

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 611.817.1–053.9

doi:10.18499/2225-7357-2022-11-4-9-14

1.5.22 – клеточная биология



## Морфологическая характеристика и экспрессия белка S-100 в клетках Пуркинье мозжечка человека молодого и старческого возраста

А. А. Баландин<sup>1</sup>, Л. М. Железнов<sup>2</sup>, И. А. Баландина<sup>1</sup>✉

<sup>1</sup>Пермский государственный медицинский университет им. акад. Е.А. Вагнера, Пермь, Россия

<sup>2</sup>Кировский государственный медицинский университет, Киров, Россия

**Аннотация.** Проблеме старения организма человека и профилактике возраст-ассоциированных заболеваний в современной научной литературе посвящено множество исследований. Повышенный интерес исследователи проявляют к старению мозжечка. Клетки Пуркинье, образующие ганглионарный слой коры мозжечка, считаются весьма чувствительными к различным воздействиям

**Цель исследования** – выявить морфофункциональные особенности клеток Пуркинье мозжечка человека в старческом возрасте в сравнении с молодым возрастом.

**Материал и методы.** На секционном материале проведено морфологическое исследование мозжечка 59 мужчин и 52 женщин, правшей, с анамнестическими данными, исключающими заболевания и травмы органов центральной и периферической нервной системы, а также алкогольную или наркотическую зависимости. Материал для исследования брали из области нижней полулунной доли мозжечка. Исследуемый материал был разделен на две группы: в группу I (n=59) вошли образцы, полученные от 31 мужчины и 28 женщин молодого возраста (от 25 до 32 лет включительно), в группу II (n=52) – от 28 мужчин и 24 женщин старческого возраста (от 79 до 88 лет включительно). В работе использовались обще- и нейрогистологический, иммуногистохимический и морфометрический методы исследования. Проведена морфологическая оценка клеток Пуркинье и определено расстояние между их телами. При иммуногистохимическом исследовании использована панель антител к белку S-100.

**Результаты.** Сравнительный анализ полученных данных продемонстрировал статистически значимое преобладание показателя расстояния между телами клеток Пуркинье в старческом возрасте по сравнению с молодым. Иммуногистохимическое исследование выявило увеличение в старческом возрасте количества S-100-иммунопозитивных клеток Пуркинье.

**Заключение.** Получены новые данные о возрастной структурной трансформации цитоархитектоники нервной ткани мозжечка человека, которые необходимо учитывать при изучении возраст-ассоциированных заболеваний и нарушений координации движения.

**Ключевые слова:** кора мозжечка, клетки Пуркинье, старение, белок S-100, нейродегенерация, морфометрия

**Конфликт интересов:** авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Для цитирования:** Баландин А.А., Железнов Л.М., Баландина И.А. Морфологическая характеристика и экспрессия белка S-100 в клетках Пуркинье мозжечка человека молодого и старческого возраста // Журнал анатомии и гистопатологии. 2022. Т. 11, №4. С. 9–14. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2022-11-4-9-14>

ORIGINAL ARTICLES

Original article

### Morphological characteristics and expression of the S-100 protein in Purkinje cells of the cerebellum of a young and senile human

A. A. Balandin<sup>1</sup>, L. M. Zheleznov<sup>2</sup>, I. A. Balandina<sup>1</sup>✉

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

<sup>2</sup>Kirov State Medical University, Kirov, Russia

**Abstract.** The problem of aging of the human body and the prevention of age-associated diseases in modern scientific literature is devoted to many studies. Researchers are showing increased interest in the aging of the cerebellum. Purkinje cells, which form the ganglionic layer of the cerebellar cortex, are considered to be very sensitive to various influences.

**The aim** is to reveal the morphofunctional features of the Purkinje cells of the human cerebellum in the senile age in comparison with the young age.

**Material and methods.** Morphological study of the cerebellum of 59 men and 52 women, right-handed, with anamnestic data that excluded diseases and injuries of the organs of the central and peripheral nervous system, as well as alcohol or drug addiction, was carried out during autopsy. The material for the study was taken from the region of the inferior semilunar lobule of the cerebellum. The studied material was divided into two groups: group I (n=59) included samples obtained from 31 men and 28 young women (from 25 to 32 years old inclusive), group II (n=52) – from 28 men and 24 women of senile age (from 79 to 88 years inclusive). We used general and neurohistological, immunohistochemical and morphometric research methods. Morphological assessment of Purkinje cells was carried out and the distance between their bodies was determined. An immunohistochemical study used a panel of antibodies to the S-100 protein.

**Results.** A comparative analysis of the data obtained showed a statistically significant predominance of the distance between the bodies of Purkinje cells in the elderly compared to the young. Immunohistochemical study revealed an increase in the number of S-100-immunopositive Purkinje cells in old age.

**Conclusion.** New data have been obtained on the age-related structural transformation of the cytoarchitectonics of the human cerebellar nervous tissue, which must be taken into account when studying age-associated diseases and movement coordination disorders.

**Key words:** cerebellum cortex, Purkinje cells, aging, S-100, neurodegeneration, morphometry

**Conflict of interests:** the authors declare no conflict of interests.

**For citation:** Balandin A. A., Zheleznov L. M., Balandina I. A. Morphological characteristics and expression of the S-100 protein in Purkinje cells of the cerebellum of a young and senile human. *Journal of Anatomy and Histopathology*. 2022. V. 11, №4. P. 9–14. <https://doi.org/10.18499/2225-7357-2022-11-4-9-14>

## Введение

В настоящее время проблеме старения организма человека и профилактике возраст-ассоциированных заболеваний посвящено много исследований [2, 6, 8]. Повышенный интерес исследователи различных медицинских специальностей уделяют возрастным изменениям мозжечка. Клинические проявления, возникающие при повреждении мозжечка, разнообразны и выражаются не только атаксией, снижением мышечного тонуса, нарушением равновесия и походки, но и снижением когнитивных функций, синдромом дефицита внимания и гиперактивности, дислексией, и нарушением высших психических функций [7, 17]. Грушевидные нейроны мозжечка очень чувствительны к воздействию разнообразных повреждающих факторов [10]. Интересен тот факт, что эти клетки обеспечивают обширные связи коры мозжечка с нейронными сетями других отделов головного мозга [13].

Несмотря на значительное количество опубликованных работ, в которых освещаются все виды морфофункциональных изменений в клетках Пуркинье у людей с различными заболеваниями, их возрастная трансформация, не связанная с патологическими процессами, подробно не описана [1, 15, 16].

Одним из наиболее полно изученных белков, который участвует во многих процессах, обеспечивающих нормальное функционирование нервной ткани, является белок S-100, выделенный учеными еще в 1965 году. Он вовлечен в образование и фиксацию временных соединений, в репликацию ДНК, работу синапсов и мембранных каналов. В дополнение к вышеперечисленным функциям белок S-100 известен как «белок стресса», так как значительное увеличение его концентрации в тканях мозга и биологических жидкостях бы-

ло доказано при различных повреждениях нервной ткани [3, 9, 14].

Недостаток информации в литературе о морфофункциональных изменениях клеток Пуркинье человека в старческом возрасте побудил нас к проведению этого исследования.

Цель исследования – выявить морфофункциональные особенности клеток Пуркинье мозжечка человека в старческом возрасте в сравнении с молодым возрастом.

## Материал и методы исследования

Работа основана на анализе аутопсийного материала (59 мужчин и 52 женщин), полученного в танатологическом отделении государственного учреждения здравоохранения особого типа Пермского края «Пермское краевое бюро судебной медицины» в период 2018–2020 гг. Комплексное морфологическое исследование включало гистологический, морфометрический и иммуногистохимический методы. Материал разделен на две группы по возрастному признаку. I группу составили 31 мужчина и 28 женщин молодого возраста (от 25 до 32 лет включительно). Во II группу вошли 28 мужчин и 24 женщины старческого возраста (от 79 до 88 лет включительно). На проведение исследования получено разрешение этического комитета Пермского государственного медицинского университета имени академ. Е. А. Вагнера (№ 10 от 27.11.2019 г.). Критериями включения в исследование служили: молодой или старческий возраст, причина смерти – травма груди и / или живота (без каких-либо механических повреждений головы); черепа средней формы с черепным указателем от 75,0 до 79,9; анамнестические данные, указывающие на преобладание у умерших правой руки (правши) и исключающие патологию центральной и периферической нервной системы, а также

наркотическую и алкогольную зависимость; давность смерти, не превышающая 24–36 часов; хранение трупов при температуре +2°C; отсутствие макроскопических признаков патологии мозжечка, выявленных при экспертизе трупа.

Взятие аутопсийного материала осуществляли в области нижней полулунной доли в обоих полушариях мозжечка. Ткань фиксировали 24 часа в забуференном (pH=7,2) по Лилли 10% растворе формалина, 30 минут промывали в проточной воде, а затем дегидратировали и помещали в парафин по следующей схеме: спирт 60% – 2 часа, спирт 70% – 2 часа, спирт 96% – 2 часа, спирт + ксилол (1:1) – 2 часа, ксилол + парафин (1:1) – 2 часа, парафин I 56° – 2 часа, парафин II 56° – 1 час. Далее на ротационном микротоме выполняли гистологические срезы толщиной 4–6 мкм, затем их окрашивали гематоксилином и эозином, по методу Ниссля (в модификации Снесарева) и по Ван Гизону.

Морфометрическое исследование в нижней полулунной доле обоих полушарий мозжечка включало определение расстояния между телами клеток Пуркинье при их расположении по диаметру объектива.

При иммуногистохимическом исследовании образцов использовали панель антител к белку S-100. Иммуногистохимические исследования проводили в соответствии со стандартными протоколами. Использовались концентрированные первичные моноклональные мышиные антитела к белку S-100, клон Ab-1 (Lab Vision, США), рабочее разведение 1:100, система визуализации KP50L (Diagnostic BioSystems, США). Парафиновые срезы были наклеены на предметные стекла с адгезивным полилизинным покрытием («Thermo Scientific», Menzel-Glaser Polysine® Slides 25×75×1,0 mm, Gerhard Menzel, GmbH).

Для восстановления антигенных детерминант после фиксации формалином депарафинизированные срезы нагревали. Их погружали в 0,01 М цитратный буфер (pH 6,0) и кипятили в течение 20–30 мин, затем на 5 мин помещали в трис-буфер (pH 7,5), обрабатывали 0,3% раствором перекиси водорода (блок пероксидазы), после чего инкубировали с первичными антителами в течение 10–30 мин во влажной камере. Перед использованием концентрированные антитела разбавляли растворителем антител (Primary Antibody Diluent, Diagnostic BioSystems, USA) в титре 1:100 в соответствии с инструкциями производителя антител. Использовались позитивные контроли, рекомендованные производителем. Затем срезы трижды промывали в трис-буфере, после чего их подвергали воздействию вторичных антител (мышиных и кроличьих биотинилированных антител, Diagnostic BioSystems, США) в течение 10 минут, промывали трис-буфером, обрабатывали конъюгированным с пероксидазой стрептави-

дином в течение 10 минут и подвергали окрашиванию DAB+ (3,3'-диаминобензидин, Diagnostic BioSystems, США) в течение 1–2 мин, предотвращая появление фонового окрашивания. Промывали 2–3 порциями дистиллированной воды в течение 10–15 мин и выполняли докрасивание гематоксилином Майера. После заключения в канадский баллам срезы исследовали в проходящем свете микроскопа при увеличении 100. При просмотре препаратов на светооптическом уровне антиген-позитивные клетки были идентифицированы по появлению коричневого окрашивания цитоплазмы.

Количественный (морфометрический) анализ изученных гистологических образцов проводили с использованием программного пакета BioVision, версия 4.0 (Австрия). Изображения были получены с помощью цифровой камеры для микроскопа CAM V200 (Vision, Австрия). Размеры гистологических объектов выражали в микронах.

Статистическая обработка результатов выполнена с использованием программного комплекса STATISTICA V.6.0. Характер распределения вариационных рядов (критерий Колмогорова–Смирнова) не отличался от нормального закона. Результаты морфометрического исследования представлены как среднее арифметическое (M) ± ошибка среднего (m). Проверку статистических гипотез проводили с помощью параметрического t-критерия Стьюдента. Критический уровень значимости принимался равным 0,05.

## Результаты и их обсуждение

Гистологическое исследование показало, что у лиц молодого возраста, как правило, клетки Пуркинье имели правильную форму с четкими границами, в них хорошо различалось ядрышко, которое также имело четкую границу. Отростки грушевидных нейронов, уходящие в молекулярный слой коры мозжечка, четко визуализировались (рис. 1).

У лиц старческого возраста нередко встречались клетки Пуркинье неправильной формы. Отростки таких клеток визуализировались слабо или не идентифицировались. В некоторых клетках ядрышки находились в состоянии кариорексиса и кариолиза (рис. 2).

Нами установлено, что расстояние между телами клеток Пуркинье у мужчин с возрастом увеличивалось в правом полушарии на 27,08%, в левом полушарии – на 26,03%. У женщин – на 26,87 и 26,40% соответственно (табл. 1).

Таким образом, анализ значений расстояния между телами клеток Пуркинье показал их статистически достоверное преобладание в старческом возрасте в сравнении с молодым возрастом ( $p < 0,01$ ).

При сравнении значений расстояния между телами клеток Пуркинье в правом и

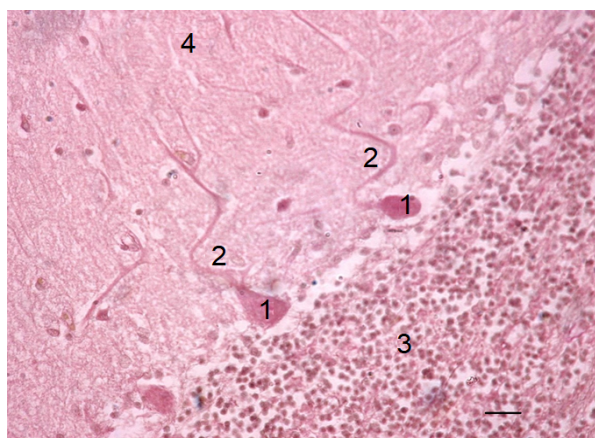


Рис. 1. Кора мозжечка женщины 28 лет. 1 – тела клеток Пуркинью; 2 – отростки нейронов хорошо визуализируются на всем протяжении; 3 – нейроны зернистого слоя коры мозжечка; 4 – молекулярный слой коры мозжечка. Окраска по Ван Гизону. Об. 40; масштабный отрезок – 50 мкм.

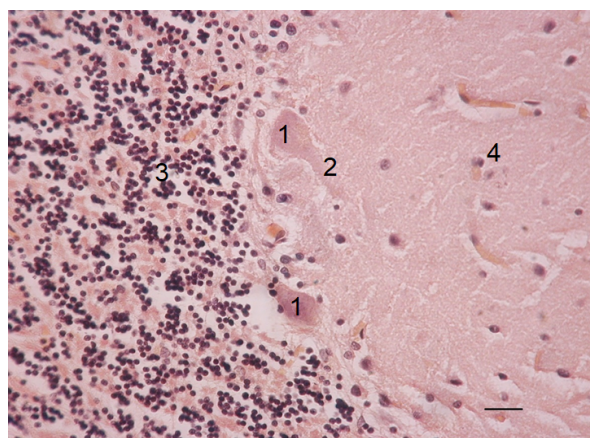


Рис. 2. Фрагмент коры мозжечка женщины 79 лет. 1 – тела клеток Пуркинью, возрастные нейродегенеративные изменения; 2 – отростки нейронов плохо визуализируются на всем протяжении; 3 – нейроны зернистого слоя коры мозжечка; 4 – молекулярный слой коры мозжечка. Окраска по Ван Гизону. Об. 40; масштабный отрезок – 50 мкм.

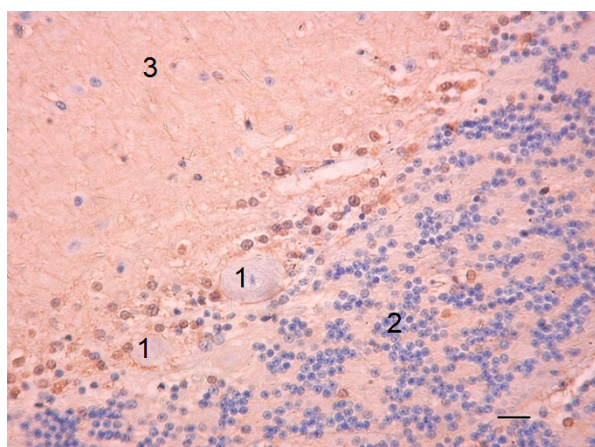


Рис. 3. Кора мозжечка мужчины 27 лет. 1 – тела иммунонегативных клеток Пуркинью; 2 – нейроны зернистого слоя коры мозжечка; 3 – молекулярный слой коры мозжечка. Иммуногистохимическая реакция на белок S-100. Об. 40; масштабный отрезок – 50 мкм.

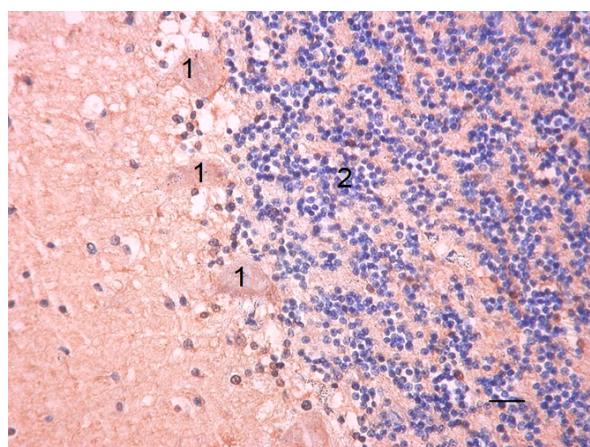


Рис. 4. Кора мозжечка мужчины 81 года. 1 – тела иммунопозитивных клеток Пуркинью; 2 – нейроны зернистого слоя коры мозжечка; 3 – молекулярный слой коры мозжечка. Иммуногистохимическая реакция на белок S-100. Об. 40; масштабный отрезок – 50 мкм.

Таблица 1

**Расстояние между телами клеток Пуркинью в коре мозжечка у мужчин и женщин в молодом и старческом возрасте, (M±m, мкм)**

Пол	Полушарие	Молодой возраст (n=59)	Старческий возраст (n=52)	Значения t и p
Мужчины	Правое	178,70±2,55	226,95±2,24	t=14,22 (p<0,001)
	Левое	181,43±2,60	228,65±2,11	t=14,10 (p<0,001)
Женщины	Правое	178,89±2,63	226,94±2,02	t=14,49 (p<0,001)
	Левое	181,09±2,67	228,92±1,98	t=14,39 (p<0,001)

левом полушариях мозжечка статистически значимых различий не выявлено ( $p>0,05$ ).

Результаты иммуногистохимического исследования, проведенного у лиц молодого возраста, показали наличие экспрессии белка S-100 в правом полушарии только в  $16,90\pm0,91\%$  грушевидных нейронов от их общего количества у мужчин и в  $16,70\pm0,91\%$  у женщин.

В левом полушарии в молодом возрасте у мужчин и женщин число клеток Пурки-

нье, иммунопозитивных к белку S-100, составляло  $16,90\pm0,78\%$  и  $16,50\pm0,83\%$  соответственно.

С возрастом наблюдалось статистически значимое увеличение числа S-100-иммунопозитивных клеток Пуркинью в правом полушарии до  $24,60\pm1,06\%$  у мужчин и до  $22,90\pm0,88\%$  у женщин. В левом полушарии этот показатель статистически значимо увеличивался до  $23,20\pm1,06\%$  у мужчин и до  $22,90\pm0,98\%$  у женщин (табл. 2; рис. 3, 4).



Таблица 2

**Доля иммунопозитивных к белку S-100 клеток Пуркинье в коре мозжечка у мужчин и женщин в молодом и старческом возрасте, %**

Пол	Полушарие	Молодой возраст (n=59)	Старческий возраст (n=52)	Значения t и p
Мужчины	Правое	16,90±0,91	24,60±1,06	t=5,21 (p<0,001)
	Левое	16,90±0,78	23,20±1,06	t=4,79 (p<0,001)
Женщины	Правое	16,70±0,91	22,90±0,88	t=4,90 (p<0,001)
	Левое	16,50±0,83	22,90±0,98	t=4,98 (p<0,001)

**Заключение**

Увеличение расстояния между телами клеток Пуркинье от молодого до старческого возраста, установленное в ходе исследования, а также выявленные не только количественные, но и качественные изменения в этих нейронах можно объяснить нарушением белкового и ионного обмена в клетках, приводящих к изменениям cito- и миелоархитектоники нервной ткани, свойственными возрастной нейродегенерации [5, 11].

Результаты исследования показали, что количество клеток Пуркинье, иммунопозитивных к белку S-100, увеличивается с возрастом. Несмотря на то, что белок S-100 не является цитокином, он может выступать в качестве маркера повреждения тканей организма молекулярным фактором. Более того, функция данного белка в значительной степени зависит от его концентрации. При низких концентрациях в цитоплазме белок S-100 проявляет нейротрофические эффекты, что приводит к увеличению выживаемости нейронов и росту их дендритов. При высоких концентрациях белок S-100 оказывает ингибирующее действие, ускоряя процесс апоптоза нейронов. Данная морфологическая картина позволяет по-новому взглянуть на возрастные изменения в клетках Пуркинье человека и объяснить, с морфологической точки зрения, возникновение проблемы с координацией в пожилом и старческом возрастах и при возраст-ассоциированных заболеваниях [4, 14, 12].

Получены новые данные о возрастной структурной трансформации цитоархитектоники нервной ткани мозжечка человека, которые необходимо учитывать при изучении возраст-ассоциированных заболеваний и нарушений координации движения.

**Список источников / References**

1. Аврущенко М.Ш., Маршак Т.Л. Темные и светлые клетки Пуркинье мозжечка в постреанимационном периоде. Бюллетень экспериментальной биологии и медицины. 1983;95(3):105–8 [Avrushchenko MSh, Marshak TL. Temnye i svetlye kletki Purkin'e mozzhechka v postreanimatsionnom periode. Byulleten' eksperimental'noi biologii i meditsiny. 1983;95(3):105–8] (in Russian). EDN: PYXBDX

2. Анисимов В.Н. Старение и ассоциированные с возрастом болезни. Клиническая геронтология. 2005;(1):42–9 [Anisimov VN. Starenie i assotsirovannye s vozrastom bolezni. Klinicheskaya gerontologiya. 2005;(1):42–9] (in Russian). EDN: HQURMH
3. Галиева Г.Ю., Попонникова Т.В., Вавин Г.В. Нейронспецифическая енолаза и белок NS-100 как возможные маркеры поражения нервной системы при острых клещевых нейроинфекциях у детей. Сибирский медицинский журнал (Иркутск). 2008;82(7):29–31 [Galieva G, Poponnikova T, Vavin GV. Neuron-specific enolase and protein ns-100 as possible markers of damage of nervous system in tick-borne infections in children. Siberian Medical Journal (Irkutsk). 2008;82(7):29–31] (in Russian). EDN: JVRUUR
4. Дамулин И.В. Падения среди лиц старческого и старческого возраста. Фарматека. 2013;10(263):18–24 [Damulin IV. Falls among the elderly and senile. Farmateka. 2013;10(263):18–24] (in Russian). EDN: RFYDLJ
5. Загребин В.Л., Антошкин О.Н., Фёдорова О.В., Терентьев А.В., Саргсян С.А., Егорова А.С. Возрастная и стресс-индуцированная протеинопатия нейронов большого мозга крыс. Российский медико-биологический вестник имени академика И.П. Павлова. 2015;23(3):7–10 [Zagrebina VL, Antoshkin ON, Fedorova OV, Terentiev AV, Sargsyan SA, Egorova AS. Age-related and stress-induced proteinopathy of cerebral neurons in rats. I.P. Pavlov Russian Medical Biological Herald. 2015;23(3):7–10] (in Russian). EDN: ULZTIV
6. Иржанова А.А., Супрун Н.Г. Проблемы социальной адаптации пожилых людей в посттрудовой период. Гуманитарные научные исследования. 2015;12(52):219–22 [Irzhanova AA, Suprun NG. The problem of social adaptation of elderly people in postremoval period. Humanitarian research. 2015;12(52):219–22] (in Russian). EDN: VDQPYP
7. Калашникова Л.А., Зуева Ю.В., Пугачёва О.В., Корсакова Н.К. Когнитивные нарушения при инфарктах мозжечка. Журнал неврологии и психиатрии им. С.С. Корсакова. 2004;104(S11):20–6 [Kalashnikova LA, Zueva YuV, Pugacheva OV, Korsakova NK. Cognitive disorders in cerebellar infarctions. Zhurnal nevrologii i psikiatrii im. S.S. Korsakova. 2004;104(S11):20–6] (in Russian). EDN: UDPQWX
8. Ким Л.Б., Кожин П.М., Путятин А.Н. Исследование молекулярного маркера старения у мужчин европейского севера России. Журнал медико-биологических исследований. 2017;5(3):70–8 [Kim L, Kozhin P, Putyatina A. Study of Molecular Marker of Ageing in Male Residents of the European North of Russia.

- Journal of Medical and Biological Research. 2017 Sep 10;5(3):70–8] (in Russian). EDN: ZGHYVV. doi: 10.22138/2500-0918-2017-14-1-27-34
9. Никандров В.Н., Чаплинская Е.В. Протеин S-100: структурно-функциональные свойства и роль в нервной ткани. *Biopolymers and Cell*. 2005;21(1):12–27 [Nikandrov VN, Chaplinskaya EV. Protein S-100: structural and functional properties and role in nervous tissue. *Biopolymers and cell*. 2005;21(1):12–27] (in Russian). EDN: JUHYXL. doi: 10.7124/bc.0006D7
10. Юкина Г.Ю., Сухорукова Е.Г., Белозерцева И.В., Полушин Ю.С., Томсон В.В., Полушин А.Ю. Реакция нейронов и микроглии коры мозжечка на анестезию севофлураном. *Цитология*. 2019;61(7):548–55 [Yukinaa GYu, Sukhorukovaa EG, Belozertsevaa IV, Polushina YuS, Tomsona VV, Polushin AYU. Cerebellar cortex neurons and microglia reaction to sevoflurane anesthesia. *Tsitologiya*. 2019;61(7):548–55] (in Russian). EDN TRYKUQ. doi: 10.1134/S0041377119070101
11. Cristóvão JS, Gomes CM. S100 Proteins in Alzheimer's Disease. *Frontiers in Neuroscience*. 2019 May 16;13. doi: 10.3389/fnins.2019.00463
12. Gazibara T, Kurtagic I, Kisic-Tepavcevic D, Nurkovic S, Kovacevic N, Gazibara T, et al. Falls, risk factors and fear of falling among persons older than 65 years of age. *Psychogeriatrics*. 2017 Jan 27;17(4):215–23. doi: 10.1111/psyg.12217
13. Grimm A, Eckert A. Brain aging and neurodegeneration: from a mitochondrial point of view. *Journal of Neurochemistry*. 2017 May 14;143(4):418–31. doi: 10.1111/jnc.14037
14. Hirano T. Purkinje Neurons: Development, Morphology, and Function. *The Cerebellum*. 2018 Oct 4;17(6):699–700. doi: 10.1007/s12311-018-0985-7
15. Marcaggi P. Cerebellar Endocannabinoids: Retrograde Signaling from Purkinje Cells. *The Cerebellum*. 2014 Dec 19;14(3):341–53. doi: 10.1007/s12311-014-0629-5
16. Mavroudis IA, Petrides F, Manani M, et al. Purkinje cells pathology in schizophrenia. A morphometric approach. *Romanian journal of morphology and embryology*. 2017;58(2):419–24.
17. Stoodley CJ. The Cerebellum and Neurodevelopmental Disorders. *The Cerebellum*. 2015 Aug 23;15(1):34–7. doi: 10.1007/s12311-015-0715-3

#### Информация об авторах

Баландин Анатолий Александрович – канд. мед. наук, доцент; balandina\_ia@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3152-8380>  
 Железнов Лев Михайлович – д-р мед. наук, профессор; lmz-a@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8195-0996>  
 ✉ Баландина Ирина Анатольевна – д-р мед. наук, профессор, зав. кафедрой нормальной, топографической и клинической анатомии, оперативной хирургии Пермского государственного медицинского университета им. акад. Е.А. Вагнера; ул. Петropавловская, 26, г. Пермь, 614990, Россия; balandina\_ia@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4856-9066>

#### Information about the authors

Anatolii A. Balandin – Cand. Med. Sci., Prof.; balandina\_ia@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-3152-8380>  
 Lev M. Zheleznov – Doct. Med. Sci., Prof.; lmz-a@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0001-8195-0996>  
 ✉ Irina A. Balandina – Doct. Med. Sci., Prof., head of normal, topographic and clinical anatomy, operative surgery department of Academician E.A. Wagner Perm State Medical University; ul. Petropavlovskaya, 26, Perm, 614990, Russia; balandina\_ia@mail.ru  
<https://orcid.org/0000-0002-4856-9066>

Статья поступила в редакцию 28.03.2022; одобрена после рецензирования 18.10.2022; принята к публикации 15.12.2022.  
 The article was submitted 28.03.2022; approved after reviewing 18.10.2022; accepted for publication 15.12.2022.