

## Литература

1. Варламова Т.М. Репродуктивное здоровье женщины и недостаточность функции щитовидной железы / Т.М. Варламова, М.Ю. Соколова // Гинекология. - 2004. - Т. 6. - № 1. - С.29-31.
2. Каминский А.В. Проблема йодного дефицита в Украине: профилактика у детей, беременных и взрослых / А.В. Каминский, А.Н. Коваленко, Е.В. Теплая // Международный эндокринологический журнал. - 2011. - №6 (38). - С.18-25
3. Маменко М.Е. Йодный дефицит и йододефицитные заболевания (лекция) / М.Е. Маменко // Перинатологии и педиатрия. - 2013. - №1 (53). - С.97-105.
4. Моргунова Т. Диагностика и лечение гипотиреоза / Т.Моргунова, В. Фадеев, Г. Мельниченко // Врач из практики. - 2004. - № 3. - С. 26-27.
5. Петренко В.А. Морфофункциональные закономерности изменений в миокарде крыс при экспериментальном гипотиреозе и его коррекции: Автореф. дисс. канд. мед. наук: 14.03.09 / В.А. Петренко; Киев, 2008. - 23 с.
6. Розанов А.Я. Ферментативные процессы и их коррекция при экстремальных условиях / А.Я. Розанов, А.И. Терцинский, Ю.В. Хмелевский.- Киев, Здоровье. - 1985 - 208 с.
7. Чарнош С.М. Сравнительная характеристика трех экспериментальных моделей гипотиреоза / С.М. Чарнош // Вестник научных исследований. - 2007. -№ 2. - С.113-115.

## МОРФОЛОГИЧЕСКИЕ ОСОБЕННОСТИ НЕЙРОНОВ СЕНСОМОТОРНОЙ КОРЫ В УСЛОВИЯХ МАЛЫХ РАДИАЦИОННЫХ ВОЗДЕЙСТВИЙ

Сгибнева Н. В.<sup>1</sup>, Федоров В. П.<sup>2</sup>, Гундарова О. П.<sup>1</sup>, Маслов Н. В.<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Кафедра нормальной анатомии человека  
Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко, Воронеж, Россия

<sup>2</sup>Кафедра медико-биологических дисциплин  
Воронежский государственный институт физической культуры, Воронеж, Россия

Corresponding author: sas36@mail.ru

### Abstract

#### Morphological features of neurons in the sensorimotor cortex in conditions of small radiation exposure

**Background:** In experiment investigated the response of neurons of the sensorimotor cortex to ionizing radiation in small doses. The high sensitivity of neurons to the studied factor, but changes in most cases do not go beyond the biological norm, they are reversible, but provides a background for the development of pathological processes (mental and neurological disorders).

**Material and methods:** White male rats irradiated on the  $\gamma$ -rays  $^{60}\text{Co}$  single dose of 0,5 Sv with a dose rate of 0,5 Gy/h. Material by months after irradiation. The material taken away at different times post-radiation period. Counted the number of neurons with different tinctorial properties, was calculated the nerve cell index. The obtained data were statistically processed, followed by mathematical modeling.

**Results:** Irradiation causes a more pronounced reaction layer III neurons of the cortex. Increasing the number of neurons with degenerative changes revealed by the end of the observation period. Indicators of nerve cell death index indicate parts of the nerve cells, which affects the number of neurons. Analysis of variance confirmed the absence of marked morphological differences between control and exposed animals.

**Conclusions:** The high sensitivity of neurons to ionizing radiation, but the changes do not go beyond the biological norm. Revealed periods of activation alternative processes and relative prosperity, is a manifestation of cellular adaptation. Changes are reversible after exposure, but create the background for the development of pathological processes. Mental and neurological disorders are detected after irradiation neuromorphological correlates.

**Key words:** ionizing radiation, neurons, sensorimotor cortex, analysis of variance

### Актуальность

В настоящее время доступная литература изобилует значительным количеством работ посвященных влиянию ионизирующего излучения в малых дозах на ЦНС.

Экспериментальные данные, накопленные различными исследователями, не во всех случаях согласуется друг с другом. т.к. для некоторых исследователей в большинстве случаев проце,

да и с меньшей долей ответственности предоставить данные о выраженных изменениях в нейронах и явной стадийности процессов после облучения в малых дозах, чем исключить их, а результат эксперимента часто зависит от субъективного мнения исследователя и рассматриваемого показателя [10].

Сложность изучения нейроморфологических эффектов производимых данного рода облучением заключается в том, что они не вызывают детерминированных последствий, а производимые ими эффекты являются стохастическими [2, 5, 8, 11].

Вследствие этого, нет единого мнения о патогенезе нейропсихических заболеваний у ликвидаторов аварии на ЧАЭС, получивших облучение в регламентированных дозах. В тоже время проследить все стадии изменений в ранние и отдаленные сроки, выявить дозо-временные зависимости и наиболее критические мишени для ионизирующего излучения выполнимы только в экспериментах на животных, когда возможно исключить все психогенные травмы и использовать методики неприемлемые для человека. [2, 3, 10].

### Материал и методы

Эксперимент спланирован и проведен в ГНИИИ Военной медицины МО РФ на 120 половозрелых беспородных крысах-самцах, которых облучали  $\gamma$ -квантами  $^{60}\text{Co}$  на установке «Хизатрон» однократно в дозе 0,5 Зв, с мощностью дозы облучения 0,5 Гр/ч.

В основу эксперимента положены данные о лучевой нагрузке у ликвидаторов аварии на ЧАЭС и состоянии их здоровья в ранние и отдаленные сроки пострадиационного периода [2, 5, 7, 10]. Для исследования взяты нейроны III и V слоев (малые и большие пирамидные нейроны) сенсомоторной зоны коры (поле FPa) полушарий большого мозга. Материал забирали через 1,7 и 5 ч; 1, 3, 7, 14 сут; 1, 6, 12 и 18 мес. пострадиационного периода. Протокол эксперимента составлен в соответствии с принципами биоэтики и правилами лабораторной практики (2003).

Парафиновые срезы, полученные после стандартной фиксации окрашивали гематоксилином, кризелвиолетом по Нислю, азуром А по Shea S.K. На данных срезах выявляли соотношение нейронов с различными тинкториальными свойствами (нормо-, гипер- и гипохромные, пикноморфные и клеточные тени) отражающими их различное функциональное состояние.

В плане определения выраженности процесса гибели нейронов подсчитывали нервноклеточный индекс [16]. Полученные данные обрабатывали статистически с последующим математическим моделированием.

### Результаты и обсуждение

С целью изучения реакции нейронов на действие радиационного фактора наиболее часто используют сенсомоторную кору. Однако особенностью мозга крыс является его лиссенцефальное строение, что весьма затрудняет определение топографических ориентиров интересующих областей исследования, и вероятно, объясняет несовпадение результатов полученных различными исследователями [14].

Так как, выраженной анатомической границы между лобной и теменной долями полушарий большого мозга крыс не существует, то ориентиром для нас служила восходящая ветвь средней мозговой артерии (*arteria meningea media*).

Топография этой артерии на верхнелатеральной поверхности полушарий соответствует границе лобной и теменной долей. Средняя мозговая артерия отходит от внутренней сонной артерии, на основании мозга и, располагаясь в мягкой мозговой оболочке, поднимается вверх по верхнелатеральной поверхности полушарий в поперечном направлении, чуть отклоняясь кпереди. Источается на границе с продольной щелью. Артерия постоянна и не имеет заметных индивидуальных особенностей, а также существенной асимметрии в ее расположении. В ряде случаев, особенно при действии экспериментального фактора артерия может маскироваться полнокровным венозным руслом, поэтому, для более точного определения ее положения в конечном отделе необходимо пользоваться лупой.

Участок сенсомоторной коры, взятый нами для исследования расположен кпереди от артерии, на 5 мм ниже продольной щели, разделяющей полушария. Эта область соответствует границе полей  $FP^a$  и  $PA^s$ . Для более полной идентификации выбранного участка коры делали послойные фронтальные срезы и сравнивали их с цитоархитектоническими картами [6, 16].

По данным И. Н. Филимонова [15] кора полушарий большого мозга представлена в основном тремя основными типами нейронов: 1) пирамидные клетки; 2) звездчатые клетки; 3) веретенообразные клетки. Двигательная область отличается преобладанием крупных и относительно редко расположенных нейронов. Исследуемое нами поле  $FP^a$  сенсомоторной зоны коры представлено 6-ю слоями (пластинками) нервных клеток. Нейроны, исследованных нами средних слоев (III, IV, V слои) в большинстве случаев имеют пирамидную или округлую форму с крупным светлым ядром, расположенным центрально и занимающим практически весь объем нервной клетки. В ядре содержится эухроматин и центрально расположенное ядрышко. В цитоплазме равномерно расположена базофильная субстанция в виде мелкодисперсных гранул. Нейроны данного типа относятся к нормохромным.

Слой малых пирамид (III слой) выражен лучше, по сравнению с IV слоем. Представлен мелкими и средними пирамидными клетками, размер которых увеличивается по направлению к IV слою, их размер колеблется в пределах от 20 до 40  $\mu\text{м}^2$ .

В небольшом количестве присутствуют звездчатые клетки (имеют короткие дендриты и аксон), их функция сводится к обеспечению связей между нейронами самой коры. Аксоны нейронов данного слоя направляются в нижележащие слои, а также принимают участие в образовании ассоциативных и проекционных путей.

Внутренняя зернистая пластинка (IV слой) менее выражен, сильно варьирует, местами может полностью отсутствовать или делиться на несколько слоев. Граница между III и IV слоями при малом увеличении слабо выражена, и совершенно не определяется при увеличении более чем в 500 раз.

Данный слой содержит в большом количестве звездчатые клетки, среди которых встречаются небольшие с закругленными концами пирамиды и пирамидо-веретена, на которых заканчиваются специфические таламокортикальные афферентные пути, и пути от колленчатых тел и нейронов различных слоев коры.

Ганглионарная пластинка (внутренний пирамидный слой, клетки Беца, V слой) представлена крупными клетками, имеющими длинные аксоны, заходящие в другие отделы мозга и дендриты, покрытые большим количеством синаптических структур – шпиков). Нейроны данного типа дают начало основной массе волокон пирамидного тракта, благодаря которому осуществляется кортикальный контроль над деятельностью многих образований мозга, а также реализуются сознательные произвольные движения. Нейроны V слоя располагаются группами по 2 – 7 в каждой.

Наиболее четко такие группы представлены в соматосенсорной области коры, топография которых у крысы связана с представительством вибрисс [4].

V слой довольно широкий, представлен длинно-, средне и коротковерхушечными формами клеток, которые своей верхушкой обращены к внешней поверхности мозга, а основанием, от которого отходит аксон – к белому веществу. Встречаются также веретена и в небольшом количестве звездчатые клетки. Размеры перикариона больших пирамидных нейронов колеблются в зависимости от их функционального состояния в пределах от 50 до 100  $\mu\text{м}^2$  и более. В целом поле  $PA^s$  гранулярно, с четко выраженными IV, V, VI слоями. Пирамидные нейроны задней лобной области (поле  $FP^a$ ), уступают по размерам таковым в поле  $PA^s$ . На микроскопическом уровне эти поля коры полушарий большого мозга не имеют заметной границы, а плавно переходят друг в друга, в соответствии с принципами межзучной формации [6].

Наряду с нейронами с типичной формой и размерами в исследуемых слоях коры встречаются нейроны с измененной величиной, формой и тинкториальными свойствами цитоплазмы по гипо- и гиперхромному типам. При этом нейроны сохраняют свои основные признаки. Гипохромные нейроны отличаются светлой окраской цитоплазмы из-за уменьшения содержания ба-

зофильного вещества. При этом ее окраска неравномерна, что связано с различного вида хроматолиза: тотального, очагового, центрального, периферического и т.д. Кроме того, вещество Ниссля может образовывать глыбки с диффузным, околяядерным или периферическим расположением. Ядра в таких клетках светлые, обычно увеличены в объеме и нередко расположены эксцентрично. Гиперхромные нервные клетки, отличаются повышенным содержанием Нисслевского вещества, РНК и белка, что обуславливает интенсивную окраску их цитоплазмы. У клеток такого типа сохранены ядрышко, ядро, цитолемма, а имеющиеся изменения свидетельствуют о варибельности биологической нормы и отражают различную функциональную активность нейронов. Данные клетки еще называют реактивными, а их выраженные изменения – пограничными. Пограничные изменения нейронов обратимы, но в определенных условиях на их основе могут возникать различные формы деструктивных и адаптационных изменений. Кроме нейронов с функциональными изменениями встречаются клетки с альтеративными (дегенеративными, необратимыми) изменениями.

Самым частым проявлением дегенеративных процессов являются пикноморфные нейроны. Они имеют веретенообразную форму и небольшие размеры. Интенсивно окрашенные отростки извиты и прослеживаются на значительном расстоянии. Цитоплазма гомогенизирована, интенсивно окрашена, границы между ядром и цитоплазмой не просматриваются, что является следствием коагуляционного некроза.

Клеточные тени являются завершением колликвационного некроза и характеризуются глубоким разрежением и запустением цитоплазмы, отеком, отсутствием ядра и ядрышка и часто представлены в виде гетероморфной зернистости. Особенно следует подчеркнуть, что к клеточным теням надо относить и фрагменты нейронов, полученные при изготовлении гистологических срезов, которые не всегда возможно отличить от остатков погибших нейронов. При стандартных условиях обработки материала и толщине среза количество клеточных теней в поле зрения не будет иметь различий, а их увеличение в одной из сравниваемых групп свидетельствует о гибели нейронов [11, 12, 17].

В эксперименте, на протяжении всех сроков исследования отмечались фазные колебания соотношений нормо-, гипер- и гипохромных нейронов.

Незначительное увеличение количества пикноморфных нейронов и клеточных теней было отмечено сразу после облучения в III слое коры. Через 3 сут количество пикноморфных нейронов уже составляло  $7,0 \pm 0,15\%$ , в контроле в этот период –  $1,7 \pm 0,19\%$ . Увеличение количества нейронов с деструктивными изменениями наблюдалось до 14 сут, через 30 сут показатели соответствовали возрастному контролю, а через 12 мес. и до конца пострadiационного периода вновь превышали его. В V слое колебания количества нейронов с различными тинкториальными свойствами выходили за пределы функциональной нормы в меньшей мере. Количество погибших клеток было увеличено только через 14 сут после облучения, когда суммарно они составляли  $30,9 \pm 4,3\%$  от общего количества нейронов на единице площади. В контроле в этот период данный тип клеток составлял  $21,7 \pm 4,5\%$ . К окончанию пострadiационного периода, также как и в III слое, количество нормохромных нейронов уменьшалось за счет увеличения гипер- и гипохромных нейронов, а также их деструктивных форм.

Одним из показателей состояния нервных клеток является нервно-клеточный индекс, который служит объективным подтверждением процесса их гибели. У животных контрольной группы с возрастом значения НКИ понижаются, что является свидетельством увеличения гибели нервных клеток. У облученных животных НКИ в период до 14 сут практически соответствует контролю, а в последующие сроки наблюдается его снижение.

### **Выводы**

В ходе постнатального онтогенеза нейроны сенсомоторной коры животных биологического контроля подвержены процессу активной пластической перестройки.

По мнению Н.П. Бехтеревой [1] именно данная зона среди структур мозга занимает одно из первых мест по проявлению пластической перестройки нейронной активности. Подтверждени-

ем этому является выявление в эксперименте значительного количества нейронов с различными тинкториальными свойствами, не выходящими за пределы физиологической нормы. Увеличение количества нейронов с дистрофическими изменениями отмечается только к концу срока наблюдения, по видимому, являясь запланированным уровнем апоптоза для данного периода жизни животных. Аналогичные данные были получены при исследовании теменной коры, а также коры мозжечка [2, 5]. Облучение в изученных параметрах вызывало более выраженную реакцию в нейронах III слоя коры, как изначально более чувствительных к действию факторов среды. Схожие изменения нервных клеток были описаны и другими исследователями отмечающими рост эффекта по мере увеличения времени пострadiационного периода, с последующим его снижением [8, 11].

Таким образом, в ходе исследования была выявлена высокая чувствительность нейронов к изучаемому фактору, проявляющаяся изменением их функционального состояния, но в большинстве случаев не выходящая за пределы биологической нормы. Подтверждением этому явились показатели НКИ, свидетельствующие об утилизации на определенном этапе части клеток с деструктивными изменениями и проявившиеся в конечном итоге уменьшением количества нейронов на единице площади.

К сожалению, оценка НКИ, несмотря на его информативность в нейроморфологических работах практически не использовалась, а по малым радиационным воздействиям имеются лишь единичные работы [5, 8], тогда, как при летальных дозах облучения его показатель играет ведущую роль в оценке степени тяжести поражения нервной системы [11, 16]. Проведенный многофакторный дисперсионный анализ показал, что такой фактор, как время оказывает большее влияние на количество нейронов с деструктивными изменениями, чем облучение. Подтвердилось отсутствие выраженных морфологических отличий нейронов контрольных и облученных животных [8, 9].

В целом на протяжении сроков исследования в нейронах наблюдались динамичные процессы, которые проявлялись появлением критических периодов, возникающих в ранние и отдаленные сроки наблюдения. Появление данных периодов связано с активизацией альтеративных процессов и несостоятельностью систем репарации в компенсации возникших повреждений. Данные периоды сменялись периодами относительного благополучия, являющиеся проявлением клеточной адаптации. Таким образом, малые внешние радиационные воздействия вызывают в нейронах сенсомоторной коры комплекс однотипных неспецифических изменений, практически не зависящих от облучения в дозе 0,5 Зв.

Изменения в большинстве случаев обратимы, но они могут создавать фон для развития патологических процессов. В связи с этим психические и неврологические расстройства, выявляемые после внешнего радиационного воздействия до определенной степени имеют нейроморфологические корреляты.

## Литература

1. Бехтерева Н.П. Здоровый и больной мозг человека: монография / Н.П. Бехтерева. – Л.: Наука, 1988. – 262 с.
2. Гундарова О.П. Оценка психоневрологического статуса ликвидаторов радиационных аварий: монография / О.П. Гундарова, В.П. Федоров, Р.В. Афанасьев. – Воронеж: Научная книга, 2012. – 232 с.
3. Даренская Н.Г., Ушаков И.Б., Иванов И.В. Экстраполяция экспериментальных данных на человека: принципы, подходы, обоснование методов и их использование в физиологии и радиобиологии: руководство/ Н.Г. Даренская, И.Б. Ушаков, И.В. Иванов. – М. – Воронеж, 2004. – 232 с.
4. Курепина М.М. Мозг животных / М.М. Курепина. – М.: Наука, 1981. – 148 с.
5. Маслов Н.В. Структурно-функциональная характеристика нейронов средних слоев коры теменной доли головного мозга, при действии малых доз ионизирующего излучения / Н.В. Маслов, А.Г. Кварацхелия, О.П. Гундарова, Н.В. Сгибнева // Архив анатомии и гистопатологии – 2014 . Т. 3, № 2. – С. 32 – 36.
6. Светухина В.М. Цитоархитектоника новой коры мозга в отряде грызунов (белая крыса). Архив анатомии, гистологии и эмбриологии / В.М. Светухина. – 1962. – Т. 42, № 1. – С. 31 – 45.
7. Сгибнева Н.В. Морфологические изменения сенсомоторной коры крыс при различных режимах  $\gamma$ -облучения: автореф. дис. ... канд. биол. наук / Н.В.Сгибнева. – Москва: МГУ им. М.В.Ломаносова, 2013. – 23 с.

8. Сгибнева Н.В., Федоров В.П. Морфофункциональное состояние сенсомоторной коры после малых радиационных воздействий: монография /. – Воронеж: Научная книга, 2013. – 252 с.
9. Сгибнева Н.В. Реакция нейронов сенсомоторной коры крыс на ионизирующее излучение в малых дозах / Н.В. Сгибнева, О.П. Гундарова, Н.В. Маслов, А.Г. Кварацхелия // Архив анатомии и гистопатологии – 2014. Т. 3, № 4. – С. 47 – 54.
10. Ушаков И.Б. Малые радиационные воздействия и мозг: монография / И.Б. Ушаков, В.П. Федоров. – Воронеж: Научная книга, 2015. – 536 с.
11. Федоренко Б.С. Морфологические изменения в центральной нервной системе животных в зависимости от дозы и времени после воздействий излучений с различными значениями ЛПЭ / Б.С. Федоренко, А.В. Шафиркин, Н.Н. Буденная // Авиакосмическая и экологическая медицина. – 1998. – Т. 32, № 3. – С. 4 – 11.
12. Федоров В.П. Динамика патоморфологических изменений в головном мозге крыс в зависимости от дозы облучения / В.П.Федоров // Радиобиология. – 1990. – Т. 30, № 3. – С. 378 – 384.
13. Федоров В.П. Экологическая нейроморфология. Классификация типовых форм морфологической изменчивости ЦНС при действии антропогенных факторов / В.П.Федоров, А.В. Петров, Н.А. Степанян // Журнал теоретической и практической медицины.– 2003.– 1, №1. – С. 62 – 66.
14. Федоров В.П. Цитоархитектоника и анатомические ориентиры лиссенцефального мозга / В.П. Федоров, Н.В. Сгибнева, Н.В. Маслов // Материалы Всероссийской конференции с международным участием «Современные направления исследований функциональной межполушарной асимметрии и пластичности мозга». – Москва, 2010. – С. 501 – 503.
15. Филимонов И.Н. Сравнительная анатомия коры большого мозга млекопитающих / И.Н. Филимонов – Москва : Изд-во АМН СССР, 1949. – 450 с.
16. Чиженкова Р.А. Структурно-функциональная организация сенсомоторной коры / Р.А.Чиженкова.– Москва: Наука, 1986. – 240 с.
17. Шефер В.Ф. Нервно-клеточный индекс / В.Ф. Шефер // Архив анатомии, гистологии и эмбриологии. – 1980. – 78, № 4. – С. 48 – 50.

## К ВОПРОСУ О ЗАВИСИМОСТИ РАЗМЕРОВ КАМЕР СЕРДЦА У ДЕТЕЙ, НАХОДЯЩИХСЯ В УЧРЕЖДЕНИЯХ СОЦИАЛЬНОГО ПОПЕЧИТЕЛЬСТВА ОТ ПАРАМЕТРОВ ИХ ФИЗИЧЕСКОГО РАЗВИТИЯ ПО ДАНЫМ ЭХОКАРДИОГРАФИИ

**\*Сереженко Н. П., Алексеева Н. Т.**

Кафедра нормальной анатомии человека  
Воронежский государственный медицинский университет им. Н. Н. Бурденко, Воронеж, Россия  
\*Corresponding author: nps-med@rambler.ru

### Abstract

#### DEPENDENCE OF THE SIZE OF THE HEART CHAMBER IN CHILDREN RESIDENTS OF SOCIAL WELFARE AND THE PARAMETERS OF THEIR PHYSICAL CONDITION BY ECHOCARDIOGRAPHY

**Background:** Changes in anthropometric indices during ontogeny is of particular importance according to its correlation with parameters of heart morphometric data by echocardiography.

**Material and methods:** Authors study the results of the quantitative analysis of echocardiograms of 267 children and adolescents belonging to different social groups and living in urban and rural areas accoring classical anthropometric data.

**Results:** Our data showed that detectable dependence for all the analyzed anthropometric indicators and was close enough to the surface area of the body  $r = 0,80$ , height  $r = 0,81$ , body weight was less cramped -  $r = 0,78$ .

**Conclusions:** Comparison of the results with similar studies conducted abroad, it may be noted that the identified trends are not the same in a contingent of socio-advantaged children. In our study, analyzed the results of a survey of children with boarding pupils, ie a group of children, which can be attributed to the socially disadvantaged.

**Key words:** echocardiography, age anatomy, anthropometry, social conditions