

— МЕДИКО-БИОЛОГИЧЕСКИЕ НАУКИ —

УДК 611.068

DOI 10.25587/SVFU.2023.30.1.006

*А. А. Баландин, Г. С. Юрушбаева, И. А. Баландина***ВОЗРАСТНЫЕ ИЗМЕНЕНИЯ ОБЪЕМА СТВОЛА МОЗГА
В ПОЖИЛОМ И СТАРЧЕСКОМ ВОЗРАСТЕ**

Аннотация: Одной из задач развитого общества с высоким уровнем жизни является увеличение ее продолжительности. Стоит понимать, что повышение численности населения пожилого и старческого возраста обуславливает важность развития геронтологии и гериатрии. Причины и последствия старения отделов центральной нервной системы изучены достаточно, но анатомические данные о структурах мозга в возрастном аспекте, а именно об изменениях объема ствола мозга представлены незначительно. Цель исследования – провести сравнительный анализ параметров объема ствола мозга у мужчин и женщин в пожилом и старческом возрасте по данным магнитно-резонансной томографии. Проведен анализ данных магнитно-резонансных томограмм 94 пациентов, обследованных в отделении лучевой диагностики государственного автономного учреждения здравоохранения Пермского края «ГКБ № 4» за 2020 – 2022 гг. Пациентов разделили на две группы согласно возрастной периодизации. Первую группу составили представители пожилого возраста: 27 мужчин 61 – 74 лет и 23 женщины 56 – 73 лет. Вторая группа была представлена обследуемыми старческого возраста: 23 мужчинами 75 – 88 лет и 21 женщиной 75 – 88 лет. В выборку исследования вошли лица без патологии центральной и периферической нервной системы, с отсутствием алкогольной или наркотической зависимости, с черепами средней формы – мезокраны. Опре-

БАЛАНДИН Анатолий Александрович – доцент кафедры нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 26. ORCID icon <http://orcid.org/0000-0002-3152-8380> SPIN-код: 8298-5970 e-mail: balandinnauka@mail.ru

BALANDIN Anatolii Aleksandrovich – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor, Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery, E.A. Wagner Perm State Medical University of the Ministry of Health of Russia. 614990, Perm, ul. Petropavlovskaya, 26. ORCID icon <http://orcid.org/0000-0002-3152-8380> SPIN-code: 8298-5970 e-mail: balandinnauka@mail.ru

ЮРУШБАЕВА Гузель Салаватовна – методист кафедры нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 26. ORCID icon <https://orcid.org/0000-0003-4562-7264> e-mail: guzel.yurushbaeva@mail.ru

YURUSHBAEVA Guzel' Salavatovna – Methodologist, Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery, E.A. Wagner Perm State Medical University of the Ministry of Health of Russia. 614990, Perm, ul. Petropavlovskaya, 26. ORCID icon <https://orcid.org/0000-0003-4562-7264> e-mail: guzel.yurushbaeva@mail.ru

БАЛАНДИНА Ирина Анатольевна – доктор мед. наук, проф., заведующая кафедрой нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии ФГБОУ ВО «Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера» Минздрава России, 614990, г. Пермь, ул. Петропавловская, д. 26. ORCID icon <http://orcid.org/0000-0002-4856-9066> SPIN-код: 6484-8520, e-mail: balandina_ia@mail.ru

BALANDINA Irina Anatol'evna – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head, Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery, E.A. Wagner Perm State Medical University of the Ministry of Health of Russia. 614990, Perm, ul. Petropavlovskaya, 26. ORCID icon <http://orcid.org/0000-0002-4856-9066> SPIN-code: 6484-8520, e-mail: balandina_ia@mail.ru

деляли объем ствола мозга в режиме реконструкции 3D. Установлена тенденция к превалированию параметров объема ствола у мужчин и женщин пожилого возраста в сравнении с представителями старческого возраста ($p>0,05$). В каждой изучаемой возрастной группе наблюдается тенденция к преобладанию параметров объема ствола мозга у мужчин в сравнении с женщинами ($p>0,05$). Таким образом, полученные данные дополняют научные знания о возрастных анатомических особенностях ствола мозга, что, в свою очередь, позволит их использовать при оценке его объема у пациентов пожилого и старческого возраста.

Ключевые слова: МРТ, ствол мозга, головной мозг, пожилой возраст, старческий возраст, мезокраны, морфометрия, нейродегенерация, мужчины, женщины/

A. A. Balandin, G. S. Yurushbaeva, I. A. Balandina

AGE-RELATED CHANGES IN BRAIN STEM VOLUME IN YOUNG-OLD AGE AND OLD-OLD AGE

Abstract. One of the tasks of a developed society with a high standard of living is to increase life expectancy. It is worth understanding that the increasing number of young-old and old-old population causes the importance of developing gerontology and geriatrics. Causes and consequences of aging of the central nervous system departments have been studied sufficiently; nevertheless, anatomical data on the brain structures in the age aspect, namely on changes in the brain stem volume, are poorly presented. The aim of the investigation was to carry out a comparative analysis of brain stem volume parameters in young-old and old-old men and women according to magnetic resonance imaging data. The data of magnetic resonance imaging were analyzed in 94 patients examined in the Department of Radiation Diagnostics of State Autonomous Healthcare Institution of Perm Krai "City Clinical Hospital No." in the period of 2020-2022. The patients were divided into two groups according to age periodization. The first group consists of young-old people: 27 men aged 61-74 years and 23 women aged 56-73 years. The second group was represented by old-old individuals: 23 men aged 75-88 and 21 women aged 75-88. The study sample included persons without pathologies of central and peripheral nervous system, with absence of alcohol or drug addiction, with skulls of medium shape – mesocranes. The volume of the brain stem was determined in the 3D reconstruction mode. A tendency to the prevalence of parameters of the trunk volume in the young-old men and women in comparison with representatives of the old-old age ($p>0.05$) was established. In each age group studied, there was a tendency for prevalence of brain stem volume parameters in men compared to women ($p>0.05$). Thus, the obtained data add to the scientific knowledge about age-related anatomical features of the brain stem, which, in turn, will allow their use in assessing its volume in elderly and senile patients.

Keywords: MRI, brainstem, brain, young-old age, old-old age, mesocranes, morphometry, neurodegeneration, men, women.

Введение.

Одной из задач развитого общества с высоким уровнем жизни является увеличение ее продолжительности. Повышение численности населения пожилого и старческого возраста обуславливает важность развития таких сфер медицины, как геронтология и гериатрия [1, 2].

Учет возрастной специфики часто отмечается в научной медицинской литературе, в которых изучали особенности ведения пациентов пожилого и старческого возраста [3, 4, 5].

Наше внимание привлеч ствол мозга – многофункциональная и филогенетически наиболее древняя, анатомически сложная структура головного мозга. Он является единым релейным центром, который получает информацию от структур как центральной, так и периферической нервной системы и интегрирует ее в различные участки большого мозга для дальнейшей обработки. Масштаб функций ствола головного мозга огромен: от контроля правильной работы вегетативной нервной системы, нейрогуморальной регуляции до корректировки мелких движений и локомоции, наряду с мозжечком и спинным мозгом [6, 7, 8].

Причины и последствия старения отделов центральной нервной системы изучены достаточно, но анатомические данные о структурах мозга в возрастном аспекте, а именно об изменениях объема ствола мозга представлены незначительно [9, 10, 11].

Цель исследования – провести сравнительный анализ параметров объема ствола мозга у мужчин и женщин в пожилом и старческом возрасте по данным магнитно-резонансной томографии.

Материалы и методы исследования.

Проведен анализ данных магнитно-резонансных томограмм 94 пациентов, обследованных в отделении лучевой диагностики государственного автономного учреждения здравоохранения Пермского края «ГКБ № 4» за 2020 – 2022 гг. Возраст обследуемых варьировал от 56 до 88 лет включительно. На проведение исследования получено разрешение этического комитета Пермского государственного медицинского университета имени академика Е.А. Вагнера (№ 10 от 27.11.2019 г.). Исследование проводилось только по показаниям для исключения вероятной патологии центральной нервной системы. Все обследуемые дали согласие на его выполнение.

Морфометрическое исследование выполняли с использованием аппарата 1,5T Brivo 335 (General Electric – GE Healthcare, США). Сканирование осуществляли после нативного сканирования при толщине среза в 5 мм, проводили постпроцессорные реконструкции в режиме T2, используя фильтры резкости.

Исследование начинали с выполнения краниометрии: измеряли продольный и поперечный размеры черепа и по величине поперечно-продольного указателя определяли краниотип. Головной указатель рассчитывали по выступающим крайним точкам на аксиальном срезе в режиме реконструкции 3D. В выборку исследования вошли лица без патологии центральной и периферической нервной системы, с отсутствием алкогольной или наркотической зависимости, с черепами средней формы – мезокраны, величина головного указателя которых варьировала от 75,0 до 79,9. Поперечно-продольный (головной) указатель обследуемых составил $76,6 \pm 1,22\%$.

Всех пациентов разделили на две группы согласно возрастной периодизации (Москва, 1965). Первую группу составляют представители пожилого возраста: 27 мужчин 61 – 74 лет и 23 женщины 56 – 73 лет. Вторая группа представлена обследуемыми старческого возраста: 23 мужчинами 75 – 88 лет и 21 женщиной 75 – 88 лет.

На рисунке 1 изображено определение объема ствола мозга в режиме реконструкции 3D.

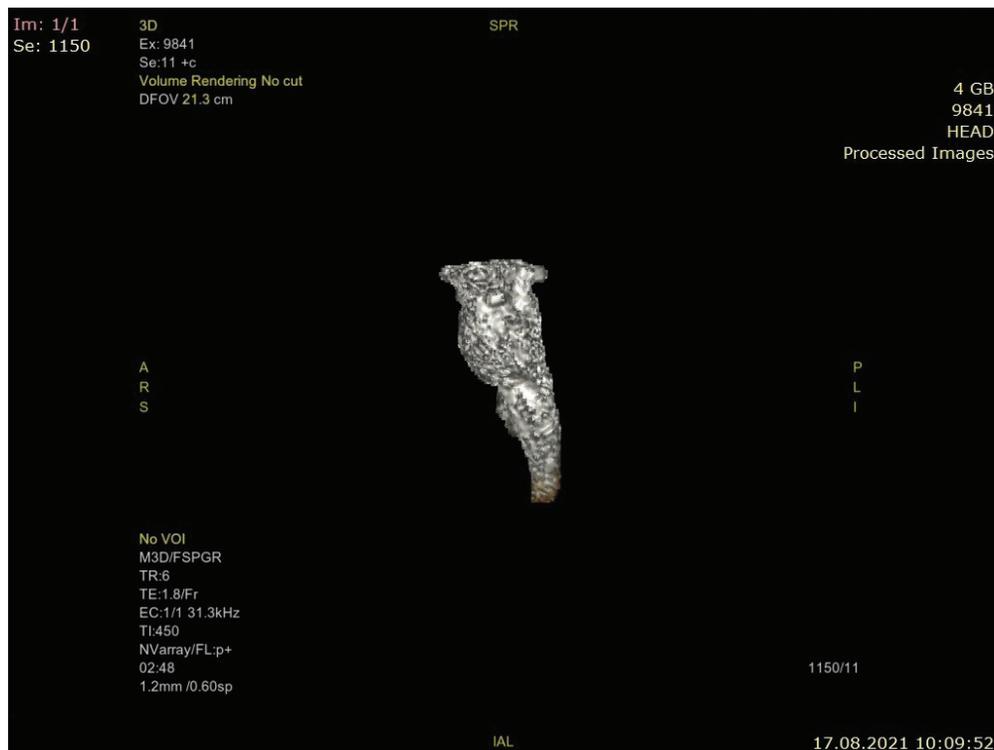


Рис. 1. Выделение ствола мозга и расчет его объема при выполнении магнитно-резонансной томографии

Статистический анализ проводили с помощью программы Microsoft Excel 2014 и статистического приложения AtteStat 64. Так как данные соответствовали нормальному распределению, результаты представлены в виде значений средней арифметической величины (M) и стандартной ошибки (m). Для проверки равенства средних значений в двух выборках использовали параметрический t критерий Стьюдента. Статистически значимыми считали отличия при $p < 0,05$.

Результаты.

Данные о параметрах объема ствола мозга в исследуемых возрастных периодах представлены ниже (табл. 1).

Таблица 1 – Морфометрические характеристики объема ствола мозга у пациентов по данным магнитно-резонансной томографии в пожилом и старческом возрасте (см³, n = 94)

Пол	Пожилой возраст	Старческий возраст	t (p)
муж.	24,2±0,07	24,1±0,08	t=0,94; p>0,05
жен.	24,2±0,07	24,0±0,09	t=1,75; p>0,05

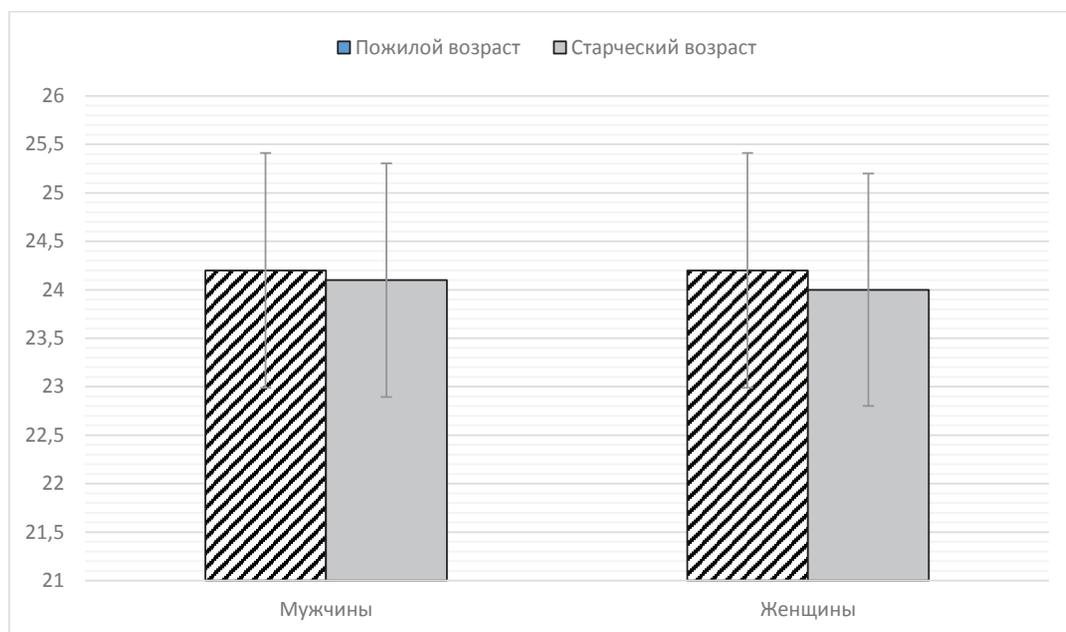


Рис. 2. Объем ствола мозга у мужчин и женщин в пожилом и старческом возрасте, n = 94 (см³)

Установлена тенденция к превалированию параметров объема ствола у мужчин и женщин пожилого возраста в сравнении с представителями старческого возраста. Так, объем ствола у мужчин уменьшается на 0,41 % (t= 0,94; p>0,05), у женщин – 0,83 % (t= 1,75; p>0,05). Дегрессия объема ствола мозга происходит плавно. В каждой изучаемой возрастной группе наблюдается тенденция к преобладанию параметров объема ствола мозга у мужчин в сравнении с женщинами (p>0,05).

Обсуждение.

На наш взгляд, уменьшение объема ствола мозга к старческому возрасту обусловливается генетически запрограммированными механизмами старения организма.

Среди многих механизмов на биохимически-клеточном уровне исследователи выделяют основные точки приложения возрастной нейродегенерации ткани: истощение теломер, потеря качества протеостаза, митохондриальные нарушения, ухудшение межклеточных коммуникаций [12, 13].

Особо надо выделить нарушение процесса протеостаза. У клеток имеется целый ряд молекулярных механизмов контроля качества белкового гомеостаза для сохранения собственной стабильности и функциональности на должном уровне. Протеостаз заключается в стабилизации правильных и нужных молекул белков внутри клетки и уничтожении «неправильных» путем разрушения их в лизосомах. Проведенные исследования показали, что протеостаз изменяется по мере старения, что приводит к накоплению внутриклеточных «некачественных» белков и, как следствие, к гибели клетки [13, 14].

На тканевом уровне в структурах нервной системы, как показали ранее проведенные работы в этой сфере, в результате ухода нейронов в апоптоз активно начинается «всеобщая перестройка» – активное разрастание клеток астроглии [15, 16, 17]. Все эти процессы также непосредственно влияют на уменьшение размеров участков головного мозга.

В ранее проведенных работах на других участках головного мозга выявлены аналогичные закономерности и тенденции, заключающиеся в половом диморфизме и в уменьшении их линейных размеров с возрастом [18, 19, 20]. Наиболее явные изменения, касающиеся размеров мозга, по данным исследователей, происходят в старческом возрасте [21]. Таким образом, отделы головного мозга человека (как структуры единой системы) сохраняют постоянные пропорции по отношению друг к другу на протяжении всей жизни, а их топографическое местоположение в разных периодах постнатального онтогенеза – стабильно. Головной мозг, состоя из множества анатомических компонентов, сохраняет свою конфигурацию на протяжении всей жизни человека [22].

Хотя нами и не получено статистически значимой разницы между объемом ствола мозга в исследуемых группах, во всех возрастных группах наблюдается тенденция к преобладанию параметров объема ствола мозга у мужчин в сравнении с женщинами ($p > 0,05$). Данный факт, на наш взгляд, можно обосновать превалированием анатомических линейных параметров мужского черепа [23].

Заключение.

Таким образом, полученные данные дополняют научные знания о возрастных анатомических особенностях ствола мозга, что позволит их использовать при оценке его объема у пациентов пожилого и старческого возраста.

Литература

1. Garbade, S. F. Age-Related Changes and Reference Values of Bicaudate Ratio and Sagittal Brainstem Diameters on MRI / S. F. Garbade, N. Boy, J. Heringer [et al.] // *Neuropediatrics*. – 2018. – V. 49. – No. 4. – P. 269-275. doi: 10.1055/s-0038-1660475.
2. Горбунова, М. А. Старение человеческого организма: причины, профилактика, подходы к торможению старения / М. А. Горбунова // *Студенческий*. – 2019. – № 29-1(73). – С. 21-23. – EDN QBGEKN.
3. Баландин, А. А. Эффективность лечения пациентов пожилого возраста с черепно-мозговой травмой, осложненной субдуральной гематомой / А. А. Баландин, И. А. Баландина, М. К. Панкратов // *Успехи геронтологии*. – 2021. – Т. 34. – № 3. – С. 461-465. doi: 10.34922/AE.2021.34.3.017.
4. Бессонов, И. С. Результаты чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST в различных возрастных группах / И. С. Бессонов, В. А. Кузнецов, Е. А. Горбатенко [и др.] // *Сибирский научный медицинский журнал*. – 2021. Т. 41. – № 2. – С. 56-65. doi: 10.18699/SSMJ20210208.
5. Букатов, В. В. Особенности ремоделирования миокарда у пациентов различных возрастных групп через 6 месяцев после перенесенного инфаркта миокарда / В. В. Букатов, О. А. Осипова // *Человек и его здоровье*. – 2021. – Т. 24. № 4. – С. 34-43 doi: 10.21626/vestnik/2021-4/05.
6. Баландин, А.А. Возрастные изменения в нижней полулунной дольке мозжечка у мужчин / А. А. Баландин, Л. М. Железнов, И. А. Баландина // *Наука молодых (Eruditio Juvenium)*. – 2020. – Т. 8. – № 3. – С. 337-344. doi: 10.23888/HMJ20208337-344.

7. Jean-Xavier, C. Influence of Brain Stem on Axial and Hindlimb Spinal Locomotor Rhythm Generating Circuits of the Neonatal Mouse / C. Jean-Xavier, M. C. Perreault // *Front Neurosci.* – 2018. – V. 12. – P. 53. doi: 10.3389/fnins.2018.00053.
8. Littlejohn, E. L. Sex-steroid-dependent plasticity of brain-stem autonomic circuits / S. Fedorchak, C. R. Boychuk // *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol.* – 2020. – V. 319. No. 1. – P. R60-R68. doi: 10.1152/ajpregu.00357.2019
9. Редякина, О. В. Морфометрическая характеристика ствола мозга у людей зрелого возраста / О. В. Редякина // *Морфология.* – 2016. – Т. 10. – № 3. – С. 248-253. doi: 10.26641/1997-9665.2016.3.248-253.
10. Баландин, А. А. Сравнительная морфологическая характеристика ствола головного мозга человека в первом периоде зрелого и старческого возрастов / А. А. Баландин, И. А. Баландина, Г. С. Юрушбаева // *Вестник Волгоградского государственного медицинского университета.* – 2022. – Т. 19. – № 1. – С. 28-32. – DOI 10.19163/1994-9480-2022-19-1-28-32. – EDN RJXBCX.
11. Polat, S. Ö. The morphometric measurement of the brain stem in Turkish healthy subjects according to age and sex / S. Ö Polat, F. Y Öksüzler, M. Öksüzler, A. H. Yücel // *Folia Morphol (Warsz).* – 2020. – V. 79. – No. 1. – P. 36-45. doi: 10.5603/FM.a2019.0085.
12. Пальцын, А. А. Возрастные изменения мозга / А. А. Пальцын, С. В. Комиссарова // *Патологическая физиология и экспериментальная терапия.* – 2015. – Т. 59. – № 4. – С. 108-116. <https://pfiet.ru/article/view/780>.
13. López-Otín, C. The hallmarks of aging / C. López-Otín, M.A. Blasco, L. Partridge [et al.] // *Cell.* – 2013. – V. 153. – No. 6. – P.1194-217. doi: 10.1016/j.cell.2013.05.039.
14. Yu, G. Proteostasis-associated aging: lessons from a Drosophila model. / G. Yu, S. Hyun // *Genes & genomics.* – 2021. – V 43. – No. 1. – P. 1-9. doi: 10.1007/s13258-020-01012-9.
15. Jorgensen, C. Hormonal Regulation of Mammalian Adult Neurogenesis: A Multifaceted Mechanism / C. Jorgensen, Z. Wang // *Biomolecules.* – 2020. – V.10. – No. 8. – P. 1151 doi: 10.3390/biom10081151.
16. Баландин, А. А. Сравнительная иммуногистохимическая характеристика глиоархитектоники таламуса человека молодого и старческого возраста / А. А. Баландин, Л. М. Железнов, И. А. Баландина // *Журнал анатомии и гистопатологии.* – 2021. – Т. 10. – № 4. – С. 14-18. – DOI 10.18499/2225-7357-2021-10-4-14-18. – EDN UDXPAC.
17. Liu, B. Neuroprotective Potential of Astroglia / B. Liu, A. G. Teschemacher, S. Kasparov // *Journal of Neuroscience Research.* – 2017. – V. 95. – No. 11. – P. 2126-2139. doi:10.1002/jnr.24140.
18. Баландина И.А. Сравнительная органомерическая характеристика мозжечка у мужчин и женщин молодого и старческого возраста / И.А. Баландина, Л.М. Железнов, А.А. Баландин, П.В. Косарева, Д.В. Бородулин, Д.Г. Амарантов // *Успехи геронтологии.* – 2016. – Т. 29. – № 4. – С. 676-680.
19. Kemal Niyazi Arda, Sinan Akay. The Relationship between Corpus Callosum Morphometric Measurements and Age/Gender Characteristics: A Comprehensive MR Imaging Study / N. A. Kemal, A. Sinan // *J Clin Imaging Sci.* – 2019. – V.9 – P. 33. doi:10.25259/JCIS-13-2019
20. Ke Liu. Structural Brain Network Changes across the Adult Lifespan / L. Ke, Y. Shixiu, C. Kewei, Z. Jiakai, Y. Li, L. Ke, J. Zhen, G. Xiaojuan // *Front Aging Neurosci.* – 2017. – V.9 – P. 275. doi: 10.3389/fnagi.2017.00275
21. Rachael I Scahill. A longitudinal study of brain volume changes in normal aging using serial registered magnetic resonance imaging / Rachael I Scahill, Chris Frost, Rhian Jenkins, Jennifer L Whitwell, Martin N Rossor, Nick C Fox // *JAMA Neurology* – 2003. – V.60. – № 7. – С.989-94. doi: 10.1001/archneur.60.7.989
22. Patra A. Morphometric analysis of the corpus callosum using cadaveric brain: an anatomical study / A. Patra, R.K. Singla, P. Chaudhary, V. Malhotra // *Asian J. Neurosurg.* – 2020. – V.15. – № 2 – P. 322–327. doi: 10.4103/ajns.AJNS_328_19
23. Бирюков, А. Н. Возрастно-половые аспекты МРТ-каллозомерии / А. Н. Бирюков, Ю. И. Медведева, П. Д. Хазов // *Вестник Санкт-Петербургской медицинской академии последипломного образования.* – 2011. – Т. 3. – № 4. – С. 59-63. – EDN OXMLNV.

References

1. Garbade, S. F. Age-Related Changes and Reference Values of Bicaudate Ratio and Sagittal Brainstem Diameters on MRI / S. F. Garbade, N. Boy, J. Heringer [et al.] // *Neuropediatrics*. – 2018. – V. 49. – No. 4. – P. 269-275. doi: 10.1055/s-0038-1660475.
2. Gorbunova, M. A. Starenie chelovecheskogo organizma: prichiny, profilaktika, podhody k tormozheniyu stareniya / M. A. Gorbunova // *Studencheskij*. – 2019. – № 29-1(73). – S. 21-23. – EDN QBGEKN.
3. Balandin, A. A. Effektivnost' lecheniya pacientov pozhilogo vozrasta s cherepno-mozgovoju travmoju, oslozhennoj subdural'noj gematomoj / A. A. Balandin, I. A. Balandina, M. K. Pankratov // *Uspekhi gerontologii*. – 2021. – T. 34. – № 3. – S. 461-465. doi: 10.34922/AE.2021.34.3.017.
4. Bessonov, I. S. Rezul'taty chreskoznyh koronarnyh vmeshatel'stv u pacientov s ostrym infarktom miokarda s pod'emom segmenta ST v razlichnyh vozrastnyh gruppah / I. S. Bessonov, V. A. Kuznecov, E. A. Gorbatenko [i dr.] // *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal*. – 2021. T. 41. – № 2. – S. 56-65. doi: 10.18699/SSMJ20210208.
5. Bukatov, V. V. Osobennosti remodelirovaniya miokarda u pacientov razlichnyh vozrastnyh grupp cherez 6 mesyacev posle perenesennogo infarkta miokarda / V. V. Bukatov, O. A. Osipova // *Chelovek i ego zdorov'e*. – 2021. – T. 24. № 4. – S. 34-43 doi: 10.21626/vestnik/2021-4/05.
6. Balandin, A.A. Vozrastnye izmeneniya v nizhnej polulunnoj dol'ke mozzhechka u muzhchin / A. A. Balandin, L. M. ZHeleznov, I. A. Balandina // *Nauka molodyh (Eruditio Juvenium)*. – 2020. – T. 8. – № 3. – S. 337-344. doi: 10.23888/HMJ20208337-344.
7. Jean-Xavier, C. Influence of Brain Stem on Axial and Hindlimb Spinal Locomotor Rhythm Generating Circuits of the Neonatal Mouse / C. Jean-Xavier, M. C. Perreault // *Front Neurosci*. – 2018. – V. 12. – P. 53. doi: 10.3389/fnins.2018.00053.
8. Littlejohn, E. L. Sex-steroid-dependent plasticity of brain-stem autonomic circuits / S. Fedorchak, C. R. Boychuk // *Am J Physiol Regul Integr Comp Physiol*. – 2020. – V. 319. No. 1. – P. R60-R68. doi: 10.1152/ajpregu.00357.2019
9. Redyakina, O. V. Morfometricheskaya karakteristika stvola mozga u lyudej zrelogo vozrasta / O. V. Redyakina // *Morfologiya*. – 2016. – T. 10. – № 3. – S. 248-253. doi: 10.26641/1997-9665.2016.3.248-253.
10. Balandin, A. A. Sravnitel'naya morfologicheskaya karakteristika stvola golovnogogo mozga cheloveka v pervom periode zrelogo i starcheskogo vozrastov / A. A. Balandin, I. A. Balandina, G. S. YUrushbaeva // *Vestnik Volgogradskogo gosudarstvennogo medicinskogo universiteta*. – 2022. – T. 19. – № 1. – S. 28-32. – DOI 10.19163/1994-9480-2022-19-1-28-32. – EDN RJXBCX.
11. Polat, S. Ö. The morphometric measurement of the brain stem in Turkish healthy subjects according to age and sex / S. Ö Polat, F. Y Öksüzler, M. Öksüzler, A. H. Yücel // *Folia Morphol (Warsz)*. – 2020. – V. 79. – No. 1. – P. 36-45. doi: 10.5603/FM.a2019.0085.
12. Pal'cyn, A. A. Vozrastnye izmeneniya mozga / A. A. Pal'cyn, S. V. Komissarova // *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya*. – 2015. – T. 59. – № 4. – S. 108-116. <https://pfiet.ru/article/view/780>.
13. López-Otín, C. The hallmarks of aging / C. López-Otín, M.A. Blasco, L. Partridge [et al.] // *Cell*. – 2013. –V. 153. – No. 6. – P.1194-217. doi: 10.1016/j.cell.2013.05.039.
14. Yu, G. Proteostasis-associated aging: lessons from a Drosophila model. / G. Yu, S. Hyun // *Genes & genomics*. – 2021. – V 43. – No. 1. – P. 1-9. doi: 10.1007/s13258-020-01012-9.
15. Jorgensen, C. Hormonal Regulation of Mammalian Adult Neurogenesis: A Multifaceted Mechanism / C. Jorgensen, Z. Wang // *Biomolecules*. – 2020. – V.10. – No. 8. – P. 1151 doi: 10.3390/biom10081151.
16. Balandin, A. A. Sravnitel'naya immunogistohimicheskaya karakteristika glioarhitektoniki talamusa cheloveka molodogo i starcheskogo vozrasta / A. A. Balandin, L. M. ZHeleznov, I. A. Balandina // *ZHurnal anatomii i gistopatologii*. – 2021. – T. 10. – № 4. – S. 14-18. – DOI 10.18499/2225-7357-2021-10-4-14-18. – EDN UDXPAC.
17. Liu, B. Neuroprotective Potential of Astroglia / B. Liu, A. G. Teschemacher, S. Kasparov // *Journal of Neuroscience Research*. – 2017. – V. 95. – No. 11. – P. 2126-2139. doi:10.1002/jnr.24140.

18. Balandina I.A. Cravnitel'naya organometricheskaya karakteristika mozzhechka u muzhchin i zhenshchin molodogo i starcheskogo vozrasta / I.A. Balandina, L.M. Zheleznov, A.A. Balandin, P.V. Kosareva, D.V. Borodulin, D.G. Amarantov // *Uspekhi gerontologii*. – 2016. – Т. 29. – № 4. – С. 676-680.
19. Kemal Niyazi Arda, Sinan Akay. The Relationship between Corpus Callosum Morphometric Measurements and Age/Gender Characteristics: A Comprehensive MR Imaging Study / N. A. Kemal, A. Sinan // *J Clin Imaging Sci*. – 2019. – V.9 – P. 33. doi:10.25259/JCIS-13-2019
20. Ke Liu. Structural Brain Network Changes across the Adult Lifespan / L. Ke, Y. Shixiu, C. Kewei, Z. Jiakai, Y. Li, L. Ke, J. Zhen, G. Xiaojuan // *Front Aging Neurosci*. – 2017. – V.9 – P. 275. doi: 10.3389/fnagi.2017.00275
21. Rachael I Scahill. A longitudinal study of brain volume changes in normal aging using serial registered magnetic resonance imaging / Rachael I Scahill, Chris Frost, Rhian Jenkins, Jennifer L Whitwell, Martin N Rossor, Nick C Fox // *JAMA Neurology* – 2003. – V.60. – № 7. – С.989-94. doi: 10.1001/archneur.60.7.989
22. Patra A. Morphometric analysis of the corpus callosum using cadaveric brain: an anatomical study / A. Patra, R.K. Singla, P. Chaudhary, V. Malhotra // *Asian J. Neurosurg*. – 2020. – V.15. – № 2 – P. 322–327. doi: 10.4103/ajns.AJNS_328_19
23. Biryukov, A. N. Vozrastno-polovye aspekty MRT-kalozometrii / A. N. Biryukov, YU. I. Medvedeva, P. D. Hazov // *Vestnik Sankt-Peterburgskoj medicinskoj akademii posle diplomnogo obrazovaniya*. – 2011. – Т. 3. – № 4. – С. 59-63. – EDN OXMLNV.