

Сравнительный анализ структурной организации коры мозжечка человека в верхней и нижней полулунных долях в возрастном аспекте

А.А. Баландин

Пермский государственный медицинский университет им. академика Е.А. Вагнера Минздрава России
414099, г. Пермь, ул. Петропавловская, 26

Резюме

Мозжечок – это не просто «координационный узел», а филогенетически наиболее древняя многокомпонентная, сложноустроенная система. Цель исследования – провести сравнительный анализ структурной организации коры мозжечка в верхней и нижней полулунных долях в возрастном аспекте. **Материал и методы.** Выполнен анализ данных секционного исследования мозжечка 196 мужчин и 180 женщин, которых разделили на две группы. В первой группе была изучена структурная организация коры мозжечка в области верхней полулунной доли, во второй – в области нижней полулунной доли. В первую группу включили 179 человек (93 мужчины и 86 женщин) в возрасте от 21 года до 88 лет, умерших в период 2016–2018 гг., во вторую – 197 человек (103 мужчины и 94 женщины) в возрасте от 22 до 88 лет, умерших в период 2019–2022 гг. Аутопсийный материал забирали из верхней и нижней полулунных долей в обоих полушариях мозжечка, фиксировали по стандартной методике и определяли толщину коры. **Результаты.** Толщина коры в обеих полулунных долях обоих полушарий мозжечка и у мужчин, и у женщин к старческому возрасту статистически значимо уменьшалась. Так, к старческому возрасту у мужчин кора истончилась на 19,5 и 22,5 % в верхней полулунной доле правого и левого полушария соответственно, у женщин – на 20,4 и 21,9 % соответственно. В нижней полулунной доле соответствующее уменьшение толщины коры у мужчин составило 21,5 и 21,9 %, у женщин – 23,7 и 21,9 %. Установлена прямая зависимость между толщиной коры верхней и нижней полулунных долей как в правом ($p = 0,887$, $p < 0,01$), так и в левом полушарии ($p = 0,792$, $p < 0,01$). **Заключение.** Результаты исследования могут стать отправными точками для понимания процессов возрастной нейродегенерации и явиться научной базой для дальнейших морфофункциональных, фундаментальных и клинических исследований.

Ключевые слова: кора мозжечка, молекулярный слой, зернистый слой, клетки Пуркинье, старение.

Конфликт интересов: Автор заявляет об отсутствии конфликта интересов.

Автор для переписки: Баландин А.А., e-mail: balandinnauka@mail.ru

Для цитирования: Баландин А.А. Сравнительный анализ структурной организации коры мозжечка человека в верхней и нижней полулунных долях в возрастном аспекте. *Сибирский научный медицинский журнал*. 2023;43(4):70–77. doi: 10.18699/SSMJ20230407

Comparative analysis of the structural organization of the human cerebellar cortex in the upper and lower semilunar lobes in the age aspect

A.A. Balandin

Perm State Medical University named after academician E.A. Wagner of Minzdrav of Russia
614990, Perm, Petropavlovskaya st., 26

Abstract

The cerebellum is not just a “coordination node” but phylogenetically the most ancient, multicomponent, complex system. The aim of the study was to carry out a comparative analysis of the structural organization of the cerebellar cortex in the upper and lower semilunar lobes in the age aspect. **Material and methods.** The data of the sectional study of the cerebellum of 196 men and 180 women who were divided into two groups were analyzed. In the first group, the

structural organization of the cerebellar cortex in the area of the upper semilunar lobule and in the second group, in the area of the lower semilunar lobule was studied. The first group included 179 persons (93 men and 86 women) aged 21 to 88 years who died between 2016 and 2018; the second group included 197 persons (103 men and 94 women) aged 22 to 88 years who died between 2019 and 2022. Autopsy material was taken from the upper and lower semilunar lobes in both cerebellar hemispheres, was fixed according to the standard technique, and cortical thickness was determined.

Results. Cortical thickness in both upper and lower semilunar lobules of both cerebellar hemispheres in both men and women statistically significantly decreased by senile age. Thus, by senile age, males depleted their cortex by 19.5 and 22.5 % in the upper semilunar lobule of the right and left hemisphere, respectively, and females by 20.4 % and 21.9 %, respectively. In the inferior semilunar lobule the corresponding decrease in cortical thickness was 21.5 and 21.9 % in males and 23.7 and 21.9 % in females. A positive correlation between cortical thickness of the upper and lower semilunar lobes, both in the right and in the left hemisphere was established. **Conclusions.** The results of the study can become starting points for understanding the processes of age-related neurodegeneration and serve as a scientific basis for further morphofunctional, basic and clinical research.

Key words: cerebellar cortex, molecular layer, granular layer, Purkinje cells, aging.

Conflict of interest. The author declares no conflict of interest.

Correspondence author: Balandin A.A., e-mail: balandinnauka@mail.ru

Citation: Balandin A.A. Comparative analysis of the structural organization of the human cerebellar cortex in the upper and lower semilunar lobes in the age aspect. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2023;43(4):70–77. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20230407

Введение

Мозжечок является одним из важнейших органов, формирующих систему головного мозга. Это не просто «координационный узел», а филогенетически наиболее древняя многокомпонентная, сложноустроенная система. Топографически мозжечок расположен в задней черепной ямке и обладает невероятным по диапазону функционалом. Он обеспечивает устойчивость тела не только при выполнении локомоторных движений, но и в контроле отдельных некропных мышц, например, при мелкой моторике кисти. Мозжечок обладает огромным количеством как эфферентных, так и афферентных связей с другими структурами головного мозга и непосредственно участвует в выполнении множества функций, совсем не связанных с движением тела, таких как поддержание циркадного ритма и обеспечение должного тонуса сосудистой стенки скелетной мускулатуры. В дополнение к этому в исследованиях последних лет доказано функциональное участие мозжечка в правильности работы таких эволюционно поздно сформированных сферах головного мозга, как когнитивной и речевой [1–5].

Важность мозжечка для ученых можно оценить по количеству научных публикаций, посвященных изучению диагностики, лечения и реабилитации пациентов с поражением этого органа, так как клиническая палитра проявления его повреждений крайне широка [6–8]. Однако наряду с интенсивными исследованиями патологии мозжечка крайне мало внимания уделено изучению возрастных изменений его тканей. Ведь именно пациентам старческой возрастной группы присущи характерные сложности в быто-

вой жизнедеятельности, связанные с функциями, за которые ответственен мозжечок: шаткость при ходьбе, приводящая к падениям, когнитивные нарушения различной выраженности, трудности в социальной адаптации и некачественный сон [9–11]. Эти особенности невозможно игнорировать, так как их дополнительное негативное влияние на качество жизни усложняет врачам различных специальностей ведение пожилых пациентов, у которых и без того снижена эффективность реабилитации и лечения, что также отражено в специализированной литературе [12–14].

Именно все вышеперечисленные факторы сформировали предмет нашего научного интереса – кора мозжечка и ее структурные изменения в возрастном аспекте. Цель исследования – провести сравнительный анализ структурной организации коры мозжечка в верхней и нижней полулунных долях в возрастном аспекте.

Материал и методы

Проведен анализ данных секционного исследования мозжечка 376 умерших (196 мужчин и 180 женщин), которых разделили на две группы. В первой группе была изучена структурная организация коры мозжечка в области верхней полулунной доли, во второй – в области нижней полулунной доли. В первую группу включили 179 человек (93 мужчины и 86 женщин) в возрасте от 21 года до 88 лет, умерших в период 2016–2018 гг., во вторую – 197 человек (103 мужчины и 94 женщины) в возрасте от 22 до 88 лет, умерших в период 2019–2022 гг. Внутри каждой группы были сформированы четыре подгруппы согласно возрастной классификации Академии педа-

Таблица 1. Распределение исследуемых лиц по подгруппам согласно возрастным периодам, $n = 376$ **Table 1.** Distribution of investigated persons by subgroups according to age periods, $n = 376$

Возрастной период	Пол		Всего
	Мужчины	Женщины	
Первый период среднего возраста, n (%)	49 (13,1)	45 (11,9)	94 (25)
Второй период среднего возраста, n (%)	53 (14,1)	48 (12,8)	101 (26,9)
Пожилой возраст, n (%)	53 (14,1)	43 (11,4)	96 (25,5)
Старческий возраст, n (%)	41 (10,9)	44 (11,7)	85 (22,6)
Всего, n (%)	196 (52,1)	180 (47,9)	376 (100)

гогических наук СССР от 1965 г. Первую группу составили 49 мужчин и 45 женщин 23–32 лет (первого периода среднего возраста), вторую – 53 мужчины и 48 женщин 36–55 лет (второго периода среднего возраста), третью – 53 мужчины и 43 женщины в возрасте от 60 лет до 71 года (пожилого возраста), четвертую – 41 мужчина и 44 женщины 75–88 лет (старческого возраста). Распределение исследуемого материала представлено в табл. 1.

Исследования выполнены с разрешения локального этического комитета Пермского государственного медицинского университета имени академика Е.А. Вагнера (протокол № 10 от 22.11.2017 и протокол № 10 от 27.11.2019).

Критерии включения умерших в исследование: причина смерти без каких-либо механических повреждений черепа; анамнестические данные, исключающие патологию центральной и периферической нервной системы, без наркотической и алкогольной зависимости; давность смерти, не превышающая 36 ч; отсутствие макроскопических признаков патологии мозжечка, выявляемых при заборе материала, мезокраны.

Аутопсийный материал забирали из верхней и нижней полулунных долек в обоих полушариях мозжечка и фиксировали по стандартной ме-

тодике. После его заливки в парафиновые блоки изготавливали гистологические срезы толщиной 4–6 мкм, которые окрашивали гематоксилином и эозином, толуидиновым синим.

Морфометрический анализ исследуемых гистологических образцов проводили с использованием программного пакета BioVision, version 4,0 (Австрия). Захват изображений обеспечивали использованием цифровой камеры для микроскопа CAM V200 (Vision, Австрия). Определяли толщину коры.

Результаты представили в виде значений средней арифметической величины (M), относительной ошибки (m), максимального и минимального значений, вариационного коэффициента, медианы. Достоверность различий средних параметров определяли, применяя параметрический t -критерий Стьюдента. Критический уровень значимости при расчете статистических гипотез считали равным 0,05. Методом Пирсона определяли корреляционную взаимосвязь толщины коры обеих долек.

Результаты

При гистологическом исследовании коры как верхней, так и нижней полулунных долек выявили наличие трех слоев – наружного молекуляр-

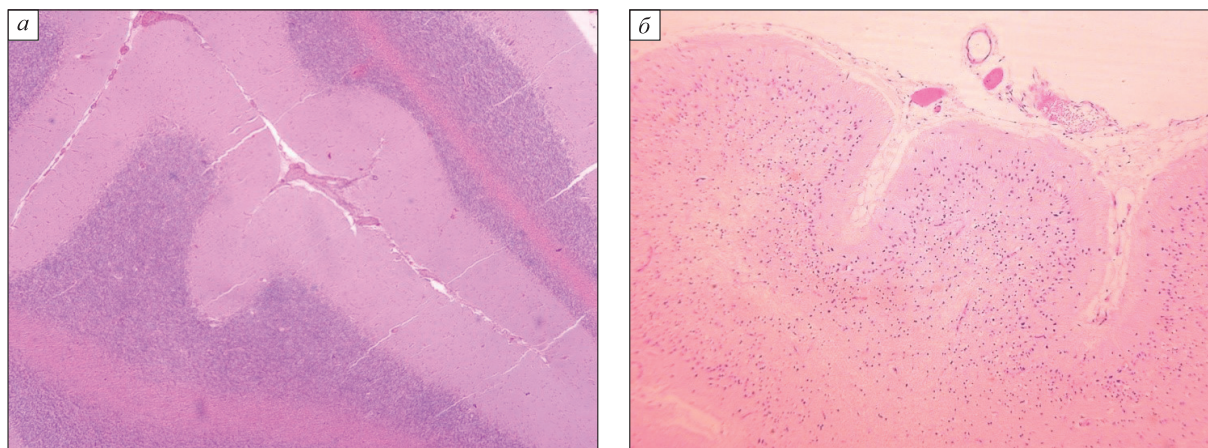


Рис. 1. Кора мозжечка, все слои, окраска гематоксилином и эозином, женщина 27 лет (а) и 82 лет (б). Ув. $\times 80$
Fig. 1. Cerebellar cortex, all layers, hematoxylin and eosin stain, woman 27 years old (a) and 82 years old. $\times 80$

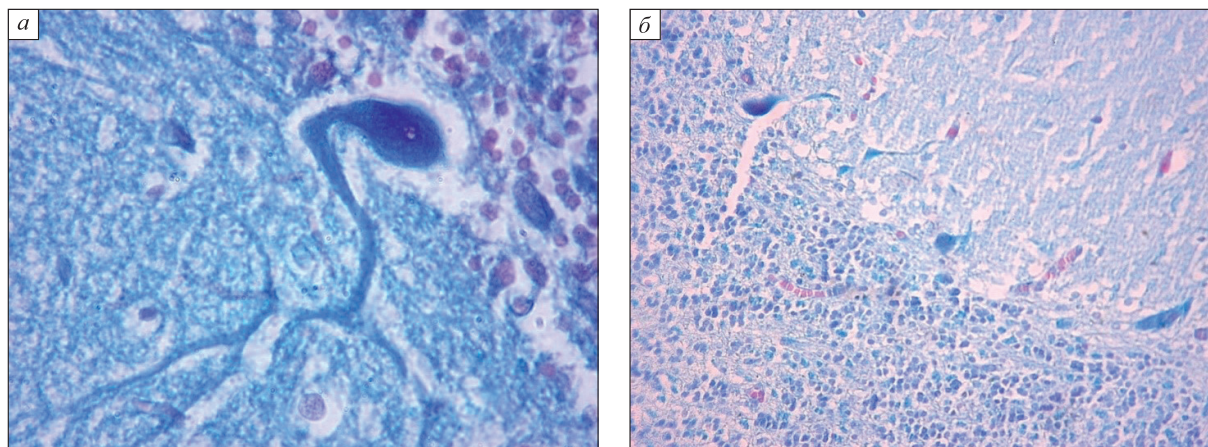


Рис. 2. Кора мозжечка, клетка Пуркинье, окраска толуидиновым синим, мужчина 25 лет (а, ув. $\times 400$) и 82 лет (б, ув. $\times 150$)

Fig. 2. Cerebellar cortex, Purkinje cell, toluidine blue stain, man 25 years old (a, $\times 400$) and 82 years old (б, $\times 150$)

ного, внутреннего зернистого и промежуточного, так называемого слоя клеток Пуркинье. Каждый слой четко визуализируется и имеет явные границы (рис. 1). Отдельно необходимо отметить, что эта стратификация отчетливо просматривается при всех видах окрашивания (рис. 1, 2).

В первом и втором периодах среднего возраста в обеих исследуемых долях мозжечка клетки Пуркинье в ткани коры формируют ровный ряд, их тела имеют четкие границы, во многих видны ядра. Многочисленные отростки этих нейронов уходят глубоко в молекулярный слой и про-

сматриваются на всем протяжении. В пожилом и старческом возрасте количество таких грушевидных нейронов становится гораздо меньше, расстояние между ними увеличивается, наряду с этим образуются «зоны выпадения», а многие клетки становятся меньше размером и теряют свою форму (см. рис. 2).

При визуальном осмотре стеклопрепаратов становится очевидным истончение молекулярного слоя коры мозжечка, в то время как зернистый слой изменений не претерпевает (см. рис. 1). Результаты морфометрического исследования толщины коры представлены в табл. 2, 3.

Таблица 2. Толщина коры у обследуемых лиц в правой полушарии мозжечка, мкм

Table 2. Cortical thicknesses in the right cerebellar hemisphere, μm

Возрастной период	Пол	$M \pm m$	Max	Min	σ	Cv	Me
Верхняя полулунная доля							
Первый период зрелого возраста ($n = 44$)	м	$666,45 \pm 16,72$	790,00	539,00	78,43	9,23	669,00
	ж	$659,86 \pm 16,33$	788,00	536,00	76,59	8,89	661,00
Второй период зрелого возраста ($n = 49$)	м	$623,09 \pm 15,51$	749,00	494,00	79,11	10,05	625,00
	ж	$615,74 \pm 18,13$	746,00	492,00	86,94	12,27	611,00
Пожилой возраст ($n = 46$)	м	$591,88 \pm 18,72$	738,00	443,00	93,58	14,80	584,00
	ж	$588,10 \pm 19,68$	734,00	441,00	90,17	13,83	585,00
Старческий возраст ($n = 40$)	м	$536,70 \pm 13,87$	631,00	434,00	62,02	7,17	538,00
	ж	$525,28 \pm 12,70$	629,00	433,00	56,81	6,14	538,50
Нижняя полулунная доля							
Первый период зрелого возраста ($n = 50$)	м	$682,25 \pm 14,22$	782,00	543,00	74,44	9,32	671,00
	ж	$667,26 \pm 16,01$	782,00	539,00	72,11	8,76	668,00
Второй период зрелого возраста ($n = 52$)	м	$619,79 \pm 11,85$	741,00	499,00	78,68	11,15	629,00
	ж	$611,34 \pm 14,24$	744,00	490,00	83,58	12,54	610,00
Пожилой возраст ($n = 50$)	м	$597,31 \pm 19,62$	742,00	449,00	93,32	12,80	589,00
	ж	$589,89 \pm 15,65$	738,00	448,00	91,43	11,13	590,00
Старческий возраст ($n = 45$)	м	$531,38 \pm 11,33$	630,00	432,00	62,76	8,27	532,00
	ж	$520,80 \pm 12,05$	632,00	430,00	57,64	6,10	531,00

Таблица 3. Толщина коры у обследуемых лиц в левом полушарии мозжечка, мкм

Table 3. Cortical thicknesses in the right cerebellar hemisphere, μm

Возрастной период	Пол	$M \pm m$	Max	Min	σ	Cv	Me
Верхняя полулунная доля							
Первый период зрелого возраста ($n = 44$)	м	$663,55 \pm 16,81$	784,00	535,00	78,84	9,37	668,50
	ж	$657,05 \pm 16,31$	782,00	533,00	76,48	8,90	662,00
Второй период зрелого возраста ($n = 49$)	м	$618,65 \pm 15,39$	740,00	486,00	78,49	9,96	623,50
	ж	$611,61 \pm 16,59$	739,00	485,00	79,57	10,35	607,00
Пожилой возраст ($n = 46$)	м	$588,76 \pm 18,66$	733,00	438,00	93,29	14,78	582,00
	ж	$584,10 \pm 19,69$	731,00	437,00	90,25	13,94	579,00
Старческий возраст ($n = 40$)	м	$533,35 \pm 13,84$	627,00	428,00	61,90	7,18	535,00
	ж	$521,17 \pm 12,62$	624,00	428,00	56,43	6,11	533,00
Нижняя полулунная доля							
Первый период зрелого возраста ($n = 50$)	м	$680,05 \pm 12,52$	781,00	540,00	74,34	9,30	667,00
	ж	$664,16 \pm 13,31$	777,00	537,00	71,01	8,41	662,00
Второй период зрелого возраста ($n = 52$)	м	$614,29 \pm 12,34$	741,50	495,00	78,54	10,25	627,00
	ж	$606,84 \pm 11,57$	741,00	484,00	81,52	11,84	610,00
Пожилой возраст ($n = 50$)	м	$594,30 \pm 14,11$	742,00	444,00	91,33	11,87	584,50
	ж	$588,71 \pm 16,55$	739,00	441,00	90,53	10,43	586,00
Старческий возраст ($n = 45$)	м	$530,89 \pm 10,43$	630,50	431,00	62,21	9,17	531,00
	ж	$518,80 \pm 13,15$	631,00	430,00	52,54	6,18	533,00

При сравнении толщины коры как в верхней, так и в нижней полулунной доле обоих полушарий мозжечка и у мужчин, и у женщин к старческому возрасту выявлено статистически достоверное снижение параметров. Так, к старческому возрасту у мужчин кора истончилась на 19,5 и 22,5 % в верхней полулунной доле правого и левого полушарий соответственно, у женщин – на 20,4 и 21,9 % соответственно. В нижней полулунной доле соответствующее уменьшение толщины коры у мужчин составило 21,5 и 21,9 %, у женщин – 23,7 и 21,9 %. Установлена прямая тесная корреляционная взаимосвязь между толщиной коры верхней и нижней полулунных долей как в правом ($r = 0,887$, $p < 0,01$), так и в левом полушарии ($r = 0,892$, $p < 0,01$).

Незначительное ($p > 0,05$) преобладание толщины коры в обеих долях в правом полушарии в каждом исследуемом возрастном периоде объясняется межполушарной функциональной асимметрией работы головного мозга, которая проявляется в особенностях строения не только мозга, но и других органов человека [15–18].

Процессы истончения коры преимущественно в молекулярном слое объясняются его филогенетически более поздним формированием, нежели зернистого слоя. Эти процессы возрастных изменений заложены генами и идут по определенным механизмам, таким как нарушение протеостаза, предопределенные сбои в работе митохондрий нейронов, а также снижение качества межклеточ-

ных коммуникаций [19, 20]. Не стоит забывать и о том, что мозг является ярко выраженным представителем гормонозависимых органов. Особенно активно на него воздействуют гормоны полового спектра, такие как тестостерон и эстроген. При этом, как показывает множество научных работ, это действие настолько многогранно и системно, что не ограничивается простым влиянием на поведение, а вносит повсеместные положительные изменения в физиологию нейронов, нейромедиаторную активность, гомеостатический баланс ткани центральной нервной системы и даже на механизмы нейрогенеза [21–24]. При наступлении периода постменопаузы и возрастного снижения синтеза половых гормонов организм теряет эту биохимическую «завесу» нейропротекции.

Что касается выявленных прямых тесных корреляционных взаимосвязей толщины коры в верхней и нижней полулунных долях в обоих полушариях, обращает на себя внимание ранее проведенное исследование на секционном материале [25]. В нем было установлено, что анатомическая конфигурация головного мозга, как органа, не претерпевает изменений с возрастом. Его отделы характеризуются устойчивыми пропорциями по отношению друг к другу на протяжении всей жизни человека, а их взаимоположение в постнатальном онтогенезе не изменяется. Мозг не просто сохраняет свою форму, но и выдерживает топографические взаимоотношения с черепом на протяжении жизни [25]. Наше исследова-

ние показало, что такая интересная особенность выявляется не только на макро-, но и на микроанатомическом уровне организации центральной нервной системы.

Заключение

Результаты исследования могут стать отправными точками для понимания процессов возрастной нейродегенерации и явиться научной базой для дальнейших морфофункциональных, фундаментальных и клинических исследований.

Список литературы

1. Mariën P., Borgatti R. Language and the cerebellum. *Handb. Clin. Neurol.* 2018;154:181–202. doi: 10.1016/B978-0-444-63956-1.00011-4
2. Schmahmann J.D. The cerebellum and cognition. *Neurosci. Lett.* 2019;688:62–75. doi: 10.1016/j.neulet.2018.07.005
3. Canto C.B., Onuki Y., Bruinsma B., van der Werf Y.D., de Zeeuw C.I. The sleeping cerebellum. *Trends Neurosci.* 2017;40(5):309–323. doi: 10.1016/j.tins.2017.03.001
4. van Overwalle F., Manto M., Cattaneo Z., Clausi S., Ferrari C., Gabrieli J.D.E., Guell X., Heleven E., Lupo M., Ma Q., ... Leggio M. Consensus paper: cerebellum and social cognition. *Cerebellum.* 2020;19(6):833–868. doi: 10.1007/s12311-020-01155-1
5. Starowicz-Filip A., Chrobak A.A., Moskała M., Krzyżewski R.M., Kwinta B., Kwiatkowski S., Milczarek O., Rajtar-Zembaty A., Przewoźnik D. The role of the cerebellum in the regulation of language functions. *Psychiatr. Pol.* 2017;51(4):661–671. doi: 10.12740/PP/68547
6. Кокуркина Р.Г., Менделевич Е.Г. Мальформация Киари I типа и когнитивные нарушения: фокус на мозжечок. *Неврол. вестн.* 2019;51(2):80–84.
7. Пальчик А.Б., Пашков А.Ю., Петрова Н.А., Савельева Н.А. Роль мозжечка в развитии и расстройствах когнитивных функций и поведения у детей. *Специальное образование.* 2021;(4):134–152. doi: 10.26170/1999-6993_2021_04_09
8. Mitoma H., Manto M., Hampe C.S. Immune-mediated cerebellar ataxias: practical guidelines and therapeutic challenges. *Curr. Neuropharmacol.* 2019;17(1):33–58. doi: 10.2174/1570159X16666180917105033
9. Натальская Н.Ю., Меринов А.В., Федотов И.А. К проблеме гериатрической деонтологии. *Клин. геронтол.* 2009;15(12):41–43.
10. Gazibara T., Kurtagic I., Kisić-Tepavčević D., Nurković S., Kovacević N., Gazibara T., Pekmezović T. Falls, risk factors and fear of falling among persons older than 65 years of age. *Psychogeriatrics.* 2017;17(4):215–223. doi: 10.1111/psyg.12217
11. Дёмин А.В., Мороз Т.П., Грибанов А.В., Торшин В.И. Характеристика постурально-моторного контроля у женщин пожилого возраста с синдромом падений. *Экол. человека.* 2016;(5):30–35. doi: 10.33396/1728-0869-2016-5-30-35
12. Баландин А.А., Баландина И.А., Панкратов М.К. Эффективность лечения пациентов пожилого возраста с черепно-мозговой травмой, осложненной субдуральной гематомой. *Успехи геронтол.* 2021;34(3):461–465. doi: 10.34922/AE.2021.34.3.017
13. Бессонов И.С., Кузнецов В.А., Горбатенко Е.А., Сапожников С.С., Зырянов И.П. Результаты чрескожных коронарных вмешательств у пациентов с острым инфарктом миокарда с подъемом сегмента ST в различных возрастных группах. *Сиб. науч. мед. ж.* 2021;41(2):56–65. doi: 10.18699/SSMJ20210208
14. Габитова М.А., Крупенин П.М., Соколова А.А., Напалков Д.А., Фомин В.В. «Хрупкость» у пациентов старческого возраста с фибрилляцией предсердий как предиктор геморрагических осложнений на фоне лечения прямыми пероральными антикоагулянтами. *Сиб. науч. мед. ж.* 2019;39(6):70–76. doi: 10.15372/SSMJ20190609
15. McCormick D.A., McGinley M.J., Salkoff D.B. Brain state dependent activity in the cortex and thalamus. *Curr. Opin. Neurobiol.* 2015;(31):133–40. doi: 10.1016/j.conb.2014.10.003
16. Баландин А.А., Железнов Л.М., Баландина И.А. Сравнительная характеристика параметров таламусов человека в первом периоде зрелого возраста и в старческом возрасте у мезоцефалов. *Сиб. науч. мед. ж.* 2021;41(2):101–105 doi: 10.18699/SSMJ20210214
17. Баландин В.А., Баландина И.А. Ширина прецентральной извилины у мужчин-мезоцефалов по данным рентгеновской компьютерной томографии. *Морфология.* 2018;154(6):76–78
18. Катерлина И.Р., Изранов В.А., Соловьева И.Г., Рымар О.Д., Насонова Н.В., Абрамов В.В. Межполушарная асимметрия головного мозга и морфологическая асимметрия щитовидной железы. *Вестн. НГУ. Сер. Биол., клин. мед.* 2010;8(1):129–132.
19. Пальцын А.А., Комиссарова С.В. Возрастные изменения мозга. *Патол. физиол. и эксперим. терапия.* 2015;59(4):108–116.
20. López-Otín C., Blasco M.A., Partridge L., Serrano M., Kroemer G. The hallmarks of aging. *Cell.* 2013;153(6):1194–1217. doi: 10.1016/j.cell.2013.05.039
21. Jorgensen C., Wang Z. Hormonal regulation of mammalian adult neurogenesis: a multifaceted mechanism. *Biomolecules.* 2020;10(8):1151. doi: 10.3390/biom10081151
22. Cornil C.A., Ball G.F., Balthazart J. Functional significance of the rapid regulation of brain estrogens: Where do the estrogens come from?

Brain Res. 2006;1126(1):2–26. doi: 10.1016/j.brainres.2006.07.098

23. Pintana H., Pongkan W., Pratchayasakul W., Chattipakorn N., Chattipakorn S.C. Testosterone replacement attenuates cognitive decline in testosterone-deprived lean rats, but not in obese rats, by mitigating brain oxidative stress. *Age (Dordr)*. 2015;37(5):84. doi: 10.1007/s11357-015-9827-4

24. Spritzer M.D., Roy E.A. Testosterone and adult neurogenesis. *Biomolecules*. 2020;10(2):225. doi: 10.3390/biom10020225

25. Patra A., Singla R.K., Chaudhary P., Malhotra V. Morphometric analysis of the corpus callosum using cadaveric brain: an anatomical study. *Asian J. Neurosurg.* 2020;15(2):322–327. doi: 10.4103/ajns.AJNS_328_19

References

1. Mariën P., Borgatti R. Language and the cerebellum. *Handb. Clin. Neurol.* 2018;154:181–202. doi: 10.1016/B978-0-444-63956-1.00011-4

2. Schmahmann J.D. The cerebellum and cognition. *Neurosci. Lett.* 2019;688:62–75. doi: 10.1016/j.neulet.2018.07.005

3. Canto C.B., Onuki Y., Bruinsma B., van der Werf Y.D., de Zeeuw C.I. The sleeping cerebellum. *Trends Neurosci.* 2017;40(5):309–323. doi: 10.1016/j.tins.2017.03.001

4. van Overwalle F., Manto M., Cattaneo Z., Clausi S., Ferrari C., Gabrieli J.D.E., Guell X., Heleven E., Lupo M., Ma Q., ... Leggio M. Consensus paper: cerebellum and social cognition. *Cerebellum*. 2020;19(6):833–868. doi:10.1007/s12311-020-01155-1

5. Starowicz-Filip A., Chrobak A.A., Moskała M., Krzyżewski R.M., Kwinta B., Kwiatkowski S., Milczarek O., Rajtar-Zembaty A., Przewoźnik D. The role of the cerebellum in the regulation of language functions. *Psychiatr. Pol.* 2017;51(4):661–671. doi: 10.12740/PP/68547

6. Kokurkina R.G., Mendelevich E.G. Type 1 chiari malformation and cognitive impairment: focus on the cerebellum. *Nevrologicheskiy vestnik = Neurology Bulletin*. 2019;51(2):80–84. [In Russian].

7. Pal'chik A.B., Pashkov A.Y., Petrova N.A., Savel'eva N.A. The role of cerebellum in the development and disorders of cognitive functions and behaviour in children. *Spetsial'noe obrazovanie = Special Education*. 2021;(4):134–152. [In Russian]. doi: 10.26170/1999-6993_2021_04_09

8. Mitoma H., Manto M., Hampe C.S. Immune-mediated cerebellar ataxias: practical guidelines and therapeutic challenges. *Curr. Neuropharmacol.* 2019;17(1):33–58. doi: 10.2174/1570159X16666180917105033

9. Natal'skaya N.Yu., Merinov A.V., Fedotov I.A. To the issue of geriatric ethics. *Klinicheskaya geron-*

tologiya = Clinical Gerontology. 2009;15(12):41–43. [In Russian].

10. Gazibara T., Kurtagic I., Kisić-Tepavčević D., Nurković S., Kovacević N., Gazibara T., Pekmezović T. Falls, risk factors and fear of falling among persons older than 65 years of age. *Psychogeriatrics*. 2017;17(4):215–223. doi: 10.1111/psyg.12217

11. Dyomin A.V., Moroz T.P., Gribanov A.V., Torshin V.I. Postural-motor control characteristics in older female fallers. *Ekologiya cheloveka = Human Ecology*. 2016;(5):30–35. [In Russian]. doi: 10.33396/1728-0869-2016-5-30-35

12. Balandin A.A., Balandina I.A., Pankratov M.K. Effectiveness of treatment of elderly patients with traumatic brain injury complicated by subdural hematoma. *Uspekhi gerontologii = Advances in Gerontology*. 2021;34(3):461–465. [In Russian]. doi: 10.34922/AE.2021.34.3.017

13. Bessonov I.S., Kuznetsov V.A., Gorbatenko E.A., Sapozhnikov S.S., Zyryanov I.P. Percutaneous coronary interventions for ST elevation myocardial infarction in different age groups. *Sibirskiy nauchnyy medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2021;41(2):56–65. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20210208

14. Gabitova M.A., Krupenin P.M., Sokolova A.A., Napalkov D.A., Fomin V.V. «Fragility» as a predictor of bleedings in elderly patients with atrial fibrillation taking direct oral anticoagulants. *Sibirskiy nauchnyy medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2019;39(6):70–76. [In Russian]. doi: 10.15372/SSMJ20190609

15. McCormick D.A., McGinley M.J., Salkoff D.B. Brain state dependent activity in the cortex and thalamus. *Curr. Opin. Neurobiol.* 2015;31:133–140. doi: 10.1016/j.conb.2014.10.003

16. Balandin A.A., Zheleznov L.M., Balandina I.A. Comparative characteristics of human thalamus parameters in the first period of mature age and in senile age in mesocephals. *Sibirskiy nauchnyy medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2021;41(2):101–105. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20210214

17. Balandin V.A., Balandina I.A. Precentral gyrus width in mesocephalic males according to X-ray computed tomography. *Morfologiya = Morphology*. 2018;154(6):76–78. [In Russian].

18. Katerlina I.R., Izranov V.A., Solovieva I.G., Rymar O.D., Nasonova N.V., Abramov V.V. Functional asymmetry of brain hemispheres and morphological asymmetry of thyroid gland. *Vestnik Novosibirskogo gosudarstvennogo universiteta. Seriya: Biologiya, klinicheskaya meditsina = Journal of the Novosibirsk State University. Series: Biology, Clinical Medicine*. 2010;8(1):129–132. [In Russian].

19. Pal'cyn A.A., Komissarova S.V. Age-related brain changes. *Patologicheskaya fiziologiya i eksperimental'naya terapiya = Pathological Physiol-*

ogy and Experimental Therapy. 2015;59(4):108–116 [In Russian].

20. López-Otín C., Blasco M.A., Partridge L., Serrano M., Kroemer G. The hallmarks of aging. *Cell*. 2013;153(6):1194–1217. doi: 10.1016/j.cell.2013.05.039

21. Jorgensen C., Wang Z. Hormonal regulation of mammalian adult neurogenesis: a multifaceted mechanism. *Biomolecules*. 2020;10(8):1151. doi: 10.3390/biom10081151

22. Cornil C.A., Ball G.F., Balthazart J. Functional significance of the rapid regulation of brain estrogens: Where do the estrogens come from? *Brain Res*. 2006;1126(1):2–26. doi: 10.1016/j.brainres.2006.07.098

23. Pintana H., Pongkan W., Pratchayasakul W., Chattipakorn N., Chattipakorn S.C. Testosterone replacement attenuates cognitive decline in testosterone-deprived lean rats, but not in obese rats, by mitigating brain oxidative stress. *Age (Dordr)*. 2015;37(5):84. doi: 10.1007/s11357-015-9827-4

24. Spritzer M.D., Roy E.A. Testosterone and adult neurogenesis. *Biomolecules*. 2020;10(2):225. doi: 10.3390/biom10020225

25. Patra A., Singla R.K., Chaudhary P., Malhotra V. Morphometric analysis of the corpus callosum using cadaveric brain: an anatomical study. *Asian J. Neurosurg*. 2020;15(2):322–327. doi: 10.4103/ajns.AJNS_328_19

Сведения об авторе:

Баландин Анатолий Александрович, к.м.н., ORCID: 0000-0002-3152-8380, e-mail: balandinnauka@mail.ru

Information about the author:

Anatoly A. Balandin, candidate of medical sciences, ORCID: 0000-0002-3152-8380, e-mail: balandinnauka@mail.ru

Поступила в редакцию 10.02.2023

После доработки 05.03.2023

Принята к публикации 15.03.2023

Received 10.02.2023

Revision received 05.03.2023

Accepted 15.03.2023