

МОРФОЛОГИЯ ОРГАНОВ ИММУНОГЕНЕЗА ПРИ ВОЗДЕЙСТВИИ ЭЛЕКТРОМАГНИТНЫХ ИЗЛУЧЕНИЙ

Л. И. Александрова, Н. Г. Краюшкина, В. Л. Загребин, А. И. Перепелкин, Н. А. Мураева

*Волгоградский государственный медицинский университет,
кафедра анатомии человека, кафедра гистологии, эмбриологии, цитологии*

В работе представлены результаты воздействия переменного магнитного поля промышленной частоты на органы иммуногенеза (тимус, лимфоидные образования кишечника, соматические лимфатические узлы). Определено, что морфологические изменения в центральных и периферических органах лимфатической системы кроликов при однократных и повторных (хронических) облучениях электромагнитными полями антропогенной природы имеют различную направленность.

Ключевые слова: электромагнитные поля, органы иммуногенеза.

MORPHOLOGY OF IMMUNOGENESIS WHEN EXPOSED TO ELECTROMAGNETIC RADIATION

L. I. Aleksandrova, N. G. Kraiushkina, V. L. Zagrebin, A. I. Perepelkin, N. A. Muraeva

The paper presents results of the impact of AMF on the immunogenesis organs (thymus, lymphoid formations in the intestine, somatic lymph nodes). It was established that the morphologic changes in the central and peripheral lymph organs of rabbits upon single and repeated (chronic) exposure to anthropogenous electromagnetic fields are of different nature.

Key words: electromagnetic fields, organs of immunogenesis.

Неблагоприятное влияние электромагнитных излучений (ЭИ) связывают с рядом факторов, к которым относят источники электромагнитного поля, экспозицию, длину и частоту волн различных видов излучения, их интенсивность, локализацию воздействия, электрические свойства тканей [5].

Одной из наиболее чувствительных систем к воздействию электромагнитных излучений, наряду с нервной, эндокринной, половой и сердечно-сосудистой, является система органов иммуногенеза (Н. В. Богомолова с соавт., 2007) [1].

Учитывая постоянно возрастающий интерес к проблеме со стороны специалистов различных областей знаний, представляется актуальным изложение результатов собственных исследований, которые призваны внести определенный вклад в разрешение практических вопросов и теоретических воззрений о взаимодействии ЭИ с объектами биологической природы.

ЦЕЛЬ РАБОТЫ

Установить содружественность ответной реакции и характер морфологических изменений органов иммуногенеза при общем облучении кроликов ПчЭМП ПЧ различной кратности и длительности.

МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

Реакция органов и структур иммунной системы на воздействие переменного электромагнитного поля промышленной частоты (ПчЭМП ПЧ) изучалась на половозрелых, 6-месячных кроликах — самцах породы шиншилла, массой 2500—3000 г при условии идентичности подбора и содержания животных в контрольной и опытных экспериментальных группах. Воздействие ПчЭМП ПЧ

осуществлялось путем общего облучения кроликов, содержащихся в специальных просторных (в 50 раз более объема кролика) клетках. Частота (50 Гц), стабильность и напряженность электромагнитного поля (16 кВ/м внутри клеток) тщательно контролировались. Исследовалась реакция органов иммунной системы в зависимости от продолжительности (сроков) облучения ПчЭМП ПЧ. Испытывались однократные (1, 3, 6 часов) воздействия и повторные по 6 часов ежедневно в течение 3, 5, 7, 14, 21, 28, 42, 84, 140 дней (то есть до 5 лунных месяцев). 6-часовая экспозиция электромагнитного поля (в течение суток) определена в соответствии с рекомендациями для магнитобиологических экспериментов по гигиене труда. Сроки многодневных воздействий ПчЭМП ПЧ (хронический эксперимент — 3, 5, 7, 14, 21, 28 и более дней) выбраны кратными и дольными лунному ритму, то есть естественному геомагнитному ритму.

Соответственно срокам облучения определены экспериментальные серии — группы животных с общим числом животных 335, которых представляли кролики-самцы. По завершении каждой экспериментальной серии забой животных с целью получения биоматериала для морфологического исследования производился на следующий день, то есть через сутки. Для выяснения возможного влияния фактора сезонности одна из серий (5-дневное облучения ПчЭМП ПЧ) с достаточно выраженными морфологическими изменениями выполнялась в каждом сезоне года.

Исследованы тимус, червеобразный отросток, паховые лимфатические узлы. Выделенные органы фиксировались в жидкости Карнуа, 10%-м и 20%-м растворах формалина. Из парафиновых блоков готовились срезы толщиной 7—10 мкм. Изготавливались серийные

срезы, которые окрашивались общепринятыми гистологическими методами: гематоксилин-эозином, по Ван-Гизону, Вейгерту, Гомори, Футу, азур-эозином по Романовскому-Гимза.

Проводился количественный морфометрический анализ, включающий стереометрию, количественную характеристику на светооптическом уровне (денситометрия, густота расположения клеточных элементов, клеточный состав).

Измерение абсолютных величин площади всего среза и конкретных структур производилось с использованием электромеханического сканирующего устройства по фотографическим матрицам препаратов. Для морфометрических исследований использовали также микроскоп фирмы Miros MC 200, цифровую фотокамеру Olympus с разрешением 4 Mpix, объект — микрометр ОМП — У4.2. Снимки из графического файла Jpeg переносили в программу CorelDraw, где им создавали стандартные параметры 155x115 pixels с распечаткой на принтере Samsung ML-2015. Морфометрические исследования проводили с использованием программы «фотометрия Photo M» А. Chernigovsky, Loffe Phys Tech inst., версия 1.2. 12.2000. С применением программы Photo M и объектомикрометра на микропрепаратах определяли морфометрические параметры различных структурных компонентов органов иммуногенеза [2].

Динамику изменений густоты клеточных элементов по протяжению долек тимуса, лимфоидных узелков других органов иммунной системы изучали методом кроссузелковой микрофотометрии. Пролиферативная активность клеток контролировалась митотическим индексом.

Стандартную статистическую обработку цифровых данных осуществляли на персональном компьютере в операционной системе Microsoft Windows XP Professional с использованием программы Microsoft Excel 2007.

РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

При воздействии ПеМЧ ПЧ внешние размеры тимуса заметно изменились, выявляя определенную зависимость от продолжительности воздействия. При воздействии ПеМП ПЧ изменения касались в наибольшей мере размеров площади вентро-дорсальной проекции органа. Так, уже после 1 сеанса облучения она увеличивалась в 1,5 раза, достоверно превышая контрольные значения ($p < 0,001$). Увеличение массы органа и его объема было незначительным и связано в большей степени с увеличением минимальных индивидуальных значений вариант в группе. Сходные, но менее выраженные изменения наблюдались и после 3-часового и 1-дневного (6-часового) воздействия.

При исследовании внутренней структуры органа в группе контрольных животных установлено, что большая часть площади среза тимуса занята корковым веществом ($54,7 \pm 0,26$) %. Формы долек в срезе тимуса весьма вариabельны, чаще имеют неправильную фор-

му. На срезе дольки корковое вещество расположено по периферии, окружая мозговое вещество. Относительная площадь коркового вещества в дольке составляла ($77,2 \pm 0,24$) %. Мозговое вещество, располагаясь в центральных отделах долек, занимало площадь около 1/6 общей площади среза органа. На общем срезе тимуса и его долек оно выглядит более светлым. Различные величины оптической плотности коркового и мозгового вещества тимуса, по данным кросслобулярной микрофотометрии, составляло 0,12—0,15 опт. ед. Междольковая соединительная ткань тимуса на общей площади среза занимала около 1/3 части и составляла ($29,07 \pm 0,28$) %.

При воздействии ПеЭМП ПЧ соотношение площадей коркового, мозгового вещества и междольковой соединительной ткани на общей площади среза тимуса изменялось, характеризуясь в целом уменьшением относительной площади коркового вещества, соответствующим увеличением площадей мозгового вещества и междольковой соединительной ткани. Достоверное уменьшение ($p < 0,001$) относительной площади коркового вещества тимуса отмечалось только после пяти дней воздействия ПеМП ПЧ. Максимум снижения площади этой зоны наблюдался при 7—14-дневных облучениях. Относительная площадь коркового вещества в данные сроки воздействия, не отличаясь между собой, была достоверно ниже соответствующего показателя при пятидневном воздействии ПеМП ПЧ. К 21 дню облучения отмечалось увеличение площади указанной зоны ($p < 0,001$) в сравнении с 7 и 14 днями облучения, ее размеры приближались к значениям, которые определялись при 5-дневной экспериментальной серии. При продолжении воздействия ПеМП ПЧ до 28 дней относительная площадь коркового вещества возвращалась к контрольным значениям.

Достоверное увеличение ($p < 0,001$) средних значений относительной площади мозгового вещества на общей площади среза тимуса обнаруживалось после 3 дней воздействия ПеМП ПЧ. Максимум увеличения определялся после 7—14 дней облучения, однако достоверные различия с 3-дневной серией отмечались уже после 5 дней облучения. В последующем, с увеличением продолжительности воздействия (7, 14 и 21 дней) средние значения площади мозгового вещества, сохраняясь повышенными, достоверно не отличались друг от друга. К 28-му дню облучения, несмотря на продолжающееся действие фактора, происходило уменьшение (до исходных величин) площади мозгового вещества.

На гистологических срезах долек тимуса из различных экспериментальных серий исследована оптическая плотность методом кросслобулярной микрофотометрии. В настоящем исследовании оценивалась прежде всего разница максимальных величин оптической плотности какого-либо участка коркового вещества и минимального значения величины оптической плотности мозгового вещества. Исследования показали, что при коротких сроках облучения ПеЭМП ПЧ (1 ч, 3 ч и

1 день) различие в величинах оптической плотности коркового и мозгового вещества возрастает. Если в контроле оно составляло от 0,12 до 0,15 оптических единиц, то при 3-часовом и 1-дневном облучениях оно увеличивалось, колеблясь от 0,2 до 0,25 ед. При этом увеличение разницы оптической плотности коркового и мозгового вещества было обусловлено в основном снижением оптической плотности в мозговом веществе. Дальнейшее увеличение продолжительности воздействия характеризовалось противоположной реакцией — различие величин оптической плотности коркового и мозгового вещества тимуса начало уменьшаться, составляя величины порядка 0,05—0,1 ед при 7—14-дневных воздействиях. При большей продолжительности облучения животных (21 и 28 дней) различие величин оптической плотности корковой и мозговой зон приближалось к исходному.

Лимфоидная ткань червеобразного отростка кролика представлена лимфоидными узелками. На продольных срезах их в группе контрольных животных абсолютные усредненные размеры площади узелков составляли $(0,87 \pm 0,01)$ мм².

Изменения в лимфоидных узелках червеобразного отростка кролика при воздействии ПеМП ПЧ определялись прежде всего продолжительностью облучения и касались размеров узелков, соотношения площадей зон на срезах и содержания клеточных элементов в них. Наиболее чувствительные к облучению лимфоцитонасыщенные зоны — краевая зона и зона малых лимфоцитов. Клеточный дефицит в них сопровождался уменьшением их размеров почти в 2 раза, что влекло за собой относительное увеличение динамично связанных с ними подэпителиальной зоны и центра размножения. Максимум отклонений от контроля наблюдался после 7—14-дневного облучения. В последующие 2 недели, несмотря на продолжающееся воздействие, размеры лимфоидных узелков, соотношения внутренних зон на площади среза, густота расположения клеточных элементов постепенно возвращались к исходным — после 28-дневного облучения все указанные параметры лимфоидных узелков не имели статистически значимых различий с контрольными показателями.

Тимусзависимая зона в лимфоидных узелках червеобразного отростка, как по топографическим, так и морфологическим реакциям, реагировала на самое кратковременное облучение.

В процессе облучения изменялись размеры площади, занимаемой на вертикальном срезе стенки червеобразного отростка межузелковыми структурами. В период от 1 часа до 14 дней облучения она постепенно возрастала от $(0,055 \pm 0,001)$ до $(0,063 \pm 0,003)$ мм², а после двух недель начинала уменьшаться и к 21-му и 28-му дням облучения становилась в среднем равной $(0,056 \pm 0,0015)$ мм².

При облучении ПеМП ПЧ размеры паховых лимфоузлов (ПЛУ) настолько уменьшаются, что они с трудом обнаруживаются в подкожной клетчатке. Короткие

сроки воздействия (1 ч, 3 ч, 1 день) не вызывали статистически значимых отклонений размеров лимфоузлов.

После 3-дневного облучения четко выявлялась тенденция к уменьшению площади среза ПЛУ до 74 % от средней площади в контроле. 5-дневное воздействие ПеМП ПЧ вызывало настолько выраженное уменьшение узла, что площадь центрального продольного среза уже высоко статистически достоверно отличалась от уровня контроля — $(4,98 \pm 0,42)$ мм² ($p < 0,001$), что составляло только 61 % исходного уровня контроля.

Наибольшее снижение площади ЛУ отмечено после 7-дневного облучения. Средняя площадь продольного среза ПЛУ достигала всего лишь $(3,47 \pm 0,34)$ мм², более чем вдвое (42 %) уступая уровню контроля и высоко статистически достоверно от него отличаясь ($p < 0,001$). Уменьшение площади пахового ЛУ в этот период протекало настолько интенсивно, что определялось достоверное различие ($p < 0,05$) и с показателями предыдущей серии (5-дневное облучение). 14-дневное воздействие ПеМП ПЧ по своему эффекту мало отличалось от 7- и особенно 5-дневного облучения. Средняя площадь центрального продольного среза ПЛУ статистически достоверно меньше контроля ($p < 0,05$), но уже составляла $(5,23 \pm 0,98)$ мм² — около 64 % от средней в контроле.

К 21-му дню воздействия ПеМП ПЧ средняя площадь среза ПЛУ достигала 86 % от уровня контроля $(6,99 \pm 0,75)$ мм², не имея статистически значимого различия с исходным уровнем. После 28-дневного воздействия ПеМП ПЧ размеры ПЛУ практически не отличались от контрольных по внешнему виду, средняя площадь центрального продольного среза узла еще более приближалась к контрольной величине.

Реакция узелков на воздействие ПеМП ПЧ определялась его сроками: 1, 3-часовое, 1-дневное (6 часов) облучения не вызывали статистически достоверных изменений средних значений площади отдельных лимфоидных узелков. Наблюдалось усиление разброса индивидуальных значений вариант (дисперсии) с тенденцией к преобладанию повышенных величин. Так, средняя величина площади лимфоидных узелков без центра размножения возрастала после 1-часового облучения почти на 24 % при отсутствии достоверности различий с исходной (контрольной). 3, 5, 7, 14-дневные облучения сопровождалась весьма выраженным с высокой степенью достоверности ($p < 0,001$) снижением площадей узелков до 50 % контрольной величины. При этом лимфоидные узелки становились просветленными. Более длительные сроки воздействия ПеМП ПЧ (21 и 28 дней) не сопровождалась дальнейшим уменьшением площадей узелков, начиналось восстановление их размеров. После 21-дневного облучения средние значения площадей достоверно выше, чем после 14-дневного ($p < 0,05$) и практически не отличались от контрольных.

После 5-дневного облучения отмечалось уменьшение, достигающее максимума к 7 дням воздействия

[(12 ± 2) тыс. мкм², $p < 0,001$], когда площадь отдельного узелка в среднем составляла лишь 1/3 первоначального размера. Столь значительное падение размеров площадей сочеталось с преобразованием внешнего вида лимфоидного узелка и сдвигом соотношения его внутренних образований. Узелок становился малоконтрастным, мантия резко сужалась, относительно ее центр размножения увеличивался. При микрофотометрии широкий центр размножения выглядит неглубоким, полого переходящим в возвышения мантии. Весь размах величины оптической плотности между центром размножения и мантией едва достигает 0,06—0,08 ед. оптической плотности.

Продолжение облучения не усугубляло отмеченных выше сдвигов. Начиная процесс восстановления, и к 21, и особенно 28 дням облучения размеры лимфоидных узелков уже не отличались от исходных. Кроссузелковая микрофотометрия выявляла возросший до 0,15—0,20 ед. размах оптической плотности между центром размножения и мантией, отмечался крутой переход кривой центра размножения к мантии лимфоидного узелка.

Показательна перестройка в процессе облучения ПеМП ПЧ внутренних компонентов лимфоидного узелка с центром размножения.

В контроле центр размножения занимал в среднем (21 ± 2) %, оставляя мантии (79 ± 2) % общей площади лимфоидного узелка. Начавшееся облучение вызывало перестройку и изменение соотношения размеров центра размножения и мантии. 1- и 3-часовые облучения не вызывали статистически значимых отклонений. Однодневное облучение сопровождалось достоверным увеличением относительной площади центра размножения [(32 ± 3) %, $p < 0,01$]. После 5-дневного воздействия отмечались наиболее выраженные отклонения: соотношение площадей центра размножения и мантии становилось равным [(50 ± 5) %, $p < 0,01$], то есть относительная площадь центра размножения возрастала почти в 2,5 раза, а площадь мантии уменьшалась от исходной на 1/3. Статистически значимые сдвиги в соотношении площадей сохранялись и при 21-дневном облучении, хотя уже после 14 дней они начинали уменьшаться. После 28-дневного воздействия соотношение площадей центра размножения и мантии на общей площади лимфатического узелка возвращалось к исходным величинам [(22 ± 1,5) и (78 ± 1,5) % соответственно].

Мякотные тяжи ПЛУ также являлись структурой, чувствительно реагирующей на воздействие ПеМП ПЧ. В контроле на центральном продольном срезе ПЛУ мякотные тяжи — широкие, густо заселены клеточными элементами, темно окрашены и хорошо контурируются с мозговыми промежуточными синусами. Средняя их площадь составляла (1,03 ± 0,09) мм². Короткие сроки воздействия ПеМП ПЧ (1 ч, 3 ч, 1 день) не вызывали статистически достоверных отклонений от контроля средних значений площади мякотных тяжей. Однако дисперсия вариант в ряду (экспериментальные группы),

значения средней арифметической, медианы, моды возрастали, что и являлось отражением имевшего место воздействия, проявляющего себя уже после одночасового облучения.

Более продолжительное облучение сопровождалось уменьшением площади мякотных тяжей, которое после 3-дневного облучения являлось статистически достоверным ($p < 0,05$). Увеличение срока облучения вызывало и более значительное падение размеров площадей. Максимальное снижение наблюдалось после 7 дней воздействия ПеМП ПЧ. Средние размеры площади мякотных тяжей на центральном продольном срезе ПЛУ достоверно были ниже не только относительно исходных (контрольных) значений ($p < 0,001$), но и относительно значений, обнаруженных при 5-дневных облучениях ($p < 0,01$). Площадь тяжей после 7-дневного облучения была втрое меньше, чем в контроле. После 14 дней воздействия ПеМП ПЧ, несмотря на продолжающееся облучение, размеры площадей мякотных тяжей начинали возрастать (восстанавливаться) и при 21-дневном и тем более 28-дневном облучении они уже не имели достоверных различий с контролем. Мякотные тяжи после 28 дней облучения ни по внешнему виду, ни по морфометрическим показателям не отличались от контроля. Межузелковая зона и внутренняя часть коркового вещества ПЛУ также изменялись в процессе воздействия ПеМП ПЧ. В контроле эти структуры на центральном продольном срезе ПЛУ были хорошо выражены и занимали площадь, равные соответственно (3,12 ± 0,24) и (1,68 ± 0,17) мм². Реакция их на облучение (направленность изменений и динамика в процессе облучения) — однотипна, отличаясь от реакции мякотных тяжей в основном временными характеристиками. Короткие сроки воздействия проявляли себя усилением дисперсии индивидуальных показателей, увеличением V, Mo, Me. Достоверное уменьшение размеров площадей наблюдалось только после 5 дней воздействия. Максимальное снижение [до (28 ± 30) % исходных величин] имело место также после 7 дней облучения. Визуально-микроскопически эти зоны пахового лимфатического узла представлялись явно уменьшенными в размерах, просветленными, разреженными. Восстановление размеров при продолжающемся облучении начинало наблюдаться несколько ранее — показатели, полученные при 14-дневном воздействии, не имели статистически значимых различий с контролем. Если ориентироваться на статистические показатели, то более активно восстанавливались размеры площади межузелковой зоны. Однако в 28-дневной экспериментальной серии размеры площадей обеих рассматриваемых зон ПЛУ, их внешний вид не отличались от контрольных. Корреляционный и дисперсионный анализы свидетельствовали о том, что изменения межузелковой зоны и внутренней части коркового вещества в высокой степени (более 95 %) определялись влиянием ПеМП ПЧ и весьма тесно связаны со сроками его действия (коэффициент корреляционного отношения 0,99).

Капсулы и трабекулы являлись наиболее инертными к воздействию ПемП ПЧ структурами ПЛУ. Площадь капсулы в контроле в среднем равнялась (123 ± 11) тыс. мкм², что составляло 1,52 % общей площади центрального продольного среза ПЛУ. Площадь трабекул соответственно равнялась (89 ± 22) тыс. мкм² или 1,11 % общей площади среза ПЛУ. Абсолютные размеры капсулы и трабекул практически не изменялись при облучении. Коэффициенты регрессии значений площади капсулы и трабекул в зависимости от сроков воздействия ПемП ПЧ малы (капсулы — -0,003, трабекул — -0,01), а коэффициент корреляции равнялся для капсулы -0,026 и для трабекул — -0,14. Следовательно, зависимости величины площадей капсулы и трабекул на срезе пахового лимфатического узла от сроков облучения не обнаруживалось.

Абсолютные размеры синусов также не изменялись в процессе облучения (коэффициент регрессии зависимости от сроков облучения для краевого синуса равнялся 0,06, для корковых промежуточных синусов — -0,06 и для мозговых промежуточных синусов — 0,20).

Таким образом, в процессе продолжающегося воздействия ПемП ПЧ реакция паховых лимфатических узлов, их морфологических структур, начавшаяся уже после 1—3-часового облучения, завершалась к 28-му дню.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

В работе была установлена содружественность ответной реакции изученных органов иммуногенеза (тимус, лимфоидные образования кишечника, соматические лимфатические узлы) и характер морфологических изменений в каждом из них при общем облучении кроликов ПемП ПЧ различной кратности и длительности. В центральном и периферических органах иммунной системы при хроническом воздействии ПемП ПЧ имеется нелинейная зависимость от сроков облучения животных.

Определено, что морфологические изменения в органах иммунной системы при однократных (1—6 часов) и повторных (хронических) облучениях животных имеют различную направленность.

При хроническом воздействии ПемП ПЧ реакция органов развивается в определенной последовательности: при коротких сроках облучения — по типу активации с признаками гиперплазии лимфоидной ткани; при 5—14-дневных облучениях — по типу стрессорной реакции с явлениями гипоплазии (гипотрофии); при более длительных сроках облучения развивается состояние резистентности и происходит восстановление нарушенных структурно-клеточных соотношений в лимфоидных органах, несмотря на продолжающееся облучение.

Наиболее чувствительными к облучению морфологическими структурами являются: в тимусе — корковое вещество, в лимфатических узлах — лимфоидные узелки, паракортикальная зона и мягкотные тяжи, в лимфоидных образованиях кишечника — лимфоидные узелки (зона малых лимфоцитов и краевая зона); а резистентными — в тимусе — междольковая ткань, в лимфатических узлах — капсула, трабекулы, в лимфоидных образованиях кишечника — междузелковая лимфоидная ткань.

С физиологической (функциональной) и клинико-гигиенической позиций патогенетически значимой при повторных воздействиях ПемП ПЧ 50 Гц с напряженностью 16 кВ/м является стадия уменьшения площади структур органов иммунной системы — паренхимы лимфоидных органов, развивающаяся после 5—7—14-дневных облучений кроликов. Степень отклонений большинства морфологических показателей значительно превышает пределы границ возможных индивидуальных колебаний в норме, в связи с чем указанная «лучевая нагрузка» не может быть признана безопасной, поэтому при нормировании безопасных уровней воздействия переменного электромагнитного поля промышленной частоты на человека (напряженность поля, продолжительность и режим воздействия), как для производственной, так и селитебной зон, следует учитывать результаты морфологического исследования органов иммунной системы.

ЛИТЕРАТУРА

1. Богомолова Н. В. // Астраханский медицинский журнал. — 2007. — Т. 2, № 2. — С. 36—37.
2. Капитонова М. Ю., Краюшкин А. И., Дегтярь Ю. В., Загребин В. Л. Методы лимфологии и иммуноморфологии: монография. — Волгоград: Изд-во ВолГМУ, 2009. — 100 с.
3. Краюшкин А. И., Капитонова М. Ю., Александрова Л. И. // Вестник Волгоградского государственного университета. — 2010. — № 3 (35). — С. 3—7.
4. Краюшкина Н. Г. // Астраханский медицинский журнал. — 2012. — Т. 7, № 4. — С. 161—163.
5. Краюшкина Н. Г., Александрова Л. И., Загребин В. Л. и др. // Вестник Волгоградского государственного медицинского университета. — 2012. — № 3 (43). — С. 104—107.

Контактная информация

Краюшкина Наталья Геннадьевна — ст. преп. кафедры гистологии, эмбриологии, цитологии, Волгоградский государственный медицинский университет, e-mail: krayushkin_ai@mail.ru