in guinea pigs after simulation of the abdominal wall injury. The process was accompanied by the parenteral administration of AA.

Results. Simulation of the abdominal wall injury in guinea pigs resulted in a decreased thickness of the somatosensory cortex and a decreased density of neurons arrangement (on average by 32–37%). In 7 days after the operation, the exposed animals demonstrated a decreased density of blood vessels by 14–18%, the size of blood vessels also decreased by 27–46%; the fact evidencing a deterioration in the blood supply to the somatosensory cortex in the postoperative period. The effect of AA was mainly manifested in the increased size of the nuclei and perikaryons of neurons (by 20–40%); this evidencing activation of their metabolic activity. The most significant changes in the studied parameters were observed in the outer granular and, to a lesser extent, in the pyramidal and inner granular cytoarchitectonic layers.

Conclusion. Experimental abdominal surgical interventions resulted in a decreased size and density of blood vessels in the somatosensory cortex. The results obtained can be used to develop methods of postoperative rehabilitation with the inclusion of drugs that improve blood supply and metabolism of the brain neurons. AA potentiates some of the effects of surgery on the somatosensory cortex; currently, there are no sufficient data to recommend it as a neuroprotective agent in the postoperative period.

Key words: ascorbic acid, abdominal surgery, somatosensory cortex, density and size of neurons, blood vessels.

***Автор для переписки:**

Ишунина Татьяна Александровна
Курский государственный медицинский университет, ул.
Карла Маркса, 3, г. Курск, 305041, Российская Федерация

***Corresponding author:**

Tat'yana Ishunina
Kursk State Medical University, ul. Karla Marksa, 3, Kursk,
305041, Russian Federation

E-mail: ishunina@gmail.com

Введение

Послеоперационное снижение когнитивных функций и послеоперационный делирий, объединяемые термином «периоперационные нейрокогнитивные расстройства» встречаются у 9–53% пожилых хирургических пациентов и связаны с ухудшением качества жизни, более длительным пребыванием в стационаре, увеличением частоты смертности и развития деменции и более ранним выходом на пенсию [9, 10, 15]. Патогенетические и морфологические основы периоперационных нейрокогнитивных расстройств не определены [14, 15]. В связи с этим, целью настоящего исследования стало изучение изменений морфометрических показателей [1–4, 7, 8] в соматосенсорной коре головного мозга в экспериментальной модели абдоминальной хирургической раны. В качестве потенциального нейропротекторного средства, способного влиять на когнитивные функции и предотвращать нейродегенеративные процессы [11, 17], рассматривалась аскорбиновая кислота (АК). По этой причине в качестве лабораторных животных были использованы морские свинки, которые подобно человеку не способны синтезировать аскорбиновую кислоту, и зависят от ее поступления с пищей.

Материал и методы исследования

Работа выполнена на экспериментальном материале 13 морских свинок, разделенных на 4 группы. Первую группу составляли интактные (контроль) особи. Во второй группе были морские свинки, получавшие 0.2 мл 5% раствора аскорбиновой кислоты подкожно каждый день. В третью группу входили животные, которым моделировали раневой процесс брюшной стенки в виде разреза 3 см с последующим наложением шва. Четвертую группу составляли животные, которым моделировали рану брюшной стенки и ежедневно подкожно вводили 0.2 мл 5% раствора аскорбиновой кислоты в течение 7 дней до и после операции. Все эксперименты проведены в соответствии с «Правилами проведения работ с использованием экспериментальных животных» согласно рекомендациям Международного комитета по науке о лабораторных животных «О защите животных, используемых для научных целей» [7] и по разрешению ре-

гионального этического комитета КГМУ, протокол №3 от 27.10.2015. Хирургическое моделирование раны брюшной стенки проводилось под руководством профессора В.А. Липатова на кафедре оперативной хирургии и топографической анатомии Курского государственного медицинского университета под общим обезболиванием [6]. Проводили разрез кожи и брюшины на протяжении 3 см, что можно расценивать как открытую проникающую рану без повреждения внутренних органов средней степени тяжести. Послеоперационный период протекал без осложнений за исключением умеренно выраженного спаечного процесса. Все животные выжили.

Головной мозг экспериментальных животных фиксировали в 10% растворе нейтрального буферного формалина методом погружения, обезжизняли в спиртах восходящей концентрации и ксилоле с последующим изготовлением серийных парафиновых срезов толщиной 10 мкм и окрашиванием крезильным фиолетовым ацетатом. При увеличении в 400 раз с помощью программы Image J 1.48v (Java 1.6.0_20(32-bit)) определяли площадь сечения перикарионов и их ядер, плотность расположения нейронов, площадь сечения кровеносных сосудов и их плотность. Толщину соматосенсорной коры измеряли при увеличении в 100 раз. На микрофотографиях препаратов контуры нейронов, их ядер и кровеносных сосудов обводили вручную с дальнейшим определением размеров выделенных структур с помощью инструментов “analyze – measure”. Оценка плотности нейронов и кровеносных сосудов осуществлялась с помощью плагина “analyze – grid”, позволявшего разделить микрофотографию на равные участки заданной величины (указана в таблицах). Микрофотографии препаратов выполнены с помощью микроскопа Leica CME 3-2 (Германия) и цифровой камеры Micromed MVV 5000 (Китай). Всего проведено более 4500 измерений. В каждом слое соматосенсорной коры проанализировано порядка 400 нейронов. Характер распределения данных оценивали с помощью теста Колмогорова–Смирнова. Для всех полученных значений было характерно нормальное распределение за исключением показателей площадей кровеносных сосудов. В связи с этим для оценки результатов в исследуемых цитоархитектонических слоях применяли дисперсионный анализ ANOVA с критерием Тьюки для множественных сравнений. Для выявления различий значений площадей кровеносных сосудов использовали непараметрические тесты Краскелла–Уоллиса и Манна–Уитни. Влияние аскорбиновой кислоты и оперативного вмешательства на морфометрические показатели соматосенсорной коры изучали с помощью непараметрического коэффициента ранговой корреляции Спирмена.

Таблица 1

Цитоархитектонические показатели в различных слоях соматосенсорной коры морских свинок, (M±m)

Изучаемые показатели	Слой		
	II	III–IV	V–VI
Площадь сечения ядер нейронов, мкм ²	37.8±3.6	46.2±4.3 ¹ (~20%) ↑	36.8±2.2 ¹
Площадь сечения перикарионов нейронов, мкм ²	76.4±4.8	91.6±7.1 ² (~19%) ↑	73.2±4.1 ²
Плотность нейронов (количество клеток на 0.0075 мм ²)	8.9±0.8 (~23%) ↑	7.1±0.7	7.1±0.6
Плотность кровеносных сосудов (количество на 0.01 мм ²)	4.3±0.2 ^{3,4} (~22%) ↓	5.6±0.3 ³	5.4±0.4 ⁴
Площадь сечения кровеносных сосудов, мкм ²	533.9±61.6 (~22%) ↑	441.8±26.9	402.6±26.7

Примечание: в скобках указаны различия (в процентах) от показателей других слоев, стрелки указывают на увеличение (↑) или уменьшение (↓) показателя; ¹ – p=0.07; ² – p=0.05; ³ – p=0.02; ⁴ – p=0.04.

Результаты и их обсуждение

Особенности цитоархитектоники соматосенсорной коры морских свинок. Особенности цитоархитектоники соматосенсорной коры морских свинок оценивались во всей исследуемой группе животных (табл. 1). Согласно дисперсионному анализу ANOVA, морфометрические показатели в разных цитоархитектонических слоях значимо различались, либо эти различия были очень близки к границе достоверности: F=4.82, p=0.014 для плотности кровеносных сосудов; F=2.73, p=0.07 для ядер нейронов; F=3.24, p=0.05 для перикарионов нейронов. Для того чтобы продемонстрировать наличие потенциально существенных биологических различий между отдельными цитоархитектоническими слоями и группами в таблицах приведены процентные значения. Плотность кровеносных сосудов была значимо (на 22%) ниже во II слое по сравнению с III–IV (p=0.02) и V–VI (p=0.04) слоями. Перикарионы и ядра нейронов были на 19–20% выше в III–IV цитоархитектонических слоях по сравнению с V–VI слоями (p=0.05; p=0.07). Результаты морфометрического анализа показали, что в наружном зернистом слое (слой II) соматосенсорной коры морских свинок плотность расположения нейронов была наиболее высокой, что соответствует данным у других животных и человека. Отдельно следует отметить более низкую плотность расположения кровеносных сосудов в логичной совокупности с их более крупным размером. Таким образом, степень кровоснабжения наружного зернистого слоя морских свинок не уступает другим цитоархитектоническим слоям, что демонстрировалось отсутствием различий в общей суммарной площади кровеносных сосудов на единицу площади (0.01 мм²). Следует отметить более высокую метаболическую активность нейронов III–IV слоев, оцениваемую по размерам ядер и пери-

карионов. Это может быть связано с более интенсивной выработкой нейротрансмиттеров в связи с тем, что IV слой считается афферентным, а, следовательно, в соматосенсорной коре испытывает повышенную функциональную нагрузку, получая значительное количество афферентной информации.

Влияние раневого процесса брюшной стенки и АК на соматосенсорную кору морских свинок. Изучение воздействия на соматосенсорную кору двух факторов – АК и оперативного вмешательства в качестве экспериментального аналога абдоминальной хирургической лапаротомии показало, что наиболее выраженное влияние на изучаемые показатели оказывал раневой процесс в области брюшной стенки. Наблюдалось увеличение плотности нейронов во II (r=0.681, p=0.01), V–VI (r=0.640, p=0.018) и в меньшей степени – в III–IV (r=0.495, p=0.085) слоях. Было показано снижение плотности кровеносных сосудов в III–IV (r=0.538, p=0.057) и V–VI (r=0.661, p=0.01) слоях. Кроме того, было отмечено уменьшение размеров кровеносных сосудов во II (r=0.577, p=0.039) и в меньшей степени в III–IV (r=0.495, p=0.086) слоях (табл. 2 и 3). Следует отметить отсутствие выраженного эффекта от оперативного вмешательства на размеры ядер и перикарионов нейронов. Эти показатели оказались более чувствительными к воздействию АК: выявлено увеличение размеров ядер нейронов во II (r=0.634, p=0.019), V–VI слоях (r=0.537, p=0.058) и в значительно меньшей степени в III–IV слоях (r=0.488, p=0.09) (табл. 2). При этом влияние АК и раневого процесса оказались синергичными в отношении плотности нейронов. Их сочетанное воздействие в 4-й экспериментальной группе приводило к суммации эффектов и более значительному увеличению плотности расположения нейронов. Увеличение плотности нейронов при абдоминальном хирургическом вмешательстве (3-я

Таблица 2

Морфометрические показатели нейронов соматосенсорной коры морских свинок в различных экспериментальных группах, (M±m)

Изучаемые показатели		Группы животных			
		1-я группа (контроль)	2-я группа (АК)	3-я группа (раневого процесс)	4-я группа (раневого процесс + АК)
Площадь сечения ядер нейронов, мкм ²					
Слои соматосенсорной коры	II	30.9±4.9	51.9±3.9* (40%) ↑	39.7±7.9 (22%) ↑	30.8±7.9
	III–IV	39.8±3.9	61.2±11.1 (35%) ↑	48.4±6.3 (17%) ↑	37.5±9.9
	V–VI	35.7±0.3	45.1±6.5 (20%) ↑	35.5±2.4	31.2±4.9
Площадь сечения перикарионов нейронов, мкм ²					
Слои соматосенсорной коры	II	73.3±6.9	92.7±4.9 (22%) ↑	80.1±12.5	60.6±6.3 (16%) ↓
	III–IV	91.7±5.6	106.2±24.3 (13%) ↑	100.2±10.8	68.1±10.4 (16%) ↓
	V–VI	72.3±8.7	88.3±8.8 (18%) ↑	71±4.6	61.5±1.4 (14%) ↓
Плотность нейронов (количество клеток на 0.0075 мм ²)					
Слои соматосенсорной коры	II	6±0.7	8.8±0.8 (32%) ↑	9.5±0.3* (37%) ↑	12.5±2.0* (52%) ↑↑
	III–IV	4.8±0.4	7.8±2.0 (38%) ↑	7.1±0.3 (32%) ↑	9.2±1.6 (48%) ↑↑
	V–VI	5.4±0.5	6.7±1 (20%) ↑	8.4±0.4* (36%) ↑	8.7±1.7* (38%) ↑↑

Примечание: в скобках указаны различия (в процентах) от показателей других слоев, стрелки указывают на увеличение (↑) или уменьшение (↓) показателя; * – статистически значимые различия.

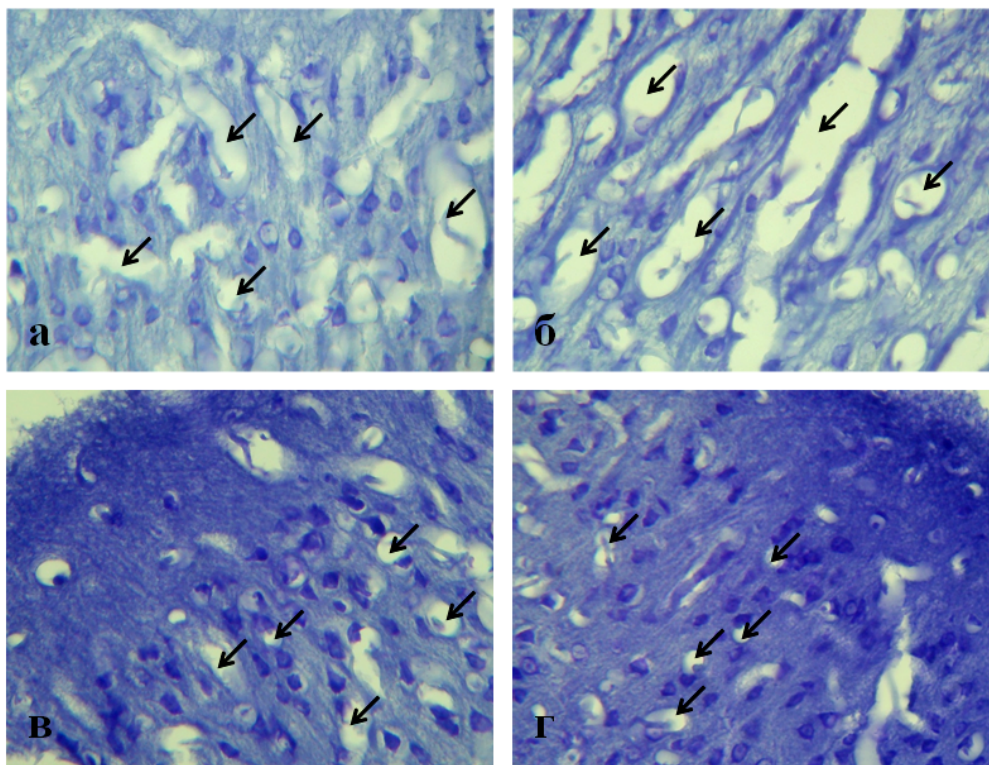


Рис. 1. Микрофотографии наружного зернистого слоя соматосенсорной коры морских свинок контрольной и послеоперационной групп. Обозначения: а, б – животные интактной (контрольной) группы; в, г – после моделирования раны брюшной стенки. У прооперированных животных плотность расположения нейронов выше, а площадь кровеносных сосудов (показаны стрелками) и их количество значимо ниже, чем в контрольной группе. Окраска крезильовым фиолетовым. Ув. 400.

Таблица 3

Морфометрические показатели кровеносных соматосенсорной коры морских свинок в различных экспериментальных группах, (M±m)

Изучаемые показатели		Группы животных			
		1-я группа (контроль)	2-я группа (АК)	3-я группа (раневого процесс)	4-я группа (раневого процесс + АК)
Плотность кровеносных сосудов (количество на 0.01 мм ²)					
Слои соматосенсорной коры	II	4.2±0.5	4.6±0.5	4.7±0.2	3.9±0.3
	III–IV	6.4±0.7	6.1±0.8	5.5±0.2* (14%) ↓	4.2±0.2* (34%) ↓
	V–VI	6±0.7	6.5±0.7	4.9±0.4* (18%) ↓	4.2±0.5* (30%) ↓
Площадь сечения кровеносных сосудов, мкм ²					
Слои соматосенсорной коры	II	684.6±98.3	597.8±176.5 (13%) ↓	369.5±48.6* (46%) ↓↓	433.7±101.2* (36%) ↓
	III–IV	512.9±54.9	483.3±48.7	374.7±50.1* (27%) ↓	417.7±44.1* (18%) ↓
	V–VI	432.6±27.7	399.1±87.1	376.2±31 (13%) ↓	392.5±86.6 (9%) ↓

Примечание: в скобках указаны различия (в процентах) от показателей других слоев, стрелки указывают на увеличение (↑) или уменьшение (↓) показателя; * – статистически значимые различия.

экспериментальная группа), по-видимому, обусловлено снижением толщины соматосенсорной коры (на 18% относительно интактного контроля, $p=0.047$) и уменьшением объема нейропиля. В отличие от хвостатого ядра [7] в соматосенсорной коре влияния АК на кровеносные сосуды выявлено не было. Проведение оперативного вмешательства приводило к ухудшению кровоснабжения соматосенсорной коры, что продемонстрировано снижением плотности (на 14%) и площади кровеносных сосудов (на 27%) в афферентных III–IV слоях и еще в большей степени в наружном зернистом (II) слое, где площадь кровеносных сосудов снижалась почти вдвое (рис. 1, табл. 3). Следует отметить, что наиболее значимые эффекты АК и раневого процесса наблюдались в наружном зернистом, пирамидном и внутреннем зернистом слоях соматосенсорной коры. Это позволяет предположить, что в соматосенсорной коре наибольшие изменения при действии химических и патофизиологических факторов происходят в поверхностных цитоархитектонических слоях.

Сравнивая результаты наших исследований в моторной [7] и соматосенсорной (настоящее исследование) коре следует отметить ряд аналогичных эффектов: уменьшение толщины как моторной, так и соматосенсорной коры после абдоминального хирургического вмешательства; увеличение размеров ядер нейронов наружного зернистого, ганглионарного и полиморфного слоев под влиянием АК. В то же время, следует отметить, что в соматосенсорной коре преобладало влияние раневого процесса. Причем, иногда оно было синергичным с воздействием АК. АК не оказывала существенного влияния на плотность и площадь кровеносных сосудов в соматосенсорной коре. Следовательно, метаболический эффект в отношении нейронов наружного

зернистого слоя не связан с улучшением кровоснабжения и трофики нейроцитов. Оперативное вмешательство приводило к снижению толщины коры и увеличению плотности нейронов, снижению плотности и площади кровеносных сосудов (рис. 1). Такие же изменения наблюдались и в хвостатом ядре [7], что свидетельствовало о более генерализованном влиянии абдоминальных хирургических вмешательств на головной мозг. Таким образом, наши исследования показывают, что одним из патогенетических факторов, приводящих к периоперационным нейрокогнитивным расстройствам, может быть снижение кровоснабжения корковых и подкорковых структур, и предлагают рассмотреть возможность назначения в послеоперационном периоде препаратов, улучшающих кровоснабжение головного мозга. Данные литературы подтверждают результаты нашего морфологического исследования, демонстрируя наличие послеоперационных изменений, которые могут быть вызваны уменьшением оксигенации головного мозга. Среди них – митохондриальная дисфункция в гиппокампе и префронтальной коре у мышей после хирургической лапаротомии [14], наличие церебральной дезоксигенации при абдоминальной хирургии у людей по данным инфракрасной спектроскопии [16]; снижение регионарного насыщения мозга кислородом во время абдоминальных операций [13]. Следует отметить, что послеоперационные изменения в мозге могут быть также связаны с периферическим воспалением в области абдоминальной раны [15].

АК чаще упоминается в качестве средства, индуцирующего коллагеногенез, что может быть использовано для ускорения заживления кожных ран и герниопластике [5]. Однако в последнее время в литературе появляются сведения о потенциальных

возможностях витамина С замедлить старение и предотвратить развитие нейродегенеративных заболеваний, таких как болезнь Альцгеймера благодаря его мощным антиоксидантным свойствам [11, 17]. В настоящем исследовании предполагалось определить нейропротекторные возможности АК после моделирования хирургической раны. Однако отчетливых доказательств положительного влияния АК на изученные структуры головного мозга (соматосенсорную, моторную кору, хвостатое ядро) в послеоперационном периоде получено не было. АК значимо повышала метаболическую активность нейронов только у интактных животных. Ангиотропный эффект от введения АК отсутствовал. Не исключено, что в условиях хирургического стресса АК может выступать в противоположной, отрицательной роли прооксиданта, приводя к увеличению реактивных гидроксильных радикалов, участвующих в окислительном стрессе, токсичном для нейронов и синапсов [12, 14].

Заключение

Таким образом, результаты настоящего исследования демонстрируют, что в экспериментальной модели абдоминальной лапаротомии происходит уменьшение плотности и размеров кровеносных сосудов соматосенсорной коры, что приводит к нарушению кровоснабжения нейронов, и истончению корковых структур, которое может сопутствовать нарушениям познавательной деятельности и интеллекта. Введение аскорбиновой кислоты в периоперационном периоде не оказывало значимых нейро- и ангиопротекторных эффектов.

Конфликт интересов

Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы / References

1. Боголепова И.Н., Боголепов Н.Н. Современные аспекты цитоархитектонических и ультраструктурных исследований мозга. Неврология XXI века: диагностические, лечебные и исследовательские технологии : Руководство для врачей. Москва: АТМО, 2015:167–97 [Bogolepova IN, Bogolepov NN. Sovremennyye aspekty tsitoarkhitektonicheskikh i ul'trastrukturnykh issledovaniy mozga. Nevrologiya XXI veka: diagnosticheskie, lechebnye i issledovatel'skie tekhnologii : Rukovodstvo dlya vrachei. Moskva: ATMO, 2015:167–97] (in Russian).
2. Боголепова И.Н. Количественный анализ архитектоники некоторых корковых полей при старении. Морфология. 1992;102:17–22 [Bogolepova IN. Kolichestvennyi analiz arkhitektoniki nekotorykh korkovykh polei pri starenii. Morphology. 1992;102:17–22] (in Russian).
3. Боголепова И.Н., Малофеева Л.И., Агапов П.А., Малофеева И.Г. Изменения цитоархитектоники префронтальной коры мозга мужчин и женщин в зрелом и пожилом возрасте. Журнал анатомии и гистопатологии. 2017;6(3):13–8 [Bogolepova IN, Malofeeva LI, Agapov PA, Malofeeva IG. Cytoarchitecture changes in the prefrontal brain cortex of adult and aged men and women. Journal of Anatomy and Histopathology. 2017;6(3):13–8] (in Russian).
4. Ишунина Т.А. Размеры ядер и перикарионов нейронов базального ядра Мейнерта и заднего гипоталамуса в разных возрастных группах. Успехи геронтологии. 2015;28:37–41 [Ishunina TA. Nuclear and perikarya sizes of the neurons in the nucleus basalis of meynert and posterior hypothalamus in different age groups. Advances in Gerontology. 2015; 28: 37–41] (in Russian).
5. Лазаренко В.А., Иванов С.В., Иванов И.С., Иванов А.В., Цуканов А.В., и др. Сравнительный анализ влияния витамина С и оротата калия на морфологическую картину при имплантации герниоимплантата в эксперименте. Курский научно-практический вестник «Человек и его здоровье». 2019;1:33–40 [Lazarenko VA, Ivanov SV, Ivanov IS, Ivanov AV, Tsukanov AV, i dr. Comparative analysis of the effect of vitamin c and potassium orotate on the morphological picture during the implantation of a hernia mesh in an experiment. Kursk Scientific and Practical Bulletin Man and His Health. 2019;1:33–40] (in Russian). doi: 10.21626/vestnik/2019-1/04
6. Липатов В.А., Лазаренко С.В., Северинов Д.А., Тарасова А.В. Исследование гистологических особенностей реакции печени при использовании новых образцов полимерных кровоостанавливающих материалов в эксперименте in vivo. Вестник экспериментальной и клинической хирургии. 2020;13(1):34–40 [Lipatov VA, Lazarenko SV, Severinov DA, Tarasova AV. Study of histological features of liver reaction using new samples of polymeric hemostatic materials in the experiment in vivo. Journal of Experimental and Clinical Surgery. 2020 Feb 25;13(1):34–40] (in Russian). doi: 10.18499/2070-478X-2020-13-1-34-40
7. Никишина Н.А., Ишунина Т.А. Влияние аскорбиновой кислоты на морфометрические показатели нейронов двигательной коры и хвостатого ядра у морских свинок при моделировании хирургической раны брюшной стенки. Морфология. 2019;156(4):35–40 [Nikishina NA, Ishunina TA. Ascorbic acid effects on the morphometric parameters of neurons in the motor cortex and the caudate nucleus of guinea pigs after modeling a surgical abdominal wall wound. Morphology. 2019;156(4):35–40] (in Russian).
8. Павлов А.В., Жеребяткина С.Р., Лазутина Г.С., Овчинникова Н.В. Гистологическая характеристика архитектоники сосцевидных тел головного мозга людей разного возраста. Научные ведомости Белгородского государственного университета. Серия: Медицина. Фармация. 2016;5(226):104–8 [Pavlov AV, Zhrebeyateva SR, Lazutina GS. Histological description of human mamillary bodies architectonic in different ages. Nauchnye vedomosti Belgorodskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Meditsina. Farmatsiya. 2016;5(226):104–8] (in Russian).

9. Пасечник И.Н., Махлай А.В., Теплякова А.Н., Губайдуллин Р.Р., Сальников П.С., и др. Послеоперационный делирий: новый подход к лечению. Хирургия. Журнал им. Н.И. Пирогова. 2015;3:71–5 [Pasechnik IN, Makhlay AV, Teplyakova AN, Gubajdullin RR, Sal'nikov PS, Borisov AYU, et al. New approach to postoperative delirium treatment. *Khirurgiya Zhurnal im NIPirogova*. 2015;(3):71–5] (in Russian). doi: 10.17116/hirurgia2015371-75
10. Androsova G, Krause R, Winterer G, Schneider R. Biomarkers of postoperative delirium and cognitive dysfunction. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2015 Jun 9;7. doi: 10.3389/fnagi.2015.00112
11. Harrison FE. A Critical Review of Vitamin C for the Prevention of Age-Related Cognitive Decline and Alzheimer's Disease. *Journal of Alzheimer's Disease*. 2012 Apr 16;29(4):711–2. doi: 10.3233/JAD-2012-111853
12. Kubin A, Kaudela K, Jindra R, Alth G, Grünberger W, Wierrani F, et al. Dehydroascorbic Acid in Urine as a Possible Indicator of Surgical Stress. *Annals of Nutrition and Metabolism*. 2003;47(1):1–5. doi: 10.1159/000068905
13. Li H, Fu Q, Wu Z, Sun J, Manyande A, Yang H, et al. Cerebral oxygen desaturation occurs frequently in patients with hypertension undergoing major abdominal surgery. *Journal of Clinical Monitoring and Computing*. 2017 May 9;32(2):285–93. doi: 10.1007/s10877-017-0024-0
14. Lu Y, Chen L, Ye J, Chen C, Zhou Y, Li K, et al. Surgery/Anesthesia disturbs mitochondrial fission/fusion dynamics in the brain of aged mice with postoperative delirium. *Aging*. 2020 Jan 12;12(1):844–65. doi: 10.18632/aging.102659
15. Saxena S, Maze M. Impact on the brain of the inflammatory response to surgery. *La Presse Médicale*. 2018 Apr;47(4):e73–81. doi: 10.1016/j.lpm.2018.03.011
16. Sørensen H, Grocott HP, Secher NH. Near infrared spectroscopy for frontal lobe oxygenation during non-vascular abdominal surgery. *Clin Physiol Funct Imaging*. 2016;36:427–35. doi: 10.1111/cpf.12244
17. Travica N, Ried K, Hudson I, Sali A, Scholey A and Pipingas A. The Contribution of Plasma and Brain Vitamin C on Age and Gender-Related Cognitive Differences: A Mini-Review of the Literature. *Front. Integr. Neurosci*. 2020;14:47. doi: 10.3389/fnint.2020.00047

Поступила в редакцию 11.10.2021
Принята в печать 2.12.2021

Received 11.10.2021
Accepted 2.12.2021

Для цитирования: Ишунина Т.А. Морфологические изменения соматосенсорной коры морских свинок при моделировании раневого процесса брюшной стенки. Журнал анатомии и гистопатологии. 2021; 10(4): 36–42. doi: 10.18499/2225-7357-2021-10-4-36-42

For citation: Ishunina T.A. Morphological Changes in the Somatosensory Cortex of Guinea Pigs Following Simulation of the Abdominal Surgery Wound. *Journal of Anatomy and Histopathology*. 2021; 10(4): 36–42. doi: 10.18499/2225-7357-2021-10-4-36-42