

Результаты исследования когнитивных вызванных потенциалов у лиц, подвергшихся радиационному воздействию

Литвинчук Е.А., Кантина Т.Э., Буртовая Е.Ю.

Уральский научно-практический центр радиационной медицины (УНПЦ РМ)
Россия, 454076, г. Челябинск, ул. Воровского 68А

РЕЗЮМЕ

Введение. В отдаленном периоде после радиационного воздействия у лиц, подвергшихся облучению, отмечается рост цереброваскулярной патологии. В клинике цереброваскулярных заболеваний все большее значение приобретают когнитивные нарушения, существенно ухудшающие социальный и медицинский прогноз для больного.

Цель работы – исследование когнитивных вызванных потенциалов у лиц с хронической ишемией головного мозга (ГМ), подвергшихся радиационному воздействию.

Материалы и методы. Обследованы две группы пациентов: основная – 69 человек, подвергшиеся радиационному воздействию в результате деятельности ПО «Маяк», группа сравнения – 110 человек, имеющие дозы облучения не выше фоновых значений, проживающие в населенных пунктах, расположенных в бассейне р. Теча, имеющие диагноз «хроническая ишемия головного мозга». Использованы методы: клинический, метод оценки когнитивных вызванных потенциалов (ВП), статистической обработки материалов.

Результаты. По результатам клинического осмотра в группе облученных с хронической ишемией ГМ статистически значимо больше лиц с органическим когнитивным расстройством ($p < 0,001$) и синдромом когнитивного снижения ($p = 0,003$). Была установлена статистическая значимость различий между группами по латентности (ЛП) N1 ($p = 0,030$), ЛП P300 ($p < 0,001$), межпиковому ЛП N2–P3 ($p = 0,003$), межпиковому ЛП N2–N3 ($p = 0,011$).

Заключение. Когнитивные нарушения, по результатам клинического осмотра и исследования когнитивных ВП, более выражены в группе облученных лиц с хронической ишемией ГМ, что проявляется увеличением в этой группе пациентов с синдромом когнитивного снижения и органическим когнитивным расстройством; изменением латентного периода ряда компонент, отражающих как процесс восприятия, так и характеризующих непосредственно процессы опознания и принятия решения.

Ключевые слова: когнитивные нарушения, радиационное воздействие, методика P300, хроническая ишемия головного мозга, когнитивные вызванные потенциалы, р. Теча.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Источник финансирования. Исследование проведено в рамках Федеральной целевой программы «Обеспечение ядерной и радиационной безопасности на 2016–2020 годы и на период до 2030 года» сотрудниками лаборатории экологической патопсихологии УНПЦ РМ, контракт № 27.501.18.2 от 19.07.2018.

Соответствие принципам этики. Исследование одобрено локальным этическим комитетом УНПЦ РМ (протокол № 1 от 23.01.2017).

✉ Литвинчук Елена Александровна, e-mail: lea22121971@mail.ru.

Для цитирования: Литвинчук Е.А., Кантина Т.Э., Буртовая Е.Ю. Результаты исследования когнитивных вызванных потенциалов у лиц, подвергшихся радиационному воздействию. *Бюллетень сибирской медицины*. 2019; 18 (4): 85–91. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-4-85-91>.

УДК 616.89-008.45/.48-02:616-001.26/-001.28-06
<https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-4-85-91>

Findings of the study of cognitive evoked potentials in persons exposed to radiation

litvinchuk E.A., Kantina T.E., Burtovaya E.Yu.

*Urals Research Center for Radiation Medicine (URCRM)
68A, Vorovsky Str., 454076, Chelyabinsk, Russian Federation*

ABSTRACT

Introduction. After exposure to radiation, an increase in the long-term of cerebrovascular pathology is noted in exposed individuals. Cognitive impairments have a growing importance in the pattern of cerebrovascular diseases which significantly deteriorates social and medical forecast of a patient.

The objective of the research is to study cognitive evoked potentials in exposed persons with chronic cerebral ischemia (CCI).

Materials and methods. Two groups of patients were examined: the main group consisted of 69 persons exposed to radiation as a result of the “Mayak” PA activity, the comparison group included 110 unexposed residents of the Techa riverside settlements who were diagnosed with chronic cerebral ischemia. The following methods were used in the study: clinical, evaluation method of cognitive evoked potentials (EP), and statistical methods.

Results. In the course of clinical examination, it was revealed that the number of people with organic cognitive impairment and syndrome of cognitive decline is statistically significantly higher in the group of the exposed persons with CCI ($p < 0.001$, $p = 0.003$, respectively). It was stated that the studied groups were statistically significantly different in N1 peak latency ($p = 0.030$), N2 – P3 inter-peak latency ($p = 0.003$), N2 – N3 inter-peak latency ($p = 0.011$).

Conclusion. According to the results of clinical examination and study of cognitive EP, cognitive impairments are more expressed in the group of the exposed persons with CCI which is manifested in an increase in the number of patients with syndrome of cognitive decline and organic cognitive impairment in this group; in the change of a latency period of a number of components that characterize both the perception process and the very process of recognition and decision-making.

Key words: cognitive impairment, radiation exposure, P300 method, chronic cerebral ischemia, cognitive evoked potentials, the Techa River.

Conflict of interest. The authors declare the absence of obvious and potential conflicts of interest related to the publication of this article.

Source of financing. The study was carried out within the framework of the Federal Target Program “Ensuring Nuclear and Radiation Safety for 2016–2020 and for the Period Until 2030” by employees of the Laboratory of Ecological Pathopsychology of the Ukrainian Scientific and Practical Center, Contract No. 27.501.18.2, dated July 19, 2018.

Conformity with the principles of ethics. The study was approved by the ethical Committee of the Urals Research Center for Radiation Medicine (Protocol No. 1 of 23.01.2017).

For citation: Litvinchuk E.A., Kantina T.E., Burtovaya E.Yu. Findings of the study of cognitive evoked potentials in persons exposed to radiation. *Bulletin of Siberian Medicine*. 2019; 18 (4): 85–91. <https://doi.org/10.20538/1682-0363-2019-4-85-91>.

ВВЕДЕНИЕ

Вследствие радиационных инцидентов на Южном Урале (сброс радиоактивных отходов в р. Теча и авария на ПО «Маяк» в 1957 г.) жители территорий Челябинской, Курганской и частично Свердловской областей подверглись хроническому радиационному воздействию в пределах малых доз [1, 2].

По результатам ряда клинических наблюдений и эпидемиологических исследований, в отдаленные периоды после радиационного воздействия наблюдается рост цереброваскулярной патологии у лиц, подвергшихся облучению [3–6]. Цереброваскулярные заболевания, в том числе хроническая ишемия головного мозга (ГМ), являются одной из наиболее частых причин развития когнитивных нарушений. Это обычно проявляется нарушением памяти, внимания, нарастанием интеллектуальных расстройств [7–11]. Цереброваскулярные заболевания наносят большой ущерб экономике: потери в сфере производства, расходы на лечение, реабилитацию и т.п. Актуальным становится необходимость разработки подходов, направленных на раннюю диагностику и доклиническое выявление когнитивных нарушений и способствующих сохранению длительного периода активной трудоспособности населения.

Цель настоящей работы – исследование когнитивных вызванных потенциалов у лиц с хронической ишемией головного мозга (ГМ), подвергшихся радиационному воздействию.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

Исследование проводилось на базе клинического отделения Уральского научно-практического центра радиационной медицины (УНПЦ РМ) сотрудниками лаборатории экологической патопсихологии. Для исследования отбирались лица 1950–1960 гг. рождения, проживающие в населенных пунктах, расположенных в бассейне р. Теча, находящиеся в базе данных УНПЦ РМ, имеющие диагноз «хроническая ишемия головного мозга». Не включались в исследование пациенты, имеющие хронические и острые психические расстройства психотического уровня, тяжелые соматические заболевания в стадии декомпенсации, онкологические заболевания в анамнезе, тяжелые черепно-мозговые травмы и острые нарушения мозгового кровообращения в анамнезе, с момента которых прошло не более 5 лет. На основе перечисленных критериев отбора были сформированы две группы. Основную группу (группа I, облученные) составили 69 человек с хронической ишемией ГМ, имеющие дозы облу-

чения выше фоновых значений. Группу сравнения (группа II, необлученные) составили 110 человек с хронической ишемией ГМ, имеющие дозы облучения не выше фоновых значений. Группы сопоставимы по половозрастному составу, средний возраст обследуемых составил: группа I – $62,2 \pm 0,3$ лет, группа II – $62,0 \pm 0,2$ лет.

Клиническое обследование включало: сбор анамнеза и оценку психического статуса пациента на момент первичного осмотра. Данные были внесены в специальную карту, состоящую из двух основных разделов: социально-гигиенического (пол, национальность больного, наличие группы инвалидности, образование, семейное положение, вредные привычки, наследственная отягощенность психическими заболеваниями) и клинико-диагностического (сведения о наследственных соматических заболеваниях, наличии перенесенных черепно-мозговых травм и нейроинфекциях, психогенных воздействиях, текущие жалобы больного).

Для инструментальной оценки когнитивных функций использовали метод оценки когнитивных вызванных потенциалов (ВП) – методика P300: выделение когнитивных ВП на значимые опознаваемые события. Была проведена стимуляция в ситуации случайно возникающего события (odd-ball paradigm) на слуховые стимулы с наличием отдельных триггеров для запуска и усреднения редких (значимых стимулов) и частых (незначимых) событий [12, 13]. Оценка когнитивных ВП проводилась по общепринятой методике на энцефалографе-анализаторе ЭЭГА – 21/26 «Энцефалан-131-03», модификация 10 с ПО «ЭЭГ-исследования», версия 6.4-10(11) «Элитная» (научно-производственно-конструкторская фирма «Медиком МТД», г. Таганрог, Россия). Параметры регистрации и усреднения: электроды – F3, F4, Fz, Cz, референты – M1/M2, заземление – Fpz, полоса частот – 0,01 (0,5)–30 Гц, эпоха анализа – 750 мс, число усреднений – 20 для значимого стимула, воспроизводимость – суперпозиция двух отдельно выделенных серий по 20 усреднений. После верификации компонентов оценивали латентность и амплитуду компонентов N1, N2, P300, межпиковые латентности N2–P3, N2–N3 [12, 13].

Статистическая обработка результатов выполнялась с использованием пакета прикладных программ Statistica (v. 7.0). Качественные данные представлены в виде n , % (число пациентов с данным признаком, доля их от количества в группе), количественные данные – в виде выборочного среднего M и ошибки среднего m при условии

нормального распределения данных; в виде медианы, 25- и 75-го перцентилей $Me (Q_{25}; Q_{75})$ при отсутствии нормального распределения переменных. Проверку принадлежности к нормальному распределению осуществляли с помощью одновыборочного критерия Колмогорова – Смирнова и критерия Шапиро – Уилка. Для установления значимости различий между группами по показателям, измеренным количественно, в случае нормального распределения был использован t -критерий Стьюдента, при отсутствии нормального распределения – двухвыборочный критерий Колмогорова – Смирнова, значимость различий при распределении частот дихотомических показателей оценивалась с помощью критерия χ^2 Пирсона. Различия считали значимыми при $p < 0,05$.

РЕЗУЛЬТАТЫ

По результатам клинического осмотра в группе облученных с хронической ишемией ГМ чаще выявляются пациенты, предъявляющие жалобы на снижение памяти на текущие события, трудности сосредоточения, метеозависимость, шум в голове, головокружения и головные боли, указывающие на сосудистую дисфункцию и когнитивные нарушения. Оценивая нозологическую структуру заболеваний, можно отметить, что в обеих группах наблюдается достаточное количество лиц с органической патологией ГМ. Органическое астеническое, органическое тревожное, органическое когнитивное расстройства и психоорганический синдром суммарно составляют в группе облученных с хронической ишемией ГМ – 84,1% (58/69), в группе необлученных с хронической ишемией ГМ – 70,9% (78/110). Однако следует заметить, что в группе облученных статистически значимо больше лиц (критерий χ^2 Пирсона, $p < 0,001$) с органическим когнитивным расстройством – 50,7% (35/69), тогда как в группе необлученных их количество равно 24,5% (27/110). При оценке синдромальной структуры выявленных нарушений также наблюдалось статистически значимое преобладание (критерий χ^2 Пирсона, $p = 0,003$) синдрома когнитивного снижения в группе облученных с хронической ишемией ГМ – 52,2% (36/69), тогда как в группе необлученных с хронической ишемией ГМ их количество составило 30% (33/110).

Когнитивные, или «эндогенные», ВП – зафиксированная во времени электрическая активность головного мозга, отражающая определенные фазы корковых процессов восприятия и обработки информации. Клиническое значение таких потенциалов проявляется в том, что они отра-

жают высшие мозговые интегративные процессы центральной переработки информации и, соответственно, могут служить объективными показателями механизмов нарушения психических функций у человека [12, 13]. Каждый из компонентов когнитивного ВП отражает определенный этап переработки информации: N1 – непроизвольное внимание на этапе восприятия информации, N2 – ее опознание и синтез, P3 (P300) – запоминание значимого стимула и принятие решения.

Для каждого компонента программа позволяет определить амплитуду и латентный период (латентность, ЛП). В данной работе мы рассматривали межпиковую амплитуду (табл. 1). Статистически значимых различий между группами по амплитуде не выявлено.

Таблица 1
Table 1

Характеристика амплитуд основных компонент когнитивного вызванного потенциала, мкВ, $Me (Q_{25}; Q_{75})$ Characteristics of the range of the major components of the cognitive evoked potential, $\mu V, Me (Q_{25}; Q_{75})$		
Пик (измеряемый межпиковый интервал) Peak (measured inter-peak interval)	Группа I, $n = 69$ Group I, $n = 69$	Группа II, $n = 110$ Group II, $n = 110$
N1 (P1/N1)	8,9 (5,4; 11,9)	7,6 (5,1; 10,6)
N2 (P2/N2)	5,4 (3,4; 8,5)	4,5 (2,8; 6,9)
P3 (N2/P3)	9,7 (7,0; 13,1)	9,8 (6,3; 12,5)

По литературным данным, величина ЛП отражает скорость протекания информационных процессов, и эти параметры ВП являются наиболее информативными для оценки возрастных и патологических изменений когнитивных функций [12, 13]. Следует отметить, что наблюдается уменьшение ЛП компонента N1 у обследуемых группы облученных с хронической ишемией ГМ ($90,9 \pm 1,7$) по сравнению с группой необлученных ($95,8 \pm 1,4$). С помощью была установлена статистическая значимость различий между группами по ЛП N1 ($p = 0,030$, t -критерий Стьюдента).

Анализ изменений ЛП компонента N2 статистически значимых различий между группами не выявил, в каждой группе есть обследуемые, у которых наблюдается выраженное укорочение ЛП данного компонента, что может указывать на нарушение когнитивных процессов на стадии синтеза информации. Среднее значение ЛП N2 в группе облученных с хронической ишемией ГМ – $230,0 \pm 3,6$; в группе необлученных с хронической ишемией ГМ – $230,1 \pm 2,5$.

Согласно мнению специалистов, имеется отчетливая зависимость параметров P300 от возраста, были определены верхние границы нормы ЛП P300, превышение которой быть не должно с помощью соответствующих сигм (для 51–60 лет – 17 и для 61–70 лет – 22), патологичным может считаться удлинение ЛП P300 более 3 сигм для значения своего возраста [12, 13]. Наблюдается увеличение ЛП P300 в группе облученных с хронической ишемией ГМ, среднее значение ЛП P300 в группе облученных с хронической ишемией ГМ – $390,9 \pm 3,9$; в группе необлученных с хронической ишемией ГМ – $373,4 \pm 3,0$. Была установлена статистическая значимость различий между группа-

ми по ЛП P300 ($p < 0,001$, t -критерий Стьюдента). Сравнение индивидуальных показателей ЛП P300 по степени отклонения от нормы позволяет отметить, что у большинства исследуемых обеих групп показатели ЛП P300 выше возрастной нормы на 1 сигму (табл. 2). В группе облученных с хронической ишемией ГМ статистически значимо больше лиц (критерий χ^2 Пирсона, $p = 0,037$) с патологическим увеличением показателя ЛП P300 (+3 сигмы) – 17,4% (12/69), тогда как в группе необлученных с хронической ишемией ГМ статистически значимо больше обследуемых (критерий χ^2 Пирсона, $p = 0,018$) с показателями ЛП P300, которые ниже возрастной нормы – 33,6% (37/110).

Таблица 2
Table 2

Индивидуальные показатели ЛП P300 Individual P300 peak latency values				
Степень отклонения ЛП P300 от возрастной нормы Degree of P300 peak latency deviation from the age-specific norm	Группа I, $n = 69$ Group I, $n = 69$		Группа II, $n = 110$ Group II, $n = 110$	
	Абс. Abs.	Отн., % Rel., %	Абс. Abs.	Отн., % Rel., %
Патологическое увеличение ЛП P300 (3 сигмы) Pathological increase of P300 peak latency (3 Σ)	12 $p = 0,050$	17,4	8	7,3
Значимое увеличение ЛП P300 (1 сигма) Significant increase of P300 peak latency (1 Σ)	31	44,9	41	37,3
Выше средних возрастных значений ЛП P300, но меньше чем на 1 сигму Above the average age-specific P300 peak latency values, but not more than 1 Σ	10	14,5	21	19,1
Соответствует возрастной норме Corresponds to age-appropriate normal value	4	5,8	3	2,7
Ниже средних возрастных значений ЛП P300 Below the average age-specific P300 peak latency values	12	17,4	37 $p = 0,025$	33,6

Примечание. ЛП – латентный период.
Note. Peak latency – latency period

Комплекс N2–P3–N3 – комплекс, связанный с опознанием, дифференцировкой, запоминанием и принятием решения, т.е. когнитивная составляющая ответа. Межпиковый ЛП N2–P3 характеризует крутизну волны P300, межпиковый ЛП N2–N3 отражает длительность волны P300. По литературным данным, крутизна и длительность комплекса N2–P300–N3 определяются объемом оперативной памяти у испытуемых [14].

Наблюдается удлинение межпиковых ЛП N2–P3 и ЛП N2–N3 в группе облученных с хронической ишемией ГМ. Среднее значение межпикового ЛП N2–P3 в группе облученных с хронической ишемией ГМ – $160,9 \pm 4,8$; в группе необлученных с хронической ишемией ГМ – $143,3 \pm 3,5$. Были выявлены статистически значимые различия между группами по ЛП N2–P3 ($p = 0,003$, t -критерий Стьюдента). Среднее значение межпикового ЛП N2–N3 в группе облученных с хронической ише-

мией ГМ – $308,6 \pm 6,5$; в группе необлученных с хронической ишемией ГМ – $287,1 \pm 5,2$. Отмечаются статистически значимые различия между группами по ЛП N2 – N3 ($p = 0,011$, t -критерий Стьюдента).

ОБСУЖДЕНИЕ

Укорочение компонента ЛП N1 у облученных, характеризующего процесс восприятия стимула, может свидетельствовать об ослаблении тормозных процессов и нарушении произвольного внимания, компоненты ЛП N2 у облученных и необлученных практически не отличаются. При исследовании когнитивных ВП у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС, Л.А. Жаворонкова с соавт. отмечали укорочение ЛП более ранних компонентов N1 и N2 на все стимулы по сравнению с возрастной нормой, что связывали с ослаблением ресурсов внимания, процессов

торможения и формирования «неэкономного» типа реагирования [15, 16]. Также отмечено, что значения компонента Р300 были более высокими у ликвидаторов, чем у возрастной нормы, и это коррелировало с нарушением сложной когнитивной деятельности и в целом поддерживало гипотезу об ускоренном старении ГМ у ликвидаторов аварии на Чернобыльской АЭС в отдаленные сроки после воздействия малых доз радиации [15, 16]. В нашем исследовании наблюдается увеличение ЛП компонентов, ЛП Р300, межпиковых ЛП N2–P3 и ЛП N2–N3, непосредственно представляющих когнитивный комплекс у группы облученных с хронической ишемией головного мозга. Выявленные изменения перечисленных компонентов ВП могут свидетельствовать о нарушении процессов обработки информации, снижении объема оперативной памяти, ухудшении когнитивных функций.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

По результатам проведенного исследования, можно отметить, что когнитивные нарушения более выражены в группе облученных с хронической ишемией ГМ, что выражается в статистически значимом увеличении обследуемых с синдромом когнитивного снижения, с органическим когнитивным расстройством, с патологическими изменениями ЛП Р300 (+3 сигмы), уменьшением количества лиц с показателями ЛП Р300 ниже средних возрастных значений. Также в группе облученных с хронической ишемией ГМ было выявлено статистически значимое увеличение компонентов, непосредственно представляющих когнитивный комплекс и характеризующих когнитивные процессы: ЛП Р300, межпиковых ЛП N2–P3 и ЛП N2–N3. Кроме того, наблюдается статистически значимое укорочение компонента ЛП N1, отражающего процесс восприятия и свидетельствующего об ослаблении тормозных процессов в группе облученных с хронической ишемией ГМ. Раннее выявление когнитивных нарушений с помощью метода когнитивных ВП (особенно на этапе доклинической их диагностики) будет способствовать проведению своевременной терапии этих нарушений, лечебных и профилактических мероприятий, для предотвращения дальнейшего ухудшения состояния здоровья и снижения риска инвалидизации.

ЛИТЕРАТУРА / REFERENCES

1. Аклеев А.В., Киселева М.Ф. Экологические и медицинские последствия радиационной аварии 1957 года на ПО «Маяк». М., 2001: 294. [Akleev A.V., Kiseleva M.F.

- Ecological and medical consequences of the 1957 radiation accident at Mayak PA. Moscow, 2001: 294 (in Russ.)].
2. Аклеев А.В., Шалагинов С.А. Сравнительный анализ результатов экспертизы состояния здоровья облученных граждан в Челябинском МЭС за период с 1990 по 2015 г. *Радиационная гигиена*. 2018; 11 (1): 6–17. [Akleev A.V., Shalaginov S.A. Comparative analysis of the results of the health evaluation of the exposed residents in Chelyabinsk Regional Interdepartmental Expert Council over the period from 1990 through 2015. *Radiation Hygiene*. 2018; 11 (1): 6–17 (in Russ.)]. DOI: 10.21514/1998-426X-2018-11-1-6-17.
 3. Мешков Н.А., Куликова Т.А., Вальцева Е.А. Клинико-эпидемиологическая оценка влияния факторов риска на развитие болезней системы кровообращения у ликвидаторов последствий Чернобыльской катастрофы. *Радиация и риск (Бюллетень Национального радиационно-эпидемиологического регистра)*. 2016; 25 (1): 94–107. [Meshkov N.A., Kulikova T.A., Valtseva E.A. Clinical and epidemiological assessment of the risk factors effect on the development of the circulatory system diseases in clean-up workers of the Chernobyl NPP accident. *Radiation and Risk (Bulletin of the National Radiation and Epidemiological Registry)*. 2016; 25 (1): 94–107 (in Russ.)].
 4. Азизова Т.В., Банникова М.В., Мосеева М.В., Григорьева Е.С., Крупенина Л.Н. Смертность от цереброваскулярных заболеваний в когорте работников, подвергшихся профессиональному облучению. *Неврологический журнал*. 2016; 21 (4): 226–231. [Azizova T.V., Bannikova M.V., Moseeva M.V., Grigoryeva E.S., Krupenina L.N. Cerebrovascular disease mortality in the cohort of occupationally exposed workers. *The Neurological Journal*. 2016; 4: 226–231 (in Russ.)].
 5. Мосеева М.В., Азизова Т.В., Григорьева Е.С. Показатели заболеваемости и смертности от цереброваскулярных заболеваний в когорте работников, подвергшихся профессиональному облучению. *Медицинская радиология и радиационная безопасность*. 2018; 63 (3): 5–11. [Moseeva M.B., Azizova T.V., Grigoryeva E.S. Cerebrovascular incidence and death rates in a cohort of workers occupationally exposed to radiation. *Medical Radiology and Radiation Safety*. 2018; 63 (3): 5–11. (in Russ.)]. DOI: 10.12737/article_5b167cf9700c61.74690336.
 6. Krestinina L.Y., Epifanova S., Silkin S., Mikryukova L., Degteva M., Shagina N., Akleyev A. Chronic low-dose exposure in the Techa River Cohort: risk of mortality from circulatory diseases. *Radiat. Environ. Biophys.* 2013; 52 (1): 47–57. DOI: 10.1007/s00411-012-0438-5.
 7. Гусев Е.И., Чуканова А.С. Современные патогенетические аспекты формирования хронической ишемии мозга. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2015; 115 (3): 4–8. [Gusev E.I., Chukanova A.S. Modern pathogenetic aspects of development of cerebral

- chronic ischemia. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2015; 115 (3): 4–8 (in Russ.]. DOI: 10.17116/jnevro2015115314-8.
8. Dichgans M., Leys D. Vascular cognitive impairment. *Circulation Research*. 2017; 120 (3): 573–591. DOI: 10.1161/CIRCRESAHA.116.308426.
 9. Емелин А.Ю. Когнитивные нарушения при цереброваскулярной болезни – что между нормой и деменцией? *Неврология, нейропсихиатрия, психосоматика*. 2015; 7 (1): 94–98. [Emelin A.Yu. Cognitive impairments in cerebrovascular disease: What is between health and dementia? *Neurology, Neuropsychiatry, Psychosomatics*. 2015; 7 (1): 94–98 (in Russ.]. DOI: 10.14412/2074-2711-2015-1-94-98.
 10. Буртовая Е.Ю., Кантина Т.Э., Белова М.В., Аклеев А.В. Когнитивные нарушения у лиц, подвергшихся облучению в период пренатального развития. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2015; 4: 20–23. [Burtovaya E.Yu., Kantina T.E., Belova M.V., Akleev A.V. Cognitive impairments in prenatally exposed persons. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2015; 4: 20–23 (in Russ.]. DOI: 10.17116/jnevro20151154120-23.
 11. Танащян М.М., Коновалов Р.Н., Лагода О.В. Новые подходы к коррекции когнитивных нарушений при цереброваскулярных заболеваниях. *Анналы клинической и экспериментальной неврологии*. 2018; 12 (3): 30–39. [Tanashyan M.M., Kononov R.N., Lagoda O.V. New approaches to the treatment of cognitive impairments in cerebrovascular diseases. *Annals of Clinical and Experimental Neurology*. 2018; 12 (3): 30–39 (in Russ.]. DOI: 10.25692/ACEN.2018.3.
 12. Гнездицкий В.В., Корепина О.С. Атлас по вызванным потенциалам мозга. Иваново: ПресСто, 2011: 525. [Gnezditskiy V.V., Korepina O.S. Atlas of evoked potentials of the brain. Ivanovo: PresSto, 2011: 525 (in Russ.].
 13. Гнездицкий В.В., Корепина О.С., Чацкая А.В. Когнитивные ВП (P300): основы метода и клиническое применение. М.: Инфомед, 2017: 98. [Gnezditskiy V.V., Korepina O.S., Chatskaya A.V. Cognitive evoked potentials (P300): foundation of the method and clinical application. Moscow: Infomed, 2017: 98 (in Russ.].
 14. Karis D., Fabiani M., Donchin E. “P300” and memory: Individual differences in the von Restorff effect. *Cognitive Psychology*. 1984; 16 (2): 177–216. DOI: 10.1016/0010-0285 (84)90007-0.
 15. Жаворонкова Л.А., Белостоцкий А.П., Холодова Н.Б., Купцова С.В., Снегирева И.П., Куликов М.А., Окнина Л.Б. Нарушения высших психических функций и когнитивных слуховых вызванных потенциалов у ликвидаторов Чернобыльской аварии. *Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова*. 2012; 5: 62–69. [Zhavoronkova L.A., Belostotskiy A.P., Kholodova N.B., Kuptsova S.V., Snegireva I.P., Kulikov M.A., Oknina L.B. Impairment of higher mental function and cognitive auditory evoked response in Chernobyl NPP accident clean-up workers. *S.S. Korsakov Journal of Neurology and Psychiatry*. 2012; 5: 62–69 (in Russ.].
 16. Zhavoronkova L.A., Belostotskiy A.P., Kholodova N.B., Kuptsova S.V., Snegireva I.P., Kulikov M.A., Oknina L.B. Impairments to higher mental functions and cognitive auditory evoked potentials in chernobyl clean-up workers. *Neurosci. Behavior. Phys.* 2013; 43 (7): 887–895. DOI: 10.1007/s11055-013-9824-y.

Сведения об авторах

Литвинчук Елена Александровна, мл. науч. сотрудник, лаборатория экологической патопсихологии, УНПЦ РМ, г. Челябинск. ORCID iD 0000-0003-0061-7134.

Кантина Татьяна Эдуардовна, мл. науч. сотрудник, лаборатория экологической патопсихологии, УНПЦ РМ, г. Челябинск. ORCID iD 0000-0001-6001-4111.

Буртовая Елена Юрьевна, канд. мед. наук, зав. лабораторией экологической патопсихологии, УНПЦ РМ, г. Челябинск. ORCID iD 0000-0002-1260-7745.

(✉) Литвинчук Елена Александровна, e-mail: lea22121971@mail.ru.

Authors information

Litvinchuk Elena A., Junior Researcher, Ecological Pathopsychology Laboratory, URCRM, Chelyabinsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0003-0061-7134.

Kantina Tatiana E., Junior Researcher, Ecological Pathopsychology Laboratory, URCRM, Chelyabinsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0001-6001-4111.

Burtovaya Elena Yu., PhD, Head of the Ecological Pathopsychology Laboratory, URCRM, Chelyabinsk, Russian Federation. ORCID iD 0000-0002-1260-7745.

(✉) Litvinchuk Elena A., e-mail: lea22121971@mail.ru.

Поступила в редакцию 07.06.2019
Подписана в печать 12.09.2019

Received 07.06.2019
Accepted 12.09.2019