

Научная статья

УДК 611.811.019

doi: 10.19163/1994-9480-2022-19-1-28-32

## СРАВНИТЕЛЬНАЯ МОРФОЛОГИЧЕСКАЯ ХАРАКТЕРИСТИКА СТВОЛА ГОЛОВНОГО МОЗГА ЧЕЛОВЕКА В ПЕРВОМ ПЕРИОДЕ ЗРЕЛОГО И СТАРЧЕСКОГО ВОЗРАСТОВ

*Анатолий Александрович Баландин<sup>1</sup>, Ирина Анатольевна Баландина<sup>2</sup>,  
Гузель Салаватовна Юрушбаева<sup>3</sup>*

<sup>1,2,3</sup> Пермский государственный медицинский университет имени академика Е.А. Вагнера, Пермь, Россия

<sup>1</sup> balandinnauka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3152-8380>

<sup>2</sup> balandina\_ia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4856-9066>

<sup>3</sup> guzel.yurushbaeva@mail.ru

**Автор, ответственный за переписку:** Анатолий Александрович Баландин, balandinnauka@mail.ru

**Резюме.** Знания о закономерностях старения мозга, в частности его ствола, необходимы для понимания возрастных компенсаторных ресурсов нервной ткани организма. Цель: определить объем ствола мозга человека в первом периоде зрелого возраста и в старческом возрасте с помощью магнитно-резонансной томографии (МРТ) и сравнить эти показатели в возрастном аспекте. Материал и методы: проведен анализ результатов морфометрического исследования ствола мозга 94 человек (48 мужчин и 46 женщин) с помощью МРТ, проходивших исследование головного мозга в отделении лучевой диагностики в период 2019–2021 годы. Критерии включения обследуемых лиц в исследование: первый период зрелого возраста или старческий возраст обследуемого; краниотип – мезокраны; анамнез без заболеваний и травм органов как центральной, так и периферической нервной системы, исключение наркотической и алкогольной зависимости; отсутствие признаков патологии отделов мозга, выявляемых во время исследования. Результаты. В ходе МРТ ствола головного мозга установлено статистически достоверное снижение показателей его объема как у мужчин, так и у женщин к старческому возрасту ( $p < 0,01$ ). Выявлена тенденция к преобладанию показателей объема ствола головного мозга у мужчин как в первом периоде, так и старческом возрасте в сравнении с женщинами без статистически достоверного различия ( $p > 0,05$ ). Полученные результаты послужат основой для понимания возрастных анатомических изменений ствола головного мозга и позволят проводить более точную диагностику пациентов в условиях персонализированной медицины.

**Ключевые слова:** ствол мозга, магнитно-резонансная томография, старческий возраст, морфометрия

Original article

## COMPARATIVE MORPHOLOGICAL CHARACTERIZATION OF THE HUMAN BRAINSTEM IN THE FIRST PERIOD OF MATURE AND OLD AGE

*Anatoly A. Balandin<sup>1</sup>, Irina A. Balandina<sup>2</sup>, Guzel S. Yurushbaeva<sup>3</sup>*

<sup>1,2,3</sup> Perm State Medical University named after Academician E.A. Wagner, Perm, Russia

<sup>1</sup> balandinnauka@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-3152-8380>

<sup>2</sup> balandina\_ia@mail.ru, <https://orcid.org/0000-0002-4856-9066>

<sup>3</sup> guzel.yurushbaeva@mail.ru

**Corresponding author:** Anatoly A. Balandin, balandinnauka@mail.ru

© Баландин А.А., Баландина И.А., Юрушбаева Г.С., 2022

**Resume.** The knowledge of brain aging patterns, in particular its trunk, is necessary for understanding age-related compensatory resources of the body's nervous tissue. Objective: to determine the human brain stem volume in the first period of mature age and in old age using magnetic resonance imaging (MRI) and to compare these parameters in age-related aspect. Material and methods: we analyzed the results of brainstem morphometric study of 94 people (48 men and 46 women) using MRI, who underwent brain examination in the Department of Radiation Diagnostics in the period 2019–2021. Criteria for inclusion of subjects in the study: the first period of mature age or old age of the subject; craniotype – mesocranial; history without diseases and injuries of both central and peripheral nervous system organs, exclusion of drug and alcohol addiction; absence of signs of pathology of brain departments detected during the study. Results: MRI of the brain stem revealed a statistically significant decrease of its volume indices both in men and in women by senile age ( $p < 0,01$ ). There was revealed a tendency for predominance of brain stem volume indices in men both in the first period and old age in comparison with women without statistically reliable difference ( $p > 0,05$ ). The obtained results will serve as a basis for understanding age-related anatomical changes of the brain stem and allow more accurate diagnostics of patients in the conditions of personalized medicine.

**Keywords:** brainstem, magnetic resonance imaging, old age, morphometry

В последние годы все клинические специальности развиваются как науки возрастные, требующие необходимости строго учета анатомо-физиологических особенностей возраста [1]. Неподдельный интерес для ученых и врачей разных сфер деятельности представляют знания о закономерностях старения мозга, в частности его ствола. Эти знания необходимы для понимания возрастных компенсаторных ресурсов нервной ткани организма [2].

Наиболее перспективный метод диагностики, позволяющий получить точное прижизненное изображение ствола головного мозга, – магнитно-резонансная томография (МРТ). В большинстве литературных источников, посвященных изучению анатомии структур головного мозга при помощи МРТ, отсутствуют конкретные данные о параметрах его ствола [3, 4].

В ранее проведенных зарубежных исследованиях с помощью МРТ выявлено, что средний объем ствола головного мозга у здоровых взрослых составляет около 34 мл, а средние диаметры его отделов варьируются от 18 мм в среднем мозге до 30 мм в области моста мозга и до 14 мм в продолговатом мозге [5, 6].

В научной литературе имеются работы по морфометрии ствола головного мозга при различных патологиях, таких как атрофия структур ствола мозга и пострениционная энцефалопатия [7, 8]. Однако работ, посвященных процессам старения нервной ткани, влияющим на морфологические изменения ствола мозга в разных возрастных группах, не наблюдается. Актуальность проблемы подчеркивается ещё и тем, что морфометрические показатели ствола головного мозга в разных возрастных периодах позволяют прижизненно проанализировать динамику структурных возрастных преобразований, объективно оценить выраженность изменений ткани в постнатальном онтогенезе человека [1].

Кроме того, на основе пониманий об анатомической изменчивости ствола головного мозга человека в дальнейшем возможны разработки оперативных

доступов и приёмов, совершенствование техник диагностических манипуляций при обследовании и лечении больных [9].

### ЦЕЛЬ ИССЛЕДОВАНИЯ

Определить объем ствола мозга человека в первом периоде зрелого возраста и в старческом возрасте с помощью МРТ и сравнить эти показатели в возрастном аспекте.

### МЕТОДИКА ИССЛЕДОВАНИЯ

В основу работы положен анализ результатов магнитно-резонансно-томографического исследования, проведенного среди 94 человек обоего пола (48 мужчин и 46 женщин), которые прошли обследование в отделении лучевой диагностики ГАУЗ Пермского края «Городская клиническая больница № 4». Возраст обследуемых варьировал от 21 до 88 лет включительно. Исследования выполнены с разрешения локального этического комитета Пермского государственного медицинского университета имени академ. Е. А. Вагнера (№ 10 от 27.11.2019 г.). В выборку исследования вошли лица, соответствующие следующим критериям: первый период зрелого возраста или старческий возраст обследуемого; краниотип – мезокраны; анамнез без заболеваний и травм органов как центральной, так и периферической нервной системы, исключение наркотической и алкогольной зависимости; отсутствие признаков патологии отделов мозга, выявляемых во время исследования. От пациентов получено согласие на выполнение магнитно-резонансно-томографического исследования, проводимого исключительно по показаниям.

Магнитно-резонансно-томографическое исследование выполняли на аппарате 1,5T Brivo-335 (General Electric Healthcare, США). Сканирование проводили нативно, толщина среза составила 5 мм. В последующем проводили постпроцессорную реконструкцию в режиме T2, используя фильтры резкости (рис.).

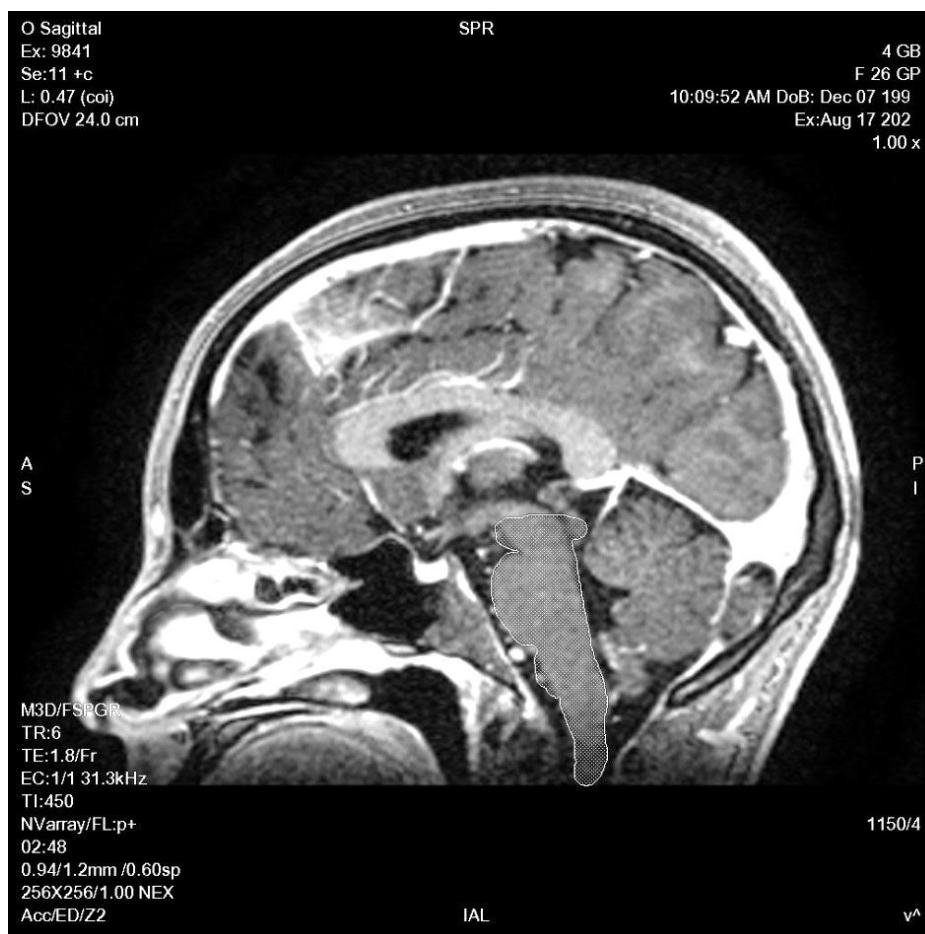


Рис. Измерение объёма ствола мозга, сагиттальная проекция

Были составлены две группы в зависимости от возраста обследуемых. В I группу вошли 50 человек первого периода зрелого возраста, 25 мужчин группу включены 44 человека старческого возраста, 23 мужчины и 21 женщина (от 75 до 88 лет включительно). Определяли объем ствола головного мозга.

Полученные результаты статистически обрабатывали, применяя систему программного обеспечения STATISTICA v.6.0. Их представили как значения средней арифметической величины (M), относительной ошибки (m), максимального, минимального значений, вариационного коэффициента и медианы.

Достоверность различий средних значений оценивали с использованием параметрического t-критерия Стьюдента. При проверке статистических гипотез критическим уровнем значимости считали соответствующий 0,05, рассчитывали доверительный интервал,  $p < 0,01$ , который свидетельствовал о различиях между относительными частотами значений определяемого признака.

## РЕЗУЛЬТАТЫ ИССЛЕДОВАНИЯ И ИХ ОБСУЖДЕНИЕ

Результаты исследования отражены в табл. 1.

Таблица 1

Показатели объема ствола мозга в первом периоде зрелого возраста и в старческом возрасте ( $n = 94$ ), см<sup>3</sup>

Возрастной период	Пол	M ± m	Max	Min	σ	Cv	Me
Первый период зрелого возраста (n = 50)	м	24,80 ± 0,07	25,4	24,3	0,32	0,00	24,8
	ж	24,70 ± 0,08	25,2	24,3	0,28	0,00	24,8
Старческий возраст (n = 44)	м	24,10 ± 0,08	24,7	23,5	0,37	0,01	24,2
	ж	24,05 ± 0,09	24,7	23,4	0,40	0,01	24,0

Средний показатель ствола мозга в первом периоде зрелого возраста у мужчин составляет  $(24,80 \pm 0,07)$  см<sup>3</sup>, у женщин –  $(24,70 \pm 0,08)$  см<sup>3</sup>. В старческом возрасте этот показатель у мужчин равен  $(24,10 \pm 0,08)$  см<sup>3</sup>, у женщин –  $(24,05 \pm 0,09)$  см<sup>3</sup>.

Максимальный показатель объема ствола мозга, равный 25,4 см<sup>3</sup>, выявлен у мужчины первого периода зрелого возраста (27 лет).

Минимальный показатель объема ствола мозга, составляющий 23,4 см<sup>3</sup>, выявлен у женщины старческого возраста (75 лет).

Выявлена тенденция к преобладанию показателей объема ствола головного мозга у мужчин как в первом периоде, так и старческом возрасте в сравнении с женщинами без статистически достоверного различия ( $p > 0,05$ ). Мы полагаем, что данная тенденция связана с преобладанием размеров черепа у мужчин [1].

При анализе результатов выявили статистически достоверное снижение показателей объема ствола мозга, как у мужчин, так и у женщин к старческому возрасту ( $p < 0,01$ ) (табл. 2).

Таблица 2

Сравнительная характеристика объема ствола мозга в первом периоде зрелого возраста и в старческом возрасте ( $n = 94$ )

Пол	Первый период зрелого возраста М ± m	Старческий возраст М ± m	t (p)
М	24,80 ± 0,07	24,10 ± 0,08	5,26 (p < 0,01)
Ж	24,70 ± 0,08	24,05 ± 0,09	5,40 (p < 0,01)

Мы считаем, что данный факт возможно объяснить базовыми механизмами старения, которые запрограммированы генами. Это – замедление скорости нормальной репликации клеток и ускоренный апоптоз нейронов, что приводит к уменьшению анатомических параметров органа [10, 11].

Были проведены исследования, в ходе которых выделен отдельный механизм потери организмом тканей с течением времени – это окислительный стресс, приводящий к клеточному повреждению на молекулярном уровне [12]. В исследованиях последних лет учеными обращено внимание на то, что наряду с молекулярными механизмами поддержания гомеостаза внутри нейронов, важным фактором «извне» является состояние сосудистого русла. Возрастная дисфункция сосудов мозга приводит к ишемии ткани, которая, в свою очередь, «обрушивает ионный каскад», вызывая апоптоз клеток [13].

### ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Результаты МРТ ствола головного мозга характеризуются статистически достоверным снижением показателей его объема как у мужчин, так и у женщин к старческому возрасту ( $p < 0,01$ ).

Выявлена тенденция к преобладанию показателей объема ствола головного мозга у мужчин как в первом периоде, так и в старческом возрасте в сравнении с женщинами без статистически достоверного различия ( $p > 0,05$ ).

Полученные результаты послужат основой для понимания возрастных анатомических изменений ствола головного мозга и позволят проводить более точную диагностику пациентов в условиях персонализированной медицины.

### СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Байбаков С.Е., Гайворонский И.В., Гайворонский А.И. Сравнительная характеристика морфометрических параметров головного мозга у взрослого человека в период зрелого возраста (по данным магнитно-резонансной томографии) // Вестник Санкт-Петербургского университета. Медицина. 2009. № 1. С. 111–117.
2. Patterns of age-related shrinkage in cerebellum and brainstem observed in vivo using three-dimensional MRI volumetry / A.R. Luft, M. Skalej, J.B. Schulz [et al.] // Cereb Cortex. 1999. Vol. 9. P. 712–721.
3. Разумникова О.М. Закономерности старения мозга и способы активации его компенсаторных ресурсов // Успехи физиологических наук. 2015. № 2 (46). С. 3–16.
4. The normal brain stem from infancy to old age. A morphometric MRI study / R. Raininko, T. Autti, S.L. Vanhanen [et al.] // Neuroradiology. 1994. Vol. 36. P. 364–368.
5. Measuring biological aging in humans: A quest / L. Ferrucci, M. Gonzalez-Freire, E. Fabbri [et al.] // Aging Cell. 2020. Vol. 19 (2). e13080. doi: 10.1111/ace1.13080
6. Zimmerman B., Rypma B., Gratton G., Fabiani M. Age-related changes in cerebrovascular health and their effects on neural function and cognition: A comprehensive review // Psychophysiology. 2021. Vol. 58 (7). e13796. doi: 10.1111/psyp.13796
7. Магнитно-резонансная морфометрия головного мозга при различных вариантах мультисистемной атрофии / Э.В. Исхакова, А.Г. Труфанов, А. А. Юрин [и др.] // Лучевая диагностика и терапия. 2020. № 1 (11). С. 33–37. doi: 10.22328/2079-5343-2020-11-1-33-37.
8. Калмыкова А.С., Финота Е.А., Булахова И.Н. Возможности нейровизуализационных методов в оценке морфометрических стандартов структур головного мозга у детей старшего школьного возраста // Современные проблемы науки и образования. 2021. № 3. С. 121. doi: 10.17513/spno.30798.
9. Редякина О.В. Морфометрическая характеристика ствола мозга у людей зрелого возраста // Морфология. 2016. № 3 (10). С. 248–253. doi: 10.26641/1997-9665.2016.3.248-253

10. Lilach S., Jamie R., Eyal S. Major Shifts in Glial Regional Identity Are a Transcriptional Hallmark of Human Brain Aging // *Cell Reports*. 2017. Vol. 18 (2). P. 557–570. doi: 10.1016/j.celrep.2016.12.011

11. Bee Ling Tan, Mohd Esa Norhaizan, Winnie-Pui-Pui Liew, Heshu Sulaiman Rahman. Antioxidant and Oxidative Stress: A Mutual Interplay in Age-Related Diseases // *Front Pharmacol*. 2018. Vol. 9. P. 1162. doi: 10.3389/fphar.2018.01162

12. Тертышный С.И., Туманский В.А., Евсеев А.В. Морфологические изменения в стволе мозга и мозжечке при пост-реанимационной энцефалопатии // *Патология*. 2011. № 3 (8). С. 082–084.

13. Малыгина О.Я. Анатомометрическая характеристика и топография глубоких структур головного мозга в норме и при его объемных поражениях по данным магнитно-резонансной томографии: специальность 14.03.01 «Анатомия человека», 14.01.13 «Лучевая диагностика, лучевая терапия»: автореф. дис. ... канд. мед. наук. Оренбург. 2013. С. 22.

#### REFERENCES

1. Baibakov S.E., Gaivoronsky I.V., Gaivoronsky A.I. Comparative characteristics of the morphometric parameters of the brain in an adult in the period of adulthood (according to magnetic resonance imaging). *Vestnik Sankt-Peterburgskogo universiteta. Medicina = Bulletin of St. Petersburg University. The medicine*. 2009;1:111–117. (In Russ.).

2. Luft A.R., Skalej M., Schulz J.B. et al. Patterns of age-related shrinkage in cerebellum and brainstem observed in vivo using three-dimensional MRI volumetry. *Cereb Cortex*. 1999;9:712–721.

3. Razumnikova O.M. Patterns of brain aging and ways to activate its compensatory resources. *Uspekhi fiziologicheskikh nauk = Advances in the physiological sciences*. 2015;2(46):3–16. (In Russ.).

4. Raininko R., Autti T., Vanhanen S.L. et al. The normal brain stem from infancy to old age. A morphometric MRI study. *Neuroradiology*. 1994;36:364–368.

5. Ferrucci L., Gonzalez-Freire M., Fabbri E. et al. Measuring biological aging in humans: A quest. *Aging Cell*. 2020;19(2):e13080. doi: 10.1111/acel.13080

6. Zimmerman B., Rypma B., Gratton G., Fabiani M. Age-related changes in cerebrovascular health and their effects on neural function and cognition: A comprehensive review. *Psychophysiology*. 2021;58(7):e13796. doi: 10.1111/psyp.13796.

7. Iskhakova E.V., Trufanov A.G., Yurin A.A. et al. Magnetic resonance morphometry of the brain in various variants of multisystem atrophy. *Lučevaya diagnostika i terapiya = Radiation diagnostics and therapy*. 2020;1(11):33–37. doi: 10.22328/2079-5343-2020-11-1-33-37. (In Russ.).

8. Kalmykova A.S., Finota E.A., Bulakhova I.N. Possibilities of neuroimaging methods in assessing the morphometric standards of brain structures in children of senior school age. *Sovremennye problemy nauki i obrazovaniya = Modern problems of science and education*. 2021;3:121. doi: 10.17513/spno.30798. (In Russ.).

9. Redyakina O.V. Morphometric characteristics of the brain stem in people of mature age. *Morfologiya = Morphology*. 2016;3(10):248–253. doi: 10.26641/1997-9665.2016.3.248-253. (In Russ.).

10. Lilach S., Jamie R., Eyal S. Major Shifts in Glial Regional Identity Are a Transcriptional Hallmark of Human Brain Aging. *Cell Reports*. 2017;18(2):557–570. doi: 10.1016/j.celrep.2016.12.011

11. Bee Ling Tan, Mohd Esa Norhaizan, Winnie-Pui-Pui Liew, Heshu Sulaiman Rahman. Antioxidant and Oxidative Stress: A Mutual Interplay in Age-Related Diseases. *Front Pharmacol*. 2018;9:1162. doi: 10.3389/fphar.2018.01162.

12. Tertyshny S.I., Tumansky V.A., Evseev A.V. Morphological changes in the brainstem and cerebellum in post-resuscitation encephalopathy. *Patologiya = Pathology*. 2011; 3(8):082–084. (In Russ.).

13. Malygina O.Ya. Anatomical characteristics and topography of the deep structures of the brain in the norm and with its volumetric lesions according to magnetic resonance imaging: specialty 14.03.01 "Human Anatomy", 14.01.13 "Radiodiagnosis, radiation therapy": abstract of the dissertation ... candidate of medical sciences. Orenburg; 2013. 22 p. (In Russ.).

**Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.**

#### Информация об авторах

**А.А. Баландин** – кандидат медицинских наук, доцент кафедры нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии, Пермский государственный медицинский университет имени Е.А. Вагнера, Пермь, Россия;

**И.А. Баландина** – доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии, Пермский государственный медицинский университет имени Е.А. Вагнера, Пермь, Россия;

**Г.С. Юрушбаева** – методист кафедры нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии, Пермский государственный медицинский университет имени Е.А. Вагнера, Пермь, Россия.

Статья поступила в редакцию 29.11.2021; одобрена после рецензирования 10.01.2022; принята к публикации 04.03.2022.

**The authors declare no conflicts of interests.**

#### Information about the authors

**A.A. Balandin** – Candidate of Medical Sciences, Associate Professor of the Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery, E.A. Wagner Perm State Medical University, Perm, Russia;

**I.A. Balandina** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery, E.A. Wagner Perm State Medical University, Perm, Russia;

**G.S. Yurushbaeva** – Methodologist of the Department of Normal, Topographic and Clinical Anatomy, Operative Surgery, E.A. Wagner Perm State Medical University, Perm, Russia.

The article was submitted 29.11.2021; approved after reviewing 10.01.2022; accepted for publication 04.03.2022