УДК 612.014.48:611.452:599.323.45
© К. Г. Кемоклидзе, Н. А. Тюмина, 2018
<https://doi.org/10.18499/2225-7357-2018-7-1-62-67>

МОРФОМЕТРИЧЕСКИЙ АНАЛИЗ РЕАКЦИИ МОЗГОВОГО ВЕЩЕСТВА НАДПОЧЕЧНИКА КРЫСЫ НА ЧАСТИЧНУЮ ЛАЗЕРНУЮ ДЕСТРУКЦИЮ КОНТРАЛАТЕРАЛЬНОГО ОРГАНА

К. Г. Кемоклидзе, Н. А. Тюмина

ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет»
Минздрава России, Ярославль, Россия

Цель исследования – выявление морфологического ответа мозгового вещества надпочечника как парной системы на частичную лазерную деструкцию противоположного органа.

Материал и методы. На парафиновых срезах надпочечников крыс линии Вистар (n=41), окрашенных по методу Л. Н. Нопге, изучены объемные доли основных тканевых компонентов мозгового вещества, включая адреноциты, норадреноциты, сосуды, соединительно-тканную строму и нейроны, а также средняя площадь сечения адреноцитов, норадреноцитов и их ядер в течение двух месяцев с момента лазерного воздействия.

Результаты. В неповрежденном мозговом веществе в ответ на частичную лазерную деструкцию противоположного органа обнаружено увеличение доли кровеносных сосудов на 7-е сутки, что совпадает с увеличением доли кровеносных сосудов в поврежденном мозговом веществе контралатерального надпочечника в этот же срок. Также обнаружена гипертрофия хромоффиноцитов и их ядер с максимумом на 14-е сутки. Гипертрофия оказалась более выраженной у адреноцитов, чем у норадреноцитов. Кроме того, соотношение адреноцитов и норадреноцитов в ходе всего наблюдения изменяется в пользу первых.

Выводы. Системная реакция мозгового вещества надпочечника как связанной парной структуры на данный вид повреждения проявляется в увеличении доли кровеносных сосудов в мозговом веществе обоих органов на 7-е сутки после лазерного воздействия на один из них. Компенсаторно-приспособительный ответ мозгового вещества надпочечника на лазерное повреждение парного органа проявился в гипертрофии обеих субпопуляций хромоффиноцитов и их ядер с максимумом на 14-е сутки. Дополнительным вариантом компенсаторно-приспособительного ответа можно считать более выраженную гипертрофию адреноцитов по сравнению с норадреноцитами, а также изменение соотношения адреноцитов и норадреноцитов в пользу первых.

Ключевые слова: мозговое вещество надпочечника, хромоффинная ткань, лазерное повреждение, морфометрия, компенсаторно-приспособительный и системный ответ.

© К. Г. Kemoklidze, N. A. Tyumina, 2018
Yaroslavl State Medical University, Yaroslavl, Russia

Morphometric Analysis of Response of the Adrenal Medulla to Partial Laser Destruction of the Contralateral Organ

The purpose of the study was to identify the morphometric response of the rat adrenal medulla to partial laser destruction of the contralateral organ.

Materials and methods. On paraffin sections of adrenal medulla stained using L.H. Honore method in Wistar rats (n=41) for 2 months after the laser damage of the contralateral organs the volume fractions of adrenocytos, noradrenocytos, blood vessels, stroma and neurons were determined as well as the average cross-sectional areas of adrenocytos, noradrenocytos and their nuclei.

Results. In the intact adrenal medulla after partial laser destruction of the contralateral organ, we found an increase in the volume fraction of blood vessels on day 7. This coincides with the increase in the vascular fraction in the damaged paired organ at this time. There are also detected a change of ratio adrenocytos : noradrenocytos in favor of the first in the course of the entire observation. Besides, we identified hypertrophy in the both subpopulations of chromaffinocytos and in their nuclei with maximum on day 14. More pronounced the hypertrophy was in the adrenocytos than in the noradrenocytos.

Conclusions. The systemic response of the adrenal medulla as the connected paired structure manifested itself in the increase of the volume fraction of blood vessels in both adrenal medulla on day 7 after laser lesion of one of them. Compensatory-adaptive reaction manifested in hypertrophy of the both subpopulations of chromaffinocytos and their nuclei with maximum on day 14. Change of ratio adrenocytos : noradrenocytos in favor of the first in the course of the entire observation also can be considered as a consequence of the compensatory-adaptive system response of adrenal medulla on this type of impact.

Key words: adrenal gland, adrenal medulla, chromaffin tissue, laser damage, morphometry, system response, compensatory-adaptive response.

Введение

Лазерная хирургия прочно вошла в арсенал современной медицины и с каждым годом расширяет свое присутствие в лечебной

практике. Фундаментальные исследования механизмов взаимодействия лазеров и биотканей закладывают основу в успешное развитие будущего биомедицинских оптических технологий [2]. Тем не менее, реакцию тканей

и органов на лазерное повреждение все еще нельзя считать достаточно изученной [12]. Фундаментальные исследования реакции надпочечника на повреждение лазерным излучением стали появляться лишь сравнительно недавно [4, 5]. Эти работы посвящены изучению морфофункциональных изменений надпочечника, подвергнувшегося частичной деструкции хирургическим лазером, однако значительный интерес как в теоретическом, так и практическом аспектах, представляет и реакция на такое воздействие контралатерального, неповрежденного органа, как части общей системы. За исключением данных об увеличении количества тучных клеток в неповрежденном надпочечнике на 1-е сутки после повреждения лазером парного органа, информация о такой связанной реакции на лазерное повреждение надпочечников вообще и их мозгового вещества (МВН) в частности в общедоступной литературе отсутствует.

Одним из наиболее эффективных методов, позволяющих оценить состояние органов и тканей и таким образом выявить возможный их совместный ответ на повреждение, является их разносторонняя морфометрия.

Данная работа посвящена двухмесячной динамике основных морфометрических показателей МВН после частичной лазерной деструкции парного органа.

Материал и методы исследования

Исследование выполнено на 41 крыс-самце линии Вистар массой 372 ± 40 г, из которых у 36 под хлороформным наркозом проведена лазерная деструкция части левого надпочечника; 5 интактных крыс служили контролем. Для лазерного повреждения применен диодный хирургический лазерный аппарат «Лами» (Опттехника, Россия) со стандартными для паренхиматозных органов параметрами: длина волны 1020 нм, мощность излучения 2.5 Вт, диаметр световода 400 мкм, 150 импульсов по 190 мс с интервалом в 10 мс (энергия воздействия 71.25 Дж). Объем испаренной ткани составил 0.30 ± 0.10 мм³ при объеме надпочечника в момент повреждения 10.0 ± 2.5 мм³. На 1-, 7-, 14-, 21-, 28-е и 56-е сутки парами эфира производили эвтаназию по 5–7 животных на временную точку и взятие контралатеральных (неповрежденных) надпочечников. Обращение с животными соответствовало «Правилам проведения работ с использованием экспериментальных животных» (Приказ Минздрава СССР № 755 от 12.08.1977 г.).

В МВН дифференцировали две основных субпопуляции хромаффиноцитов – адреналокитов и норадреналокитов методом Л. Н. Нопоре [7], согласно которому материал фиксировали в глутаральдегиде, заливали в парафин, а срезы окрашивали бихроматом

калия – толудиновым синим. В результате норадреналокиты приобретали зеленый, а адреналокиты – серовато-фиолетовый цвет.

Морфометрию проводили стереологическим методом [3].

В МВН методом «полей» [1] на случайных срезах были определены относительные объемы (объемные доли) адреналокитов и норадреналокитов (вместе и отдельно), кровеносных сосудов, соединительнотканной стромы и нейронов (об. 40, ок. 7, бинокулярная насадка 1.5, окулярная вставка с 60 равноудаленными точками).

На цифровых фотографиях случайных срезов МВН, (об. 40) в программе ImageJ (дистрибутив Fiji, открытое ПО), путем обведения периметров адреналокитов и норадреналокитов определяли средние площади их сечения. Таким же образом рассчитывали средние площади сечения ядер.

Статистическую обработку проводили с помощью программ Универсальный гистологический счетчик 2.0 и Microsoft Excel. Различия измеряемых структур оценивали по t-критерию Стьюдента и считали значимыми при $p < 0.05$.

Результаты и их обсуждение

Исследование двухмесячной динамики площади сечения соотношения основных тканевых компонентов МВН после лазерного повреждения контралатерального органа показало (рис. 1а), что на 1-е сутки после воздействия относительная объемная доля адреналокитов составила $47.8 \pm 4.9\%$, норадреналокитов – $12.6 \pm 2.2\%$, сосудов – $27.4 \pm 4.3\%$, стромы – $12.1 \pm 2.6\%$, что достоверно не отличается от контрольных показателей: $46.5 \pm 3.2\%$, $11.9 \pm 2.1\%$, $27.9 \pm 2.8\%$ и $13.4 \pm 2.8\%$ соответственно ($p > 0.05$).

На 7-е сутки объемная фракция кровеносных сосудов имеет тенденцию к росту до $34.2 \pm 6.3\%$, после чего к 28-м суткам происходит плавное снижение данного показателя до минимума в $17.4 \pm 6.4\%$ ($p < 0.01$ по сравнению с 7-ми сутками и контролем), а к 56-м суткам доля сосудов вновь увеличивается до $26.3 \pm 10.5\%$, что равнозначно 1-м суткам и контролю ($p > 0.05$). Зеркальные колебания с минимумом на 7-е сутки, последующим повышением и возвращением к величинам равнозначным на 1-е сутки и контрольным проявляет относительный объем адреналокитов и хромаффиноцитов в целом (адреналокитов и норадреналокитов вместе). Кроме того, проявилось отчетливое изменение соотношения адреналокитов и норадреналокитов в пользу первых (рис. 1б), которое на 1-е сутки идентично контрольному: 79.1 ± 3.4 и $20.9 \pm 3.4\%$ – 79.7 ± 2.2 и $20.3 \pm 2.2\%$ соответственно ($p > 0.05$), а затем плавно изменяется в пользу адреналокитов, достигая к 56-м суткам 86.2 ± 4.2 и

Рис. 1. Динамика соотношения основных тканевых компонентов (а) и адреноцитов и норадреноцитов (б) в мозговом веществе надпочечника у крысы после лазерного повреждения контралатерального органа. Обозначения: по оси абсцисс – срок после воздействия (сутки), К – контроль; по оси ординат: а – объемные фракции тканевых компонентов (%); б – отношение % адреноцитов к % норадреноцитов в общей доле хромоаффиноцитов принятых за 100% (ед.)

13.8±4.2% ($p < 0.05$ по сравнению с контролем).

Достоверных изменений относительной доли стромы не обнаружено. Нейроны на случайных срезах попадались как единичные клетки или малочисленные скопления, либо совсем отсутствовали, поэтому проследить динамику их объемной доли не представилось возможным.

Средняя площадь сечения адреноцитов (рис. 2а) на 1-е сутки составила $100.0 \pm 3.3 \text{ мкм}^2$, норадреноцитов – $84.2 \pm 0.9 \text{ мкм}^2$, что равнозначно контролю: 100.1 ± 9.1 и $85.1 \pm 6.7 \text{ мкм}^2$ соответственно ($p > 0.05$), на 7-й день намечилось увеличение данного показателя для обеих популяций: адреноцитов – до $111.1 \pm 21.5 \text{ мкм}^2$, норадреноцитов – до $94.5 \pm 13.1 \text{ мкм}^2$. На 14-е сутки увеличение достигло максимума – $155.4 \pm 9.4 \text{ мкм}^2$ у адреноцитов и $115.8 \pm 2.4 \text{ мкм}^2$ у норадреноцитов ($p < 0.001$). К 21-м суткам происходит снижение показателя до $139.4 \pm 9.9 \text{ мкм}^2$ для адреноцитов ($p < 0.05$) и $107.5 \pm 10.9 \text{ мкм}^2$ для норадреноцитов. К 28-м суткам снижение продолжилось до $127.2 \pm 8.5 \text{ мкм}^2$ для адреноцитов и $103.3 \pm 5.6 \text{ мкм}^2$ для норадреноцитов ($p < 0.01$ в сравнении с 14-ми сутками). К 56-м суткам площади сечения адреноцитов и норадреноцитов вернулись к исходным величинам – $103.4 \pm 5.1 \text{ мкм}^2$ для адреноцитов и $89.5 \pm 6.6 \text{ мкм}^2$ для норадреноцитов ($p > 0.05$ по сравнению с 1-ми сутками и контролем).

Площадь ядер адреноцитов и норадреноцитов (рис. 2б) на 1-е сутки: 30.5 ± 1.2 и $27.2 \pm 1.4 \text{ мкм}^2$ соответственно, не отличается

от контрольных 29.8 ± 2.5 и $25.4 \pm 1.4 \text{ мкм}^2$ соответственно. На 7-е сутки намечается тенденция к увеличению этого показателя до 31.2 ± 2.0 и $27.1 \pm 2.3 \text{ мкм}^2$ соответственно, а к 14-м суткам у обоих типов хромоаффиноцитов площадь ядер увеличивается до $42.3 \pm 5.6 \text{ мкм}^2$, у адреноцитов и до $37.0 \pm 5.3 \text{ мкм}^2$ у норадреноцитов ($p < 0.01$ по сравнению с 1-ми сутками и контролем). Далее данный показатель плавно возвращается к исходным величинам: 30.0 ± 3.8 и $27.2 \pm 5.9 \text{ мкм}^2$ на 56-е сутки идентичным на 1-е сутки и контрольным ($p > 0.05$).

Анализ полученных данных показывает, что из всех тканевых компонентов наиболее лабилен сосудистый; он способен быстро менять свою относительную долю в органе за счет уменьшения и увеличения просвета сосудов под действием кровяного давления и кровенаполнения, а также открытия-закрытия резервных сосудов. Этого тем более следует ожидать в надпочечнике, относительная величина кровотока в котором одна из самых высоких в организме [10], и особенно в МВН, характерной чертой которого является наличие обширных тонкостенных венозных синусоидов. Тенденция к увеличению относительной доли кровеносных сосудов на 7-е сутки и последующее плавное ее снижение отчетливо совпадает с данными для противоположного, поврежденного органа [4], согласно которым именно в этот срок наблюдаются пик увеличения объемной доли кровеносных сосудов и отек поврежденного надпочечника, а далее происходит постепенная нормализация. Увеличение доли сосудов на 7-е сутки в неповре-

Рис. 2. Динамика размеров хромаффиноцитов (а) и их ядер (б) в мозговом веществе надпочечника у крысы после лазерного повреждения контралатерального органа. Обозначения: по оси абсцисс – срок после воздействия (сут), К – контроль; по оси ординат – площадь сечения (мкм²).

жденном органе по сравнению с поврежденным незначительно, но очевидно является проявлением целостной реакции пары органов, при которой механизмы, вызвавшие увеличение доли сосудистого компонента в одном из них, находят аналогичный, хотя и ослабленный ответ во втором.

Оценка динамики менее лабильных, чем сосуды, тканевых компонентов – популяций нор- и адреноцитов, требует более глубокого анализа с учетом того, что рост или уменьшение доли одного компонента автоматически уменьшает или увеличивает доли других, даже если реальных изменений они не претерпевают. В наибольшей степени взаимно влияют друг на друга самые объемные компоненты. К таковым как раз и относятся сосуды и адреноциты, приближенно составляющие соответственно 50–60 и 20–30% объема МВН. Результатом такого влияния является зеркальная динамика этих компонентов. Так как среди хромаффиноцитов 80–85% приходится на адреноциты, то и динамика хромаффиноцитов в целом идентична динамике именно адреноцитов. В то же время гипертрофия клеток и их ядер в обеих субпопуляциях хромаффиноцитов в неповрежденном органе на 40–50% с максимумом на 14-е сутки является ярко выраженной формой компенсаторно-приспособительного ответа на убыль этих же клеток в парном органе. Применение методики, разработанной и использованной ранее авторами для оценки реального прироста/убыли хромаффиноцитов в надпочечниках, восстанавливающихся после частичной лазерной деструкции [5], ожидаемо показало, что в данном случае выявляется только прирост (в поврежденном органе всю первую не-

делю после повреждения выявлялась и реальная убыль) с максимумом на 14-е сутки.

Изменение соотношения адреноцитов и норадреноцитов в пользу первых, плавно идущее вплоть до конца наблюдения, на фоне того, что в начале и в конце общая доля хромаффиноцитов равнозначна контрольному, может произойти по трем причинам: переход части норадреноцитов к синтезу адреналина, увеличение размеров адреноцитов в большей степени, чем норадреноцитов, большая пролиферация адреноцитов, чем норадреноцитов. Однако, хотя в культурах незрелых хромаффиноцитов соотношение адреналин-/норадреналин-накапливающих клеток изменяется под воздействием глюкокортикоидов в пользу адреналин-накапливающих, считается, что зрелые норадреноциты, не способны к фенотипической конверсии в адреноциты [6]. Проллиферация в данном исследовании не оценивалась, но гипертрофия у адреноцитов была выражена сильнее, чем у норадреноцитов (максимум на 14-й день в 1.54 и 1.38 раза соответственно). Таким образом, один из факторов, приводящих к увеличению доли адреноцитов в хромаффинной ткани, проявил себя. Присутствие системного компенсаторного механизма, усиливающего секрецию адреналина в кровь одной частью системы при недостатке его синтеза в другой, убедительно показано разными авторами. В частности, через месяц после односторонней адреналэктомии у крыс не наблюдается значимого снижения уровня адреналина в сыворотке крови [8]. Непосредственно после удаления обоих надпочечников с реимплантацией их коры уровень адреналина в крови упал до нераспозна-

ваемой величины, через неделю стал обнаруживаться, а через месяц достиг 12% от исходного уровня [9]. Можно предположить, что в компенсаторном механизме поддержания уровня адреналина в крови задействованы и экстраадреналовые адреналинсинтезирующие структуры, так как фенилэтанолламин-N-метилтрансфераза, метилирующая норадреналин до адреналина, обнаружена и вне надпочечника в разных органах: сердце, скелетных мышцах, почке и т.д. [11]. Однако, из экспериментов с односторонней и полной адреналэктомией ясно, что адреналин, синтезируемый вне надпочечников, в кровь фактически не направляется, соответственно, синтезирующие его структуры в упомянутом компенсаторном механизме задействованы мало, в отличие от хромаффиноцитов надпочечника, обладающих мощным компенсаторным потенциалом, позволяющим за короткий срок минимум вдвое нарастить продукцию адреналина. Если учесть также, что в опытах с двусторонним удалением надпочечников применялась реимплантация их коры, в толще которой мозговые хромаффиноциты часто встречаются вдоль сосудисто-нервных пучков, то часть (не исключено весьма существенная) обнаруживаемого через месяц после операции в сыворотке крови адреналина могла быть синтезирована все теми же хромаффиноцитами надпочечника.

Таким образом, представляется очевидным, что компенсаторный механизм в отношении поддержания уровня адреналина в крови обеспечивается преимущественно МВН, а обнаруженные в данном исследовании гипертрофия адреналоцитов и увеличение их относительной доли в хромаффинной ткани являются морфологическим проявлением этого механизма.

Выводы

1. Целостная реакция мозгового вещества надпочечников как связанной парной структуры проявляется увеличением доли кровеносных сосудов в мозговом веществе обоих органов на 7-е сутки после лазерного воздействия на один из них.
2. Компенсаторно-приспособительный ответ мозгового вещества надпочечников на лазерное повреждение парного органа проявляется в гипертрофии обеих субпопуляций хромаффиноцитов и их ядер с максимумом на 14-е сутки.
3. Дополнительным вариантом компенсаторно-приспособительного ответа является более выраженная гипертрофия адреналоцитов по сравнению с норадреналоцитами и изменение соотношения адреналоцитов и норадреналоцитов в пользу первых.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Список литературы

1. Автандилов Г. Г., Яблuchанский Н. И. Губенко В. Г. Системная стереометрия в изучении патологического процесса. М: Медицина. 1981.
2. Гейниц А. В., Цыганова В. И. Лазерные технологии в медицине: настоящее и будущее. Лазерная медицина. 2014; 18 (25): 11–12.
3. Гуцол А. А., Кондратьев Б. Ю. Практическая морфометрия органов и тканей. Томск: Издательство Томского университета. 1988.
4. Кемоклидзе К. Г., Тюмина Н. А. Гистологическая характеристика надпочечника крысы после воздействия хирургическим лазером на среднесрочном этапе. Фундаментальные исследования. 2013; 10 (5): 1084–1089.
5. Кемоклидзе К. Г., Тюмина Н. А. Динамика количественных показателей мозгового вещества надпочечника крысы после частичной лазерной деструкции. Морфология. 2014; 46 (6): 63–67.
6. Coupland R. E. The natural history of the chromaffin cell - twenty-five years on the beginning. Arch. Histol. Cytol., 1989; 52: 331–341.
7. Honore L. H. A light microscopic method for the differentiation of noradrenaline and adrenaline producing cells of the rat adrenal medulla. J. Histochem. and Cytochem. 1972; 19 (8): 483–486.
8. Hu C. P., Zou Y. Q., Feng J. T., Li X. Z. The effect of unilateral adrenalectomy on transformation of adrenal medullary chromaffin cells in vivo: a potential mechanism of asthma pathogenesis. PLoS One. 2012; 7(9): e44586.
9. Ricordi C., Shah S. D., Lacy P. E., Clutter W. E. et al. Delayed extra-adrenal epinephrine secretion after bilateral adrenalectomy in rats. American Journal of Physiology 1988; 254: E52–E53.
10. Sparrow R. A., Coupland R. E. Blood flow to the adrenal gland of the rat: its distribution between the cortex and the medulla before and after haemorrhage. J. Anat. 1987; 155: 51–61.
11. Ziegler M. G., Bao X., Kennedy B. P., Joyner A. et al. Location, development, control, and function of extraadrenal phenylethanolamine-N-methyltransferase. Ann. N.Y. Acad. Sci. 2002; 971: 76–82.
12. Welch A. J., van Gemert M. J. C. Overview of optical and thermal laser-tissue interaction and nomenclature. In book: A.J. Welch, M.J.C. van Gemert, eds., Optical-thermal response of laser-irradiated tissue. Dordrecht [etc.]: Springer; 2011; Ch.1: 3–11.

References

1. Avtandilov G.G., Yabluchanskiy N.I., Gubenko V.G. Sistemnaya stereometriya v izuchenii patologicheskogo protsessa [Systemic stereometry in the study of the pathological process]. Moscow: Meditsina; 1981 (in Russian).
2. Geynits A.V., Tsyganova V.I. Lazernye tekhnologii v meditsine: nastoyashchee i budushchee [Laser technologies in medicine: the present and the future]. Lazernaya meditsina; 2014; 18 (25): 11–12 (in Russian).

3. Gutsol A.A., Kondrat'ev B.Yu. Prakticheskaya morfometriya organov i tkaney [Practical morphometry of organs and tissues]. Tomsk: Izdatel'stvo Tomskogo universiteta; 1988 (in Russian).
4. Kemoklidze K.G., Tiumina N.A. Gistologicheskaya kharakteristika nadpochechnika krysy posle vozdeystviya khirurgicheskim lazerom na srednesrochnom etape [Histological characteristics of the rat adrenal gland after surgical laser impact at midpoint stage]. Fundamentalnie issledovaniya. 2013; 10 (5): 1084-1089 (in Russian).
5. Kemoklidze K.G., Tiumina N.A. Dinamika kolichestvennykh pokazateley mozgovogo veshchestva nadpochechnika krysy posle chastichnoy lazernoy destruktzii [The dynamics of quantitative parameters of rat adrenal medulla after its partial laser destruction]. Morfologiya, 2014; 146 (6): 63-67 (in Russian).
6. Coupland R.E. The natural history of the chromaffin cell - twenty-five years on the beginning. Arch. Histol. Cytol., 1989; 52: 331-341.
7. Honore L.H. A light microscopic method for the differentiation of noradrenaline and adrenaline producing cells of the rat adrenal medulla. J.Histochem. and Cytochem. 1972; 19 (8): 483-486.
8. Hu C.P., Zou Y.Q., Feng J.T., Li X.Z. The effect of unilateral adrenalectomy on transformation of adrenal medullary chromaffin cells in vivo: a potential mechanism of asthma pathogenesis. PLoS One. 2012; 7(9): e44586.
9. Ricordi C., Shah S.D., Lacy P.E., Clutter W.E. et al. Delayed extra-adrenal epinephrine secretion after bilateral adrenalectomy in rats. American. Journal of Physiology 1988; 254: E52-E53.
10. Sparrow R.A., Coupland R.E. Blood flow to the adrenal gland of the rat: its distribution between the cortex and the medulla before and after haemorrhage. J. Anat. 1987; 155: 51-61.
11. Ziegler M.G., Bao X., Kennedy B.P., Joyner A. et al. Location, development, control, and function of extraadrenal phenylethanolamine-N-methyltransferase. Ann. N.Y. Acad. Sci. 2002; 971: 76-82.
12. Welch A.J., van Gemert M.J.C. Overview of optical and thermal laser-tissue interaction and nomenclature. In book: A.J.Welch, M.J.C. van Gemert, eds., Optical-thermal response of laser-irradiated tissue. Dordrecht [etc.]: Springer; 2011; Ch.1: 3-11.

Сведения об авторах

Кемоклидзе Константин Гербертович – канд. биол. наук, доцент, доцент кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России. 150000, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5. E-mail: K_G_K@mail.ru,

Тюмина Наталья Андреевна – аспирант кафедры гистологии, цитологии и эмбриологии ФГБОУ ВО «Ярославский государственный медицинский университет» Минздрава России. 150000, г. Ярославль, ул. Революционная, д. 5. E-mail: Natellamail@mail.ru.

Поступила в редакцию 18.12.2017 г.

Для цитирования: Кемоклидзе К.Г., Тюмина Н.А. Морфометрический анализ реакции мозгового вещества надпочечника крысы на частичную лазерную деструкцию контрлатерального органа. Журнал анатомии и гистопатологии. 2018; 7(1): 62–67. doi: 10.18499/2225-7357-2018-7-1-62-67

For citation: Kemoklidze K.G., Tyumina N.A. Morphometric analysis of response of the adrenal medulla to partial laser destruction of the contralateral organ. Journal of Anatomy and Histopathology. 2018; 7(1): 62–67. doi: 10.18499/2225-7357-2018-7-1-62-67