

## Взаимосвязь уровня нейрометаболизма со степенью когнитивного дефицита у пожилых людей

Н.А. Лисова<sup>1✉</sup>, Е.А. Черенева<sup>1</sup>, С.Н. Шилов<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева, г. Красноярск, Россия

<sup>2</sup> Хакасский государственный университет им. Н.Ф. Катанова, г. Абакан, Россия

✉ nadia.krs@yandex.ru

### Аннотация

**Обоснование.** Известно, что с возрастом происходят значительные изменения в характере протекания и качестве умственной деятельности, снижается память, внимание, ухудшается восприятие, меняется личность. Данные явления во многом обусловлены возрастной инволюцией нервной системы. Но до настоящего времени недостаточно изучены нейрофизиологические маркеры, которые могут свидетельствовать о развитии патологии и ее степени. **Цель.** Выявить особенности церебрального энергетического метаболизма у лиц пожилого возраста (60+) с когнитивными нарушениями различной степени выраженности и разработать метод его коррекции. **Материалы и методы.** В исследовании приняли участие 30 человек в возрасте от 60 до 85 лет, имеющие легкие и выраженные проявления когнитивных нарушений. Исследования уровня снижения когнитивных функций проводились с использованием Монреальской шкалы оценки когнитивных функций. Для выявления уровня нейрометаболической активности головного мозга использовался метод нейроэнергокартирования. Уровни активации головного мозга и функциональное состояние определялось по методу динамической омегаметрии. **Результаты.** В группе лиц с умеренными когнитивными нарушениями отмечено превышение показателей уровня постоянных потенциалов в 2–3 раза по сравнению с нормативными значениями, ригидная реакция на нагрузку, замедленное восстановление показателей в постнагрузочном периоде. У всех испытуемых обнаружены гипоксические изменения, сопровождающиеся закислением мозговой ткани и окислительным стрессом. В группе с выраженным когнитивным дефицитом обнаруживается общее снижение нейроэнергообмена и активации коры головного мозга, что указывает на истощение резервных адаптационных механизмов нервной системы. **Заключение.** Выявлены выраженные изменения показателей нейрометаболизма и активности мозга у пожилых лиц со снижением когнитивных функций. Neurofeedback-терапия в сочетании с традиционными формами психологической коррекции способствует повышению ее эффективности и нормализации работы мозга.

**Ключевые слова:** церебральный энергообмен, нейрометаболизм, старение, деменция, нарушение памяти, пожилые люди, neurofeedback, коррекция

**Благодарности.** Исследование выполнялось при финансовой поддержке Красноярского краевого фонда науки в рамках научного проекта № 2021010206903 «Профилактика деменции у людей старшего возраста (60+)».

*Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.*

**Для цитирования:** Лисова Н.А., Черенева Е.А., Шилов С.Н. Взаимосвязь уровня нейрометаболизма со степенью когнитивного дефицита у пожилых людей // Психология. Психофизиология. 2022. Т. 15, № 4. С. 84–93. DOI: 10.14529/jpps220408

## Relationship between neurometabolism and cognitive deficits in the elderly

N.A. Lisova<sup>1✉</sup>, E.A. Chereneva<sup>1</sup>, S.N. Shilov<sup>1,2</sup>

<sup>1</sup> Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafiev, Krasnoyarsk, Russia

<sup>2</sup> N.F. Katanov Khakass State University, Abakan, Russia

✉nadia.krs@yandex.ru

### Abstract

**Introduction.** There are significant changes in the course and quality of mental activity, memory, attention, and perception processes with age. Personality and behavior changes are also observed. These phenomena are largely due to the age-related involution of the nervous system. However, to date, those neurophysiological markers that can indicate the development of pathology and its degree, as well as help build a prognosis and ensure timely correction of dementia, have not been sufficiently studied. **Aims.** To study the features of cerebral energy metabolism in elderly people (60+) with cognitive impairments of varying severity and to develop a method for their correction. **Materials and methods.** The study involved 30 people, ages 60 to 85, with mild and moderate cognitive impairment. Cognitive decline was measured with the Montreal Cognitive Function Assessment Scale (MoCA). The neurometabolic activity of the brain was evaluated with neuroenergy mapping. Brain activation and functional state were evaluated by omega potentials. **Results.** In the group of people with mild cognitive disorders, there was a 2–3-fold excess of constant potentials compared to the reference values, a rigid response to the load, and a delayed recovery after load. Hypoxic changes were found in all subjects and were accompanied by acidification of brain tissue and oxidative stress. In the group with severe cognitive deficits, there was a general decrease in neurometabolism and activation of the cerebral cortex, which indicates the depletion of the adaptive mechanisms of the nervous system. **Conclusion.** Thus, pronounced changes in neurometabolism and brain activity were found in elderly people with decreased cognitive functions. Neurofeedback therapy combined with traditional forms of psychological correction helps increase its effectiveness and normalize brain function.

**Keywords:** cerebral energy exchange, neurometabolism, aging, dementia, memory impairment, elderly people, neurofeedback

**Acknowledgements.** The study was financed by the Krasnoyarsk Regional Science Foundation within the scientific project No. 2021010206903 “Prevention of dementia in older persons (60+)”.

*The authors declare no conflict of interest.*

**For citation:** Lisova N.A., Chereneva E.A., Shilov S.N. Relationship between neurometabolism and cognitive deficits in the elderly. *Psikhologiya. Psikhofiziologiya = Psychology. Psychophysiology.* 2022;15(4):84–93. (in Russ.). DOI: 10.14529/jpps220408

### Введение

Проблема профилактики когнитивных расстройств актуальна во всем мире, а в России ситуация стоит очень остро. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ), Россия по распространенности деменции находится на шестом месте в мире [1, 2]. По результатам частных исследований, пациентов с таким диагнозом около 2 млн, однако эти данные не совпадают с официальной статистикой. Деменция входит в число основных причин инвалидности среди пожилых людей во всем мире [3]. Она может оказывать глубокое воздействие не только на страдающих ею людей, но и на их семьи и тех, кто осуществ-

ляет уход. Часто ощущается недостаточная осведомленность в отношении деменции и недостаточное понимание этого состояния, что приводит к стигматизации и возникновению препятствий для диагностирования и оказания медицинской помощи [4, 5].

### Обзор литературы

Причины возникновения когнитивных нарушений разнообразны. Это физиологические возрастные изменения головного мозга, сосудистые и дегенеративные заболевания, характерные для пожилого и старческого возраста, с клиникой когнитивных нарушений [6]. Одной из причин нарушения когни-

тивных процессов в пожилом возрасте считают высокий уровень и длительное влияние окислительного стресса [7].

Есть данные о характерных особенностях энергетического обмена головного мозга у лиц в пожилом возрасте: повышение показателей постоянных потенциалов по большинству точек регистрации, повышение суммарных церебральных энергозатрат по сравнению с нормативными данными [8].

В связи с проблемой организации медицинско-социального и психолого-педагогического сопровождения пожилого человека актуальной становится проблема ранней диагностики возрастных изменений, в том числе когнитивных дефицитов [9, 10]. Имеющиеся данные свидетельствуют о том, что многие функциональные преморбидные нарушения возникают задолго до проявления первых симптомов заболевания [7, 11]. Умеренные когнитивные нарушения, представляющие собой переходную стадию между нормальным старением и деменцией, поражают 10–15 % населения в возрасте старше 65 лет [12]. К сожалению, современные методы диагностики не всегда позволяют выявлять патологию на ранних стадиях и назначать соответствующее лечение [13]. При этом растет количество пожилых людей с деменцией, нуждающихся в постоянной помощи и опеке.

В связи с вышесказанным крайне актуальным является поиск объективных маркеров неблагополучия нервной системы лиц пожилого возраста, позволяющих своевременно выявлять и эффективно корректировать нефизиологические возрастные изменения.

**Цель:** выявить особенности церебрального энергетического метаболизма у лиц пожилого возраста (60+) с когнитивными нарушениями различной степени выраженности, а также разработать метод коррекции выявленных нарушений.

#### **Материалы и методы**

Исследование проводилось на базе кафедры специальной психологии КГПУ им. В.П. Астафьева, Краевого государственного бюджетного учреждения социального обслуживания «Комплексный центр социального обслуживания населения «Кировский»» и Центра развития личности «ГРААЛЬ».

В исследовании приняли участие 30 человек в возрасте от 60 до 85 лет, имеющие

жалобы на снижение памяти. Исследование проводилось с соблюдением этических норм, в соответствии с принципами положения Хельсинкской декларации получением информированного согласия всех участников или их родственников.

Исследования уровня снижения когнитивных функций проводились с использованием Монреальской шкалы оценки когнитивных функций (MoCA) [14]. Шкала позволяет проводить быстрый скрининг и определение степени выраженности нарушений. По результатам теста MoCA участники были разделены на две группы: группа с легкими когнитивными нарушениями (19 человек) и группа с выраженными когнитивными нарушениями (11 человек).

Для выявления уровня энергетической активности головного мозга использовался метод нейроэнергокартирования (НЭК). Нейроэнергокартирование (НЭК) – электрофизиологический метод, основанный на измерении уровня постоянных потенциалов (УПП), который отражает состояние кислотно-основного состояния на границе гематоэнцефалического барьера. Метод служит для оценки регионарных и глобальных энергозатрат головного мозга, квалификации различных функциональных, предпатологических и патологических состояний организма [15]. Для регистрации, обработки и анализа уровня постоянных потенциалов головного мозга применялся пятиканальный аппаратно-программный диагностический комплекс «НЭК-5» (регистрационное удостоверение № ФСР 2009/0537). Регистрацию уровня постоянного потенциала осуществляли в проекции лобной, центральной и затылочной коры, правой и левой височных областей коры (по международной схеме 10-20: Fz, Cz, Oz, Td, Ts). Характеристики распределения УПП сравнивались со среднестатистическими эталонными значениями для соответствующего возрастного периода.

Статистическая обработка данных осуществлялась с помощью пакета прикладных программ Statistica v. 10.0 (StatSoft, USA) с использованием критериев Манна – Уитни и Стьюдента. Различия считались статистически значимыми при  $p < 0,05$ .

#### **Результаты**

По данным исследования уровней постоянных потенциалов мозга в группе лиц с

умеренными когнитивными нарушениями отмечено превышение показателей УПП в 2–3 раза по сравнению с нормативными значениями. Наибольшее отклонение значений УПП от нормы в подгруппе с легкими когнитивными дисфункциями регистрируется в лобном Fz, центральном Cz и правом височном Td отведениях: на 96, 241 и 271 % соответственно. Минимальное превышение составляет 56,8 % в левом височном отделе Ts.

При проведении проб на 3-минутную гипервентиляцию отмечалась ригидная реакция на нагрузку, замедленное восстановление показателей в постнагрузочном периоде, что указывает на снижение эффективности механизмов адаптации организма испытуемых. По предварительному анализу нейрокарт можно сделать вывод о наличии у испытуемых выраженных гипоксических изменений нейрометаболизма, сопровождающихся окислительным стрессом. Это согласуется с данными исследователей В.Ф. Фокина, Н.В. Пономаревой, показавшими, что характеристики НЭК при когнитивных нарушениях в общем случае повышены [16]. Примеры нейрокарт обследованных лиц с легким и выраженным снижением когнитивных функций представлены на рисунке.

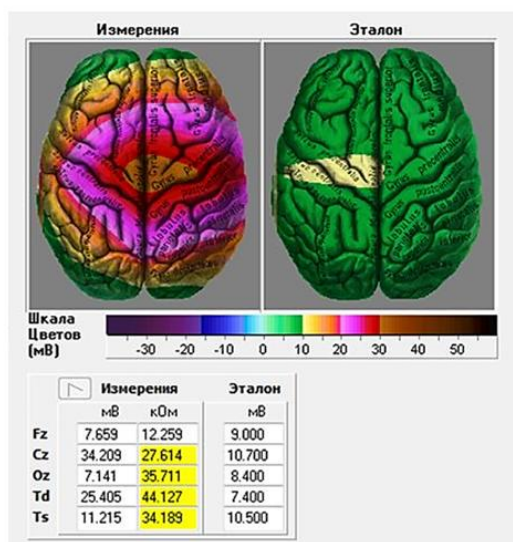
Исследование уровня постоянных потенциалов в группе лиц с выраженными нарушениями когнитивных функций показало значи-

тельные отклонения как от нормативных возрастных значений, так и от показателей первой группы с легким когнитивным дефицитом (табл. 1).

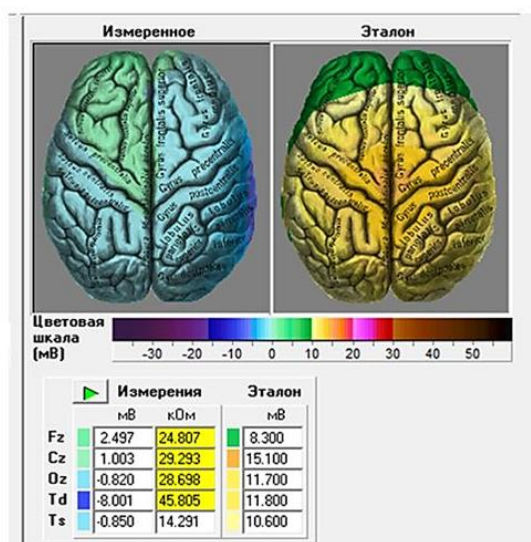
В группе с выраженным когнитивным дефицитом обнаруживается общее диффузное снижение нейроэнергообмена, что косвенно указывает на истощение резервных адаптационных механизмов нервной системы. Причем дефицит активности более выражен в лобной области коры (снижение УПП на 94,5 % в сравнении с эталоном), которая играет ведущую роль в процессах произвольной активности человека, в том числе мнестической и познавательной деятельности [17, 18].

При проведении проб на гипервентиляцию, теста беглости словесных ответов отмечалась неадекватная реакция на нагрузку в форме снижения активации коры, восстановления показателей до фонового уровня не происходило. Подобная реакция является маркером повышенной истощаемости ЦНС и может быть расценена как неблагоприятный диагностический признак.

С целью коррекции описанных выше нарушений нейрометаболизма нами была разработана методика, включающая помимо традиционных когнитивных тренировок и нейропсихологической коррекции курс биологической обратной связи по ЭЭГ (neurofeedback).



63 года, жен., нарушение сна,  
забывчивость в быту



74 года, жен., последствия ОНМК

Рис. Нейрокарты испытуемых с легкими (слева) и выраженными (справа) когнитивными нарушениями  
Fig. Neuroenergy mapping of persons with mild (left) and severe (right) cognitive deficiencies

Таблица 1  
Table 1

Распределение УПП головного мозга в монополярных отведениях у пожилых лиц с разной степенью выраженности когнитивных нарушений, N = 30  
Distribution of continuous brain potentials in monopolar electrodes in older persons with varying degrees of cognitive deficiencies, N = 30

Отведения Lead	Легкие нарушения Mild N = 19	Выраженные нарушения Severe N = 11	Нормативные показатели УПП Reference values
Fz	17,9 ± 4,0*	-8,6 ± 4,3	9,1
Cz	35,2 ± 6,2*	-3,2 ± 2,0	10,3
Oz	16,9 ± 8,1*	-3,5 ± 1,3	8,1
Td	26,6 ± 4,5*	-8,0 ± 2,3	7,0
Ts	15,7 ± 8,5	-4,9 ± 3,1	10,5
Sum	112,4 ± 25,5*	-29,4 ± 9,3	45,0
X <sub>ср</sub>	22,4 ± 5,1*	-5,8 ± 1,9	9,0

Примечание: \* – различие значимо на уровне  $p \leq 0,01$  при сравнении легких и выраженных нарушений.

Note: \* – significant at  $p \leq 0.01$  when comparing mild and severe disorders.

Курс биологической обратной связи состоял из 12 сеансов по три раза в неделю продолжительностью 20 минут каждый. Использовался прибор биологической обратной связи «БОС-ЛАБ Клинический», фиксирующий параметры электроэнцефалограммы (ЭЭГ). На экране монитора при проведении сеансов отражается в реальном времени контролируемый параметр – отношение мощности бета- и тета-ритмов ЭЭГ пациента (тета/бета-индекс). Перед испытуемым была поставлена задача повысить мощность бета-ритмов головного мозга путем максимального сосредоточения внимания, концентрации. При этом одновременно необходимо

было контролировать тета-активность, избегая мышечного напряжения, особенно в мимических мышцах лица (лоб, челюсти).

Результаты измерения динамики уровня постоянных потенциалов головного мозга выявило значимые отличия в проекционных зонах лобной, теменной, правой височной областей коры у пожилых лиц до и после курса занятий (табл. 2).

По данным психологического тестирования наблюдались положительные изменения в когнитивных пробах на скорость, объем, концентрацию внимания, оперативную и долговременную память. В комплексных тестах

Таблица 2  
Table 2

Распределение постоянных потенциалов и биоэлектрической активности головного мозга у пожилых лиц до и после курса коррекции, N = 30

Отведения Lead	До курса Before treatment	После курса After treatment	Нормативные показатели УПП Reference values
Fz	17,9 ± 4,0	8,6 ± 4,3 *	9,1
Cz	35,2 ± 6,2	23,2 ± 2,0 *	10,3
Oz	16,9 ± 8,1	13,5 ± 1,3	8,1
Td	26,6 ± 4,5	18,0 ± 2,3 *	7,0
Ts	15,7 ± 8,5	14,9 ± 3,1	10,5
Sum	112,4 ± 25,5	78,2 ± 9,3 *	45,0
X <sub>ср</sub>	22,4 ± 3,1	15,6 ± 1,9 *	9,0
Отношение $\theta-\beta$	4,6 ± 0,6	2,9 ± 0,7 *	1–2

Примечание: \* – различие значимо на уровне  $p \leq 0,01$  при сравнении легких и выраженных нарушений.

Note: \* – significant at  $p \leq 0.01$  when comparing mild and severe disorders.

Таблица 3  
Table 3

Результаты когнитивных тестов у пожилых лиц до и после курса коррекции, N = 30  
Results of cognitive tests in the elderly before and after treatment, N = 30

Шкала Scale	До курса Before treatment	После курса After treatment	Значение p p value
MMSE, балл/score	27,3	29,1	0,035
MoCA, балл/score	24,6	26,5	0,044
Тест рисования часов, балл Clock drawing test, score	8,1	9,3	0,126
Таблица Шульте, с Schulte table, s	118,5	79,4	0,002
Запоминание 10 слов, кол-во Memorize 10 words, number of words	5,7	7,6	0,031

MMSE и MoCA увеличилось количество правильных ответов, балльная оценка тестов приблизилась к нормативным показателям здоровых людей (табл. 3).

### Обсуждение

Известно, что в норме для адекватного протекания психических процессов необходим достаточный уровень активирующих влияний и адекватное энергетическое обеспечение клеток головного мозга. Нарушения в системах энергообеспечения и обмена веществ в нейронах также играют ведущую роль в развитии ряда хронических заболеваний, в том числе болезни Альцгеймера, Паркинсона, возрастных деменциях [19].

При снижении активации и уровня энергетического метаболизма все высшие психические функции будут страдать. Этому состоянию способствует снижение подвижности нервных процессов и быстрое истощение функциональных резервов организма [20].

Считается, что значения межполушарной асимметрии могут рассматриваться в качестве индикатора адаптации центральной нервной системы к нагрузкам [21]. При этом выраженная диспропорция в работе полушарий с преобладанием активности правого полушария может быть индикатором значительного функционального напряжения систем организма или срыва адаптационных механизмов [8].

Таким образом, все выявленные изменения энергетического метаболизма тканей мозга взаимосвязаны с качеством протекания когнитивных процессов и могут служить индикатором имеющихся дефицитов.

Произошедшие сдвиги в сторону нормативных значений УПП, а также изменение общего суммарного и усредненного постоянного потенциала после курса биологической обратной связи косвенно указывают на усиление кровоснабжения тканей мозга, активизацию метаболических процессов в исследуемых областях коры. Снижение почти в два раза отношения тета/бета за счет усиления высокочастотного компонента спектра ЭЭГ свидетельствует об активизации лобных областей мозга и повышении концентрации внимания, что способствует повышению качества жизни данной категории лиц.

### Заключение

Таким образом, выявлены высокозначимые различия в уровнях постоянных потенциалов и омега-потенциалов головного мозга у лиц с выраженной и легкой когнитивной дисфункцией. Полученные данные свидетельствуют о том, что имеется зависимость степени выраженности нарушения высших психических функций от нейрометаболической активности головного мозга и активационных подкорково-корковых влияний у лиц пожилого возраста.

Представленные результаты исследований позволяют дополнить данные о нейрофизиологической основе патологического старения и создать предпосылки для разработки эффективных комплексных мер медико-психолого-социального сопровождения лиц пожилого возраста, направленных на увеличение доли успешного старения.

Список источников

1. Physical activity and successful aging among middle-aged and older adults: A systematic review and meta-analysis of cohort studies / Y.H. Lin, Y.C. Chen, Y.C. Tseng, S.T. Tsai, Y.H. Tseng // *Aging* (Albany NY). 2020. Vol. 12(9). P. 7704–7716. DOI: <https://doi.org/10.18632/aging.103057>
2. Özsungur F. Gerontechnological factors affecting successful aging of elderly // *The Aging Male*. 2020. Vol. 23, № 5. P. 520–532. DOI: <https://doi.org/10.1080/13685538.2018.1539963>
3. What does “successful aging” mean to you? – systematic review and cross-cultural comparison of lay perspectives of older adults in 13 countries, 2010–2020 / A.J. Reich, K.D. Claunch, M.A. Verdeja et al. // *Journal of cross-cultural gerontology*. 2020. Vol. 35, № 4. P. 455–478. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10823-020-09416-6>
4. Микляева А.В. Инфантилизация пожилых людей в повседневном взаимодействии: к постановке проблемы // *The Journal of Social Policy Studies*. 2018. № 16(1). С. 109–124. DOI: <https://doi.org/10.17323/727-0634-2018-16-1-109-124>
5. Инклюзивный подход в работе с пожилыми людьми. Модели преодоления геронтологического эйджизма / Т.В. Фуряева, Л.Г. Климацкая, Е.А. Фуряев, А.И. Шпаков // *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021. Т. 13, № 1. С. 297–314. DOI: <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-297-314>
6. Бельцова И.А. Концепция «успешное старение» как нормативный конструкт в формировании позитивного образа старости в демократическом обществе // *Вестник экономики, права и социологии*. 2012. № 1. С. 285–289.
7. Age-related cognitive impairment is associated with long-term neuroinflammation and oxidative stress in a mouse model of episodic systemic inflammation / J.C. d’Avila, L.D. Siqueira, A. Mazerand et al. // *Journal of neuroinflammation*. 2018. Vol. 15. № 1. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12974-018-1059-y>
8. Грибанов А.В., Депутат И.С. Распределение уровня постоянного потенциала головного мозга у пожилых женщин в циркумполярных условиях // *Физиология человека*. 2015. Т. 41, № 3. С. 134–136.
9. Екушева Е.В. Когнитивные нарушения – актуальная междисциплинарная проблема // *Российский медицинский журнал*. 2018. Т. 26, № 12-1. С. 32–37.
10. Scarmeas N., Anastasiou C. A., Yannakoulia M. Nutrition and prevention of cognitive impairment // *The Lancet Neurology*. 2018. Vol. 17, № 11. P. 1006–1015. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30338-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30338-7)
11. Morley J.E. An overview of cognitive impairment // *Clinics in geriatric medicine*. 2018. Vol. 34(4). P. 505–513. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cger.2018.06.003>
12. Anderson N. State of the science on mild cognitive impairment (MCI) // *CNS Spectrums*. 2019. Vol. 24(1). P. 78–87. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1092852918001347>
13. The incidence of mild cognitive impairment: A systematic review and data synthesis / C. Gillis, F. Mirzaei, M. Potashman, M.A. Ikram, N. Maserejian // *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*. 2019. Vol. 11. P. 248–256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dadm.2019.01.004>
14. A comparison of the Mini-Mental State Examination (MMSE) with the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) for mild cognitive impairment screening in Chinese middle-aged and older population: a cross-sectional study / X. Jia, Z. Wang, F. Huang et al. // *BMC Psychiatry*. 2021. Vol. 21. № 1. P. 1–13. DOI: <https://doi.org/10.1192/bjo.2021.1067>
15. Шевченко О.И., Лахман О.Л. Взаимосвязь между нейропсихологическими показателями и уровнем постоянного потенциала у пациентов с профессиональными заболеваниями от воздействия физических факторов // *Acta Biomedica Scientifica*. 2021. Т. 6, № 1. С. 94–100.
16. Фокин В.Ф., Пономарева Н.В. Энергетическая физиология мозга. М.: Антидор, 2003. 288 с.
17. Грибанов А.В., Аникина Н.Ю., Гудков А.Б. Церебральный энергообмен как маркер адаптивных реакций человека в природно-климатических условиях Арктической зоны Российской Федерации // *Экология человека*. 2018. № 8. С. 32–40.
18. Анализ распределения уровня постоянного потенциала головного мозга в оценке функционального состояния организма (обзор) / И.С. Депутат, А.Н. Нехорошкова, А.В. Грибанов, И.Л. Большевидцева, Л.Ф. Старцева // *Экология человека*. 2015. № 10. С. 27–36.

19. Murik S. The use of DCEEG to estimate functional and metabolic state of nervous tissue of the brain at hyper- and hypoventilation // *World Journal of Neuroscience*. 2012. № 2. P. 172–182. DOI: <https://doi.org/10.4236/wjns.2012.23027>

20. Илюхина В.А. Сверхмедленные информационно-управляющие системы в интеграции процессов жизнедеятельности головного мозга и организма (Обзор) // *Физиология человека*. 2013. Т. 39, № 3. С. 114–126. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0131164613030107>

21. Особенности адаптации метаболизма мозга и формирование заболеваний нервной системы / Л.П. Соколова, И.В. Князева, П.П. Евтушенко, К.Н. Аветисова // *Евразийский союз ученых*. 2016. № 29-1. С. 65–68.

*Поступила 28.08.2022; одобрена после рецензирования 13.10.2022; принята к публикации 23.10.2022.*

*Информация об авторах:*

**Лисова Надежда Александровна**, кандидат биологических наук, старший преподаватель кафедры специальной психологии, Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева (Россия, 660049, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, д. 89), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-8039>, e-mail: [nadia.krs@yandex.ru](mailto:nadia.krs@yandex.ru)

**Черенева Елена Александровна**, кандидат педагогических наук, доцент, и.о. заведующего кафедрой специальной психологии, Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева (Россия, 660049, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, д. 89), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2845-013X>, e-mail: [elen\\_korn@bk.ru](mailto:elen_korn@bk.ru)

**Шилов Сергей Николаевич**, доктор медицинских наук, профессор кафедры коррекционной педагогики, Красноярский государственный педагогический университет им. В.П. Астафьева (Россия, 660049, г. Красноярск, ул. Ады Лебедевой, д. 89); профессор кафедры фундаментальной медицины и гигиены, Хакасский государственный университет имени Н.Ф. Катанова (Россия, Республика Хакасия, 655017, г. Абакан, ул. Ленина, д. 90), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9132-6652>, e-mail: [shiloff.serg@yandex.ru](mailto:shiloff.serg@yandex.ru)

*Заявленный вклад авторов.*

**Лисова Н.А.** – подготовка первоначального варианта статьи, обзор соответствующей литературы, сбор данных, анализ данных.

**Черенева Е.А.** – постановка исследовательской задачи, методологические основания статьи, доработка начального варианта статьи, критический анализ.

**Шилов С.Н.** – интерпретация данных исследования, исправление и форматирование, формулирование основной концепции исследования.

*Все авторы прочитали и одобрили окончательный вариант рукописи.*

### References

1. Lin Y.H., Chen Y.C., Tseng Y.C., Tsai S.T., Tseng Y.H. Physical activity and successful aging among middle-aged and older adults: A systematic review and meta-analysis of cohort studies. *Aging* (Albany NY). 2020;9(12):7704–7716. DOI: <https://doi.org/10.18632/aging.103057>

2. Özsungur F. Gerontechnological factors affecting successful aging of elderly. *The Aging Male*. 2020;5(23):520–532. DOI: <https://doi.org/10.1080/13685538.2018.1539963>

3. Reich A.J., Claunch K.D., Verdeja M.A. et al. What does “successful aging” mean to you? – systematic review and cross-cultural comparison of lay perspectives of older adults in 13 countries, 2010–2020. *Journal of cross-cultural gerontology*. 2020;4(35):455–478. DOI: <https://doi.org/10.1007/s10823-020-09416-6>

4. Miklyaeva A.V. Infantilization of the elderly in everyday interaction: towards the formulation of the problem. *The Journal of Social Policy Studies*. 2018;16(1):109–124. DOI: <https://doi.org/10.17323/727-0634-2018-16-1-109-124> (in Russ.).



5. Furyaeva T.V., Klimatskaya L.G., Furyaev E.A., Shpakov A.I. Inclusive approach in working with the elderly. Models of overcoming gerontological ageism. *Siberian Journal of Life Sciences and Agriculture*. 2021;1(13):297–314. DOI: <https://doi.org/10.12731/2658-6649-2021-13-1-297-314> (in Russ.).
6. Beltsova I.A. The concept of “successful aging” as a normative construct in the formation of a positive image of old age in a democratic society. *Vestnik ekonomiki, prava i sotsiologii = Bulletin of Economics, Law and Sociology*. 2012;1:285–289. (in Russ.).
7. d’Avila J.C., Siqueira L.D., Mazeraud A. et al. Age-related cognitive impairment is associated with long-term neuroinflammation and oxidative stress in a mouse model of episodic systemic inflammation. *Journal of neuroinflammation*. 2018;1(15):1–13. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12974-018-1059-y>
8. Griбанov A.V., Deputat I.S. Distribution of the level of constant potential of the brain in elderly women in circumpolar conditions. *Fiziologiya cheloveka = Human physiology*. 2015;3(41):134–136. (in Russ.).
9. Ekusheva E.V. Cognitive impairment – relevant interdisciplinary problem. *Rossiiskii meditsinskii zhurnal = RMJ*. 2018;12(1):32–37. (in Russ.).
10. Scarmeas N., Anastasiou C.A., Yannakoulia M. Nutrition and prevention of cognitive impairment. *The Lancet Neurology*. 2018;11(17):1006–1015. DOI: [https://doi.org/10.1016/S1474-4422\(18\)30338-7](https://doi.org/10.1016/S1474-4422(18)30338-7)
11. Morley J.E. An overview of cognitive impairment. *Clinics in geriatric medicine*. 2018;4(34):505–513. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.cger.2018.06.003>
12. Anderson N. State of the science on mild cognitive impairment (MCI). *CNS Spectrums*. 2019;24(1):78–87. DOI: <https://doi.org/10.1017/S1092852918001347>
13. Gillis C., Mirzaei F., Potashman M., Ikram M.A., Maserejian N. The incidence of mild cognitive impairment: A systematic review and data synthesis. *Alzheimer's & Dementia: Diagnosis, Assessment & Disease Monitoring*. 2019;(11):248–256. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.dadm.2019.01.004>
14. Jia X., Wang Z., Huang F. et al. A comparison of the Mini-Mental State Examination (MMSE) with the Montreal Cognitive Assessment (MoCA) for mild cognitive impairment screening in Chinese middle-aged and older population: a cross-sectional study. *BMC psychiatry*. 2021;1(21):1–13. DOI: <https://doi.org/10.1192/bjo.2021.1067>
15. Shevchenko O.I., Lakhman O.L. The relationship between neuropsychological indicators and the level of permanent potential in patients with occupational diseases from the effects of physical factors. *Acta Biomedica Scientifica*. 2021;1(6):94–100. (in Russ.).
16. Fokin V.F. Energeticheskaya fiziologiya mozga [Energetic physiology of the brain]. Moscow. Antidor Publ. 2003:288. (in Russ.).
17. Griбанov A.V., Anikina N.Yu., Gudkov A.B. Cerebral energy exchange as a marker of adaptive human reactions in the natural and climatic conditions of the Arctic zone of the Russian Federation. *Ekologiya cheloveka = Human ecology*. 2018;8:32–40. (in Russ.).
18. Deputat I.S., Nekhoroshkova A.N., Griбанov A.V. et al. Analysis of the distribution of the level of constant potential of the brain in assessing the functional state of the body (review). *Ekologiya cheloveka = Human ecology*. 2015;10:27–36. (in Russ.).
19. Murik S. The use of DCEEG to estimate functional and metabolic state of nervous tissue of the brain at hyper- and hypoventilation. *World Journal of Neuroscience*. 2012;2:172–182. DOI: <https://doi.org/10.4236/wjns.2012.23027>
20. Ilyukhina V.A. Super-slow information and control systems in the integration of the processes of vital activity of the brain and the body (Review). *Fiziologiya cheloveka = Human physiology*. 2013;3(39):114–126. DOI: <https://doi.org/10.7868/S0131164613030107> (in Russ.).
21. Sokolova L.P., Knyazeva I.V., Evtushenko P.P., Avetisova K.N. Features of adaptation of brain metabolism and formation of diseases of the nervous system. *Evraziyskiy soyuz uchenykh = Eurasian union of scientists*. 2016;1(29):65–68. (in Russ.).

*Submitted 28.08.2022; approved after reviewing 13.10.2022; accepted for publication 23.10.2022.*

*About the authors:*

**Nadezhda A. Lisova**, Cand. Sc. (Biology), Senior instructor of the Department of Special Psychology, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev (89, Ada Lebedeva Str., Krasnoyarsk, 660060, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-6923-8039>, e-mail: [nadia.krs@yandex.ru](mailto:nadia.krs@yandex.ru)

**Elena A. Chereneva**, Cand. Sc. (Pedagogy), Associate Professor, Acting Head of the Department of Special Psychology, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev (89, Ada Lebedeva Str., Krasnoyarsk, 660060, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2845-013X>, e-mail: [elen\\_korn@bk.ru](mailto:elen_korn@bk.ru)

**Sergey N. Shilov**, Dr. Sc. (Medicine), Professor of the Department of Correctional Pedagogy, Krasnoyarsk State Pedagogical University named after V.P. Astafyev (89, Ada Lebedeva Str., Krasnoyarsk, 660060, Russia); Professor of the Department of Fundamental Medicine and Hygiene, N.F. Katanov Khakass State University, (90, Lenin St., Abakan, Republic of Khakassia, 655017, Russia), ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9132-6652>, e-mail: [shiloff.serg@yandex.ru](mailto:shiloff.serg@yandex.ru)

*Contribution of the authors.*

**N.A. Lisova** – writing the draft, reviewing the relevant literature, data collection, data analysis.

**E.A. Chereneva** – research problem statement, revision of the text, methodological basis of research, critical analysis.

**S.N. Shilov** – interpretation of research data, correction and edition, formulation of the main concept of the study.

*All authors have read and approved the final manuscript.*