

Морфологические особенности твердой мозговой оболочки человека в пожилом и старческом возрасте

А.А. Баландин, М.К. Панкратов, И.А. Баландина

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

Резюме

Среди населения довольно распространена черепно-мозговая травма, весовая доля которой приходится на пациентов пожилого и старческого возраста, что обусловлено объективными причинами. Однако крайне скудно в научной медицинской литературе освещены анатомо-морфологические особенности твердой мозговой оболочки (ТМО). Цель исследования – изучить возрастные особенности структуры и толщины твердой мозговой оболочки человека в пожилом и старческом возрасте. **Материал и методы.** Работа основана на анализе результатов комплексного морфологического исследования ТМО 127 умерших (65 мужчин и 62 женщин) юношеского, пожилого и старческого возрастного периода. Забор аутопсийного материала осуществляли в области теменных костей, в проекции сагиттального шва. Использовали окраску гематоксилином и эозином и по ван Гизону. Определяли толщину ТМО. **Результаты.** Возрастные морфометрические особенности ТМО заключаются в ее статистически значимом увеличении ее толщины у лиц обоего пола ($p < 0,01$). Наиболее выраженные изменения характерны для старческого возраста по сравнению с юношеским: у мужчин толщина ТМО увеличивается на 60,7 % ($p < 0,01$), у женщин – на 63,5 % ($p < 0,01$). Статистически значимых различий по толщине ТМО между мужчинами и женщинами не выявлено ни в одном возрастном периоде. **Заключение.** Результаты настоящего исследования могут стать фундаментом для дальнейшего изучения возрастных изменений ТМО человека, а также использоваться врачами таких клинических специальностей, как судебно-медицинская экспертиза, нейрохирургия, травматология и реабилитация, геронтология.

Ключевые слова: черепно-мозговая травма, субдуральная гематома, твердая мозговая оболочка, юношеский возраст, пожилой возраст, старческий возраст, коллаген.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Автор для переписки: Баландина И.А., e-mail: balandina_ia@mail.ru

Для цитирования: Баландин А.А., Панкратов М.К., Баландина И.А. Морфологические особенности твердой мозговой оболочки человека в пожилом и старческом возрасте. *Сибирский научный медицинский журнал.* 2023;43(3):50–56. doi: 10.18699/SSMJ20230305

Morphological features of the human dura mater in elderly and senile age

A.A. Balandin, M.K. Pankratov, I.A. Balandina

*Perm State Medical University n.a. academician E.A. Wagner of Minzdrav of Russia
414099, Perm, Petropavlovskaya str., 26*

Abstract

A fairly common trauma in the population of developed and developing countries is traumatic brain injury, with a significant proportion of patients of the elderly and senile age due to objective reasons. However, anatomical and morphological features of the dura mater (DM) are extremely poorly covered in the scientific medical literature. The aim of the study was to investigate the age-related features of the structure and thickness of the dura mater of a person in the elderly and senile age. **Material and methods.** The work was based on the analysis of the results of a comprehensive morphological examination of the DM of 127 deceased (65 men and 62 women) of adolescent, elderly and senile age. Autopsy material was taken from the parietal bones in the projection of the sagittal suture. Hematoxylin and eosin and

van Gieson staining was used. The thickness of the DM was determined. **Results.** The age morphometric features of DM consist in its statistically significant increase in its thickness in both sexes ($p < 0.01$). The most pronounced changes are in senile age compared to adolescent: men have 60.7 % more thickness ($p < 0.01$) and women 63.5 % ($p < 0.01$). There are no statistically significant differences in the thickness of the DM between men and women in each age period studied ($p > 0.05$). **Conclusions.** The results of the study can serve as a foundation for the future study of age-related changes in the human DM, as well as for use by physicians of such clinical specialties as forensic medicine, neurosurgery, trauma and rehabilitation, gerontology.

Key words: traumatic brain injury, subdural hematoma, dura mater, adolescence, elderly, senile age, collagen.

Conflict of interest: The authors declare no conflict of interest.

Correspondence author: Balandina I.A., e-mail: balandina_ia@mail.ru

Citation: Balandin A.A., Pankratov M.K., Balandina I.A. Morphological features of the human dura mater in elderly and senile age. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal*. 2023;43(3):50–56. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20230305

Введение

Среди населения довольно распространена черепно-мозговая травма (ЧМТ), которая приводит к крайне серьезным последствиям, характеризующимся потерей трудоспособности и выраженным снижением качества жизни пострадавших даже после оказания квалифицированной помощи ввиду неполного разрешения как когнитивных, так и неврологических нарушений [1–3]. Острая посттравматическая субдуральная гематома, без сомнения, является одним из самых тяжелых осложнений ЧМТ [4]. Хочется подчеркнуть тот факт, что, по данным медицинской научной литературы, несмотря на небольшую вариативность в разных регионах планеты частота возникновения этого осложнения приблизительно одинакова и составляет 300–400 случаев на 100 тыс. населения в год, а смертность достаточно высока – 14 % от всех случаев [5–6].

Весомая доля ЧМТ приходится на пациентов пожилого и старческого возраста, что обусловлено следующими причинами. Во-первых, с возрастом отмечается ухудшение координации, появляются шаткость походки и вестибулопатии. Пациентам гораздо сложнее удерживать равновесие при ходьбе или изменении положения тела. Как следствие, это приводит к немотивированным падениям и высокой травматизации [7–9]. Во-вторых, для стареющего организма характерна коморбидность. В научной литературе встречается множество работ, посвященных сложностям и особенностям ведения пациентов старших возрастных групп [10–12]. Абсолютно не случайно исследователи, анализирующую эту проблему, выявили, что у пострадавших пожилого и старческого возраста гораздо выше риск появления посттравматических субдуральных гематом. Они определили важность фактора возраста при формировании реабилитационного прогноза, поставив его в один ряд с объемом и локализацией суб-

дуральной гематомы, антикоагулянтной терапией в анамнезе и выраженностью дислокационного синдрома [4, 5, 10, 13, 14].

С одной стороны, все это можно объяснить возрастными изменениями головного мозга, протекающими как на макро-, так и микроанатомическом уровне и характеризующимися негативным влиянием на гомеостаз нервной ткани при нарушениях травматического характера [15–19]. С другой стороны, в литературе крайне скудно освещены анатомо-морфологические особенности твердой мозговой оболочки (ТМО), которая одновременно с остальными тканями организма претерпевает изменения на этапах постнатального онтогенеза человека и не менее важна в аспекте появления такого осложнения, как травматическая субдуральная гематома.

В этой связи нами поставлена цель – изучить возрастные особенности структуры и толщины ТМО человека в пожилом и старческом возрасте.

Материал и методы

Работа выполнена в танатологическом отделении ГКУЗ особого типа Пермского края «Пермское краевое бюро судебно-медицинской экспертизы» в период с 2020 по 2021 г. и основана на анализе результатов комплексного морфологического исследования ТМО 127 умерших (65 мужчин и 62 женщины) юношеского, пожилого и старческого возраста. Исследование выполнено с использованием гистологического, морфометрического и статистического методов, на его проведение получено разрешение этического комитета Пермского государственного медицинского университета им. академика Е.А. Вагнера (№ 10 от 27.11.2019).

Критерии включения в исследование: причина смерти людей – травмы/ранения груди/живота/таза; анамнестические данные, исключающие па-



Рис. 1. Вид ТМО при удалении теменных костей черепа

Fig. 1. Type of DM when removing the parietal bones of the skull

тологию центральной и периферической нервной системы, отсутствие наркотической либо алкогольной зависимости; давность смерти, не превышающая 24–36 ч (трупы хранились в одинаковых условиях при температуре +2 °C); при заборе секционного материала – отсутствие макроскопических признаков патологии ТМО.

Погибших разделили на три группы согласно возрасту (возрастная периодизация АМН СССР 1965 года): юношеский, от 16 лет до 21 года (41

умерший, 19 мужчин и 22 женщины), пожилой, 60–74 лет (44 умерших, 23 мужчины и 21 женщина), старческий, 75–88 лет (42 умерших, 23 мужчины и 19 женщин). Забор аутопсийного материала осуществляли в области теменных костей, в проекции сагиттального шва (рис. 1).

Кусочки ТМО фиксировали в 10%-м растворе забуференного по Лилли формалина (pH 7,2), изготавливали гистологические срезы, использовали окраску гематоксилином и эозином и по ван Гизону. Количественный анализ исследуемых гистологических образцов проводили с помощью программного пакета BioVision, версия 4,0 (Австрия), захват изображений обеспечивали использованием цифровой камеры для микроскопа CAM V200 (BioVision).

Результаты представлены в виде значений средней арифметической величины (M) и стандартной ошибки (m), максимального (Max) и минимального (Min) значений, среднеквадратического отклонения (σ), вариационного коэффициента (Cv) и медианы (Me). Для проверки равенства средних значений в двух выборках использовали t -критерий Стьюдента. Достоверными считали различия при $p < 0,01$.

Результаты и их обсуждение

При анализе полученных результатов установлено статистически значимое увеличение толщины ТМО у лиц пожилого возраста по сравнению с умершими юношеского возраста: у мужчин – на 46,3 %, у женщин – на 65,9 % (таблица). При сравнении показателей лиц юношеского и старческого возраста картина становится еще более разительной: у мужчин к старческому возрасту ТМО утолщается на 60,7 %, у женщин – на 63,5 %. У мужчин старческого возраста ТМО достоверно толще, чем у пожилых (на 12,7 %), у женщин аналогичных групп выявлена лишь тен-

Толщина ТМО у мужчин и женщин юношеского, пожилого и старческого возраста, мкм

TDM thickness in men and women of adolescent, elderly and senile age, μm ($n = 127$)

Возрастной период	$M \pm m$	Max	Min	σ	Cv	Me
Мужчины						
Юношеский возраст ($n = 19$)	540,0±20,0	730,0	380,0	3,16	0,02	510,0
Пожилый возраст ($n = 23$)	790,0±20,0*	1050,0	570,0	4,47	0,03	750,0
Старческий возраст ($n = 23$)	890,0±20,0*#	1070,0	690,0	3,16	0,01	870,0
Женщины						
Юношеский возраст ($n = 22$)	540,0±30,0	730,0	320,0	4,47	0,04	540,0
Пожилый возраст ($n = 21$)	820,0±20,0*	1020,0	620,0	3,16	0,01	830,0
Старческий возраст ($n = 19$)	850,0±30,0*	1120,0	610,0	4,47	0,02	835,0

Примечание. Обозначены статистически значимые ($p < 0,01$) отличия от величин соответствующих показателей:

* – группы лиц юношеского возраста, # – группы лиц пожилого возраста.

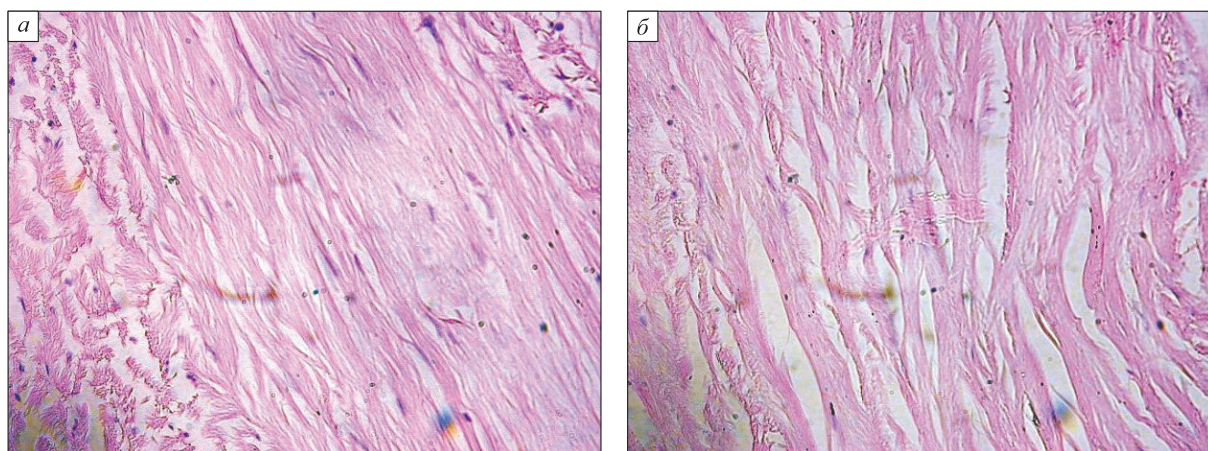


Рис. 2. Фрагмент ТМО юноши 17 лет (а) и мужчины 77 лет (б). Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение 100

Fig. 2. Fragment of the DM of a 17-year-old boy (a) and of a 77-year-old man (b). Hematoxylin and eosin staining. $\times 100$

денция (утолщение на 3,6 %, $p > 0,05$). Статистически достоверной разницы между мужчинами и женщинами по толщине ТМО не выявлено ни в одном возрастном периоде (см. таблицу).

Осмотр во время секционного исследования показал, что ТМО выглядит как блестящая пластинка бело-серого цвета, эластичная и гладкая на ощупь. ТМО формируют два листка, которые рыхло спаяны между собой и достаточно легко отделяются друг от друга. Эти листки – надкостничная и менингеальная части оболочки.

Гистологическое исследование ТМО показало, что ее основу составляет плотная неоформленная соединительная ткань, содержащая кровеносные сосуды. В этой ткани достаточно хорошо визуализируются три слоя – периостальный, менингеальный и погранично-клеточный. При окрашивании стеклопрепарата по ван Гизону границы между слоями просматриваются более четко,

чем при окрашивании гематоксилином и эозином (рис. 2, 3). В юношеском возрасте в ткани ТМО визуализируются фибробласты, которые формируют небольшие скопления. В пожилом возрасте их количество становится гораздо меньше, а скопления не просматриваются совсем (рис. 4).

У лиц юношеского возраста обоего пола в гистологических образцах коллагеновые волокна расположены компактно, структурированно. Четко прослеживается их определенное направление, позволяющее формировать плотную структуру ткани. В образцах лиц пожилого и старческого возраста в структуре ТМО просматривается выраженная неупорядоченность волокон менингеального слоя – возрастное «разволокнение» ткани, которое хорошо просматривается при окраске как гематоксилином и эозином, так и по ван Гизону (см. рис. 2, 3).

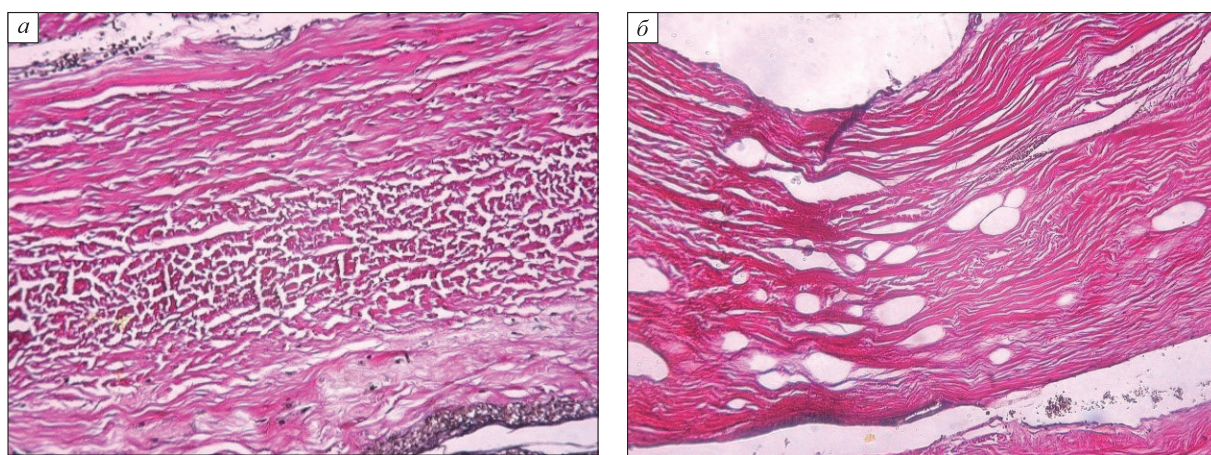


Рис. 3. Фрагмент ТМО юноши 18 лет (а) и мужчины 78 лет (б). Окраска по ван Гизону. Увеличение 80

Fig. 3. Fragment of the DM of a 18-year-old boy (a) and of a 78-year-old man (b). Van Gieson staining. $\times 80$

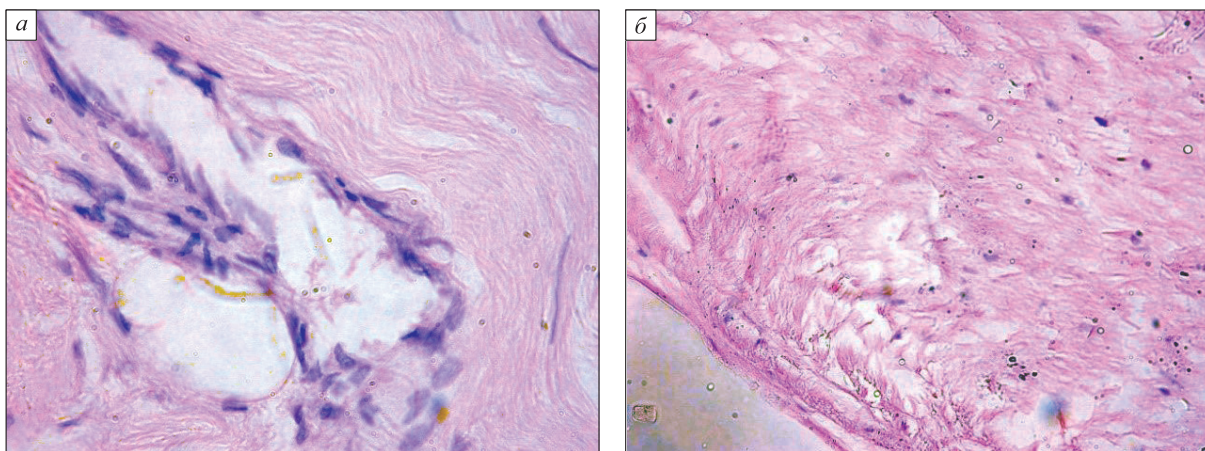


Рис. 4. Фрагмент ТМО девушки 17 лет (а) и женщины 71 года (б). Окраска гематоксилином и эозином. Увеличение 300

Fig. 4. Fragment of the DM of a 17-year-old girl (a) and of a 71-year-old woman (b). Hematoxylin and eosin staining. $\times 300$

Если обратиться к результатам работ, в которых изучали изменения соединительной ткани в возрастном аспекте, можно отметить выявленные на биохимическом уровне изменения в тканях сухожилий животных и человека (увеличение концентрации внеклеточного протеогликана, отложения солей кальция и липидов). На клеточном уровне описаны процессы, происходящие во внеклеточном матриксе. Исследователи обращают внимание на то, что ухудшается качество крепления фибробластов, «клеток-строителей» соединительной ткани: увеличивается открытое пространство, которое окружает клетки, одновременно с этим уменьшается количество контактов между фибробластами, фиксирующими основу ткани, и коллагеновыми волокнами. Все вышеперечисленные возрастные изменения приводят к уменьшению прочности соединительной ткани [19–20]. Если же принять во внимание возрастные изменения, происходящие на тканевом уровне, то они заключаются в ее «псевдоутолщении» – разволокнении – и, как следствие, в потере первоначальной компактности. Этот эффект объясняют тем, что диаметр самих коллагеновых пучков становится меньше, а пространство между ними увеличивается. В соединительной ткани такой процесс приводит к снижению ее плотности, так называемому «разволокнению» [21, 22]. Все эти изменения, происходящие с возрастом, мы и выявили при гистологическом исследовании твердой мозговой оболочки человека.

Выводы

1. Возрастные морфометрические изменения ТМО заключаются в ее утолщении и характере

ризируются статистически значимым увеличением ее толщины у лиц обоего пола ($p < 0,01$). Наиболее выраженные изменения характерны для старческого возраста по сравнению с юношеским: у мужчин толщина ТМО увеличивается на 60,7 % ($p < 0,01$), у женщин – на 63,5% ($p < 0,01$).

2. Статистически значимых различий по толщине ТМО между мужчинами и женщинами не выявлено ни в одном возрастном периоде.

3. Гистологическое исследование выявило отсутствие упорядоченности коллагеновых волокон ткани ТМО, так называемое ее «разволокнение», у лиц пожилого и старческого возраста.

4. Результаты настоящего исследования могут стать фундаментом для дальнейшего изучения возрастных изменений ТМО человека, а также использоваться врачами таких клинических специальностей, как судебно-медицинская экспертиза, нейрохирургия, травматология и реабилитация, геронтология.

Список литературы

1. Курилина Л.Р. Когнитивные нарушения у больных, оперированных по поводу травматических внутричерепных гематом. *Бюл. сиб. мед.* 2008;7(5-1):214–219.
2. Semple B.D., Zamani A., Rayner G., Shultz S.R., Jones N.C. Affective, neurocognitive and psychosocial disorders associated with traumatic brain injury and post-traumatic epilepsy. *Neurobiol. Dis.* 2019;123:27–41. doi: 10.1016/j.nbd.2018.07.018
3. Cho M.J., Jang S.H. Relationship between post-traumatic amnesia and white matter integrity in traumatic brain injury using tract-based spatial statistics. *Sci. Rep.* 2021;11(1):6898. doi: 10.1038/s41598-021-86439-0

4. Недугов Г.В. Факторы риска дислокации головного мозга при травматических субдуральных гематомах. *Казан. мед. ж.* 2008;89(6):807–810.
5. Alagoz F., Yildirim A.E., Sahinoglu M., Korkmaz M., Secer M., Celik H., Yel C., Guvenc Y., Uckun O.M., Narin F., Daglioglu E., Belen A.D. Traumatic acute subdural hematomas: analysis of outcomes and predictive factors at a single center. *Turk. Neurosurg.* 2017;27(2):187–191. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.15177-15.2
6. Xiong Y., Mahmood A., Chopp M. Current understanding of neuroinflammation after traumatic brain injury and cell-based therapeutic opportunities. *Chin. J. Traumatol.* 2018;21(3):137–151. doi: 10.1016/j.cjtee.2018.02.003
7. Захаров В.В. Головокружение у пожилых. *Фарматека.* 2012;(19):71–75.
8. Гудков А.Б., Дёмин А.В. Особенности постурального баланса у мужчин пожилого и старческого возраста с синдромом страха падения. *Успехи геронтол.* 2012;25(1):166–170.
9. Gazibara T., Kurtagic I., Kistic-Tepavcevic D., Nurkovic S., Kovacevic N., Gazibara T., Pekmezovic 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
10. 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
11. 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: 110.18699/SSMJ20210208
12. 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
13. Shin D.S., Hwang S.C. Neurocritical management of traumatic acute subdural hematomas. *Korean J. Neurotrauma.* 2020;16(2):113–125. doi: 10.13004/kjnt.2020.16.e43
14. Тальшов А.Э., Николаев А.Г., Пурас Ю.В. Возраст как фактор риска хирургического лечения черепно-мозговой травмы. *Нейрохирургия.* 2012;12(1):24–31. doi: 10.17650/1683-3295-2012-12-1-24-31
15. Баландин А.А., Юрушбаева Г.С., Баландина И.А. Возрастная корреляционная взаимосвязь показателей площадей мозолистого тела и ствола головного мозга. *Сиб. науч. мед. ж.* 2022;42(3):70–75. doi: 10.18699/SSMJ20220309
16. Зуев В.А., Мезенцева М.В., Шапошникова Г.М. Глиоз как пусковой механизм процесса старения мозга млекопитающих. *Международный академический журнал Российской академии естественных наук.* 2014;(4):9–22.
17. Сальков В.Н., Худоевков Р.М., Воронков Д.Н., Носс Н.С. Количественные изменения клеточных структур черного вещества мозга человека при старении. *Клин. и эксперим. морфол.* 2016;(2):11–16.
18. Balandina I.A., Balandin A.A., Kosareva P.V., Borodulin D.V., Amarantov D.G., Zheleznov L.M. Comparative organometric characteristic of the cerebellum of the young and old age. *Advances in Gerontology.* 2017;7(1):95–99. doi: 10.1134/S2079057017010039
19. Hollville E., Romero S.E., Deshmukh M. Apoptotic cell death regulation in neurons. *FEBS J.* 2019;286(17):3276–3298. doi: 10.1111/febs.14970
20. Magnusson S.P., Kjaer M. The impact of loading, unloading, ageing and injury on the human tendon. *J. Physiol.* 2019;597(5):1283–1298. doi: 10.1113/JP275450
21. Zhang J., Wang J.H. Moderate exercise mitigates the detrimental effects of aging on tendon stem cells. *PLoS One.* 2015;10(6):e0130454. doi: 10.1371/journal.pone.0130454
22. Haydout V., Bernard B.A., Fortunel N.O. Age-related evolutions of the dermis: Clinical signs, fibroblast and extracellular matrix dynamics. *Mech. Ageing. Dev.* 2019;177:150–156. doi: 10.1016/j.mad.2018.03.006

References

1. Kurilina L.R. Cognitive disorders in the patients with traumatic intracranial hematomas after the operation. *Byulleten' sibirskoy meditsiny = Bulletin of Siberian Medicine.* 2008;7(5-1):214–219. [In Russian].
2. Semple B.D., Zamani A., Rayner G., Shultz S.R., Jones N.C. Affective, neurocognitive and psychosocial disorders associated with traumatic brain injury and post-traumatic epilepsy. *Neurobiol. Dis.* 2019;123:27–41. doi: 10.1016/j.nbd.2018.07.018
3. Cho M.J., Jang S.H. Relationship between post-traumatic amnesia and white matter integrity in traumatic brain injury using tract-based spatial statistics. *Sci. Rep.* 2021;11(1):6898. doi: 10.1038/s41598-021-86439-0
4. Nedugov G.V. Risk factors for dislocation of the brain during traumatic subdural hematomas. *Kazanskiy meditsinskiy zhurnal = Kazan Medical Journal.* 2008;89(6):807–810. [In Russian].
5. Alagoz F., Yildirim A.E., Sahinoglu M., Korkmaz M., Secer M., Celik H., Yel C., Guvenc Y., Uckun O.M., Narin F., Daglioglu E., Belen A.D. Traumatic acute subdural hematomas: analysis of outcomes and predictive factors at a single center. *Turk. Neurosurg.* 2017;27(2):187–191. doi: 10.5137/1019-5149.JTN.15177-15.2

6. Xiong Y., Mahmood A., Chopp M. Current understanding of neuroinflammation after traumatic brain injury and cell-based therapeutic opportunities. *Chin. J. Traumatol.* 2018;21(3):137–151. doi: 10.1016/j.cjtee.2018.02.003
7. Zaharov V.V. Dizziness in the elderly. *Farmateka = Pharmateca.* 2012;(19):71–75. [In Russian].
8. Gudkov A.B., Dyomin A.V. Peculiarities of postural balance among elderly men with fear of falling syndrome. *Uspekhi gerontologii = Advances in Gerontology.* 2012;25(1):166–170. [In Russian].
9. Gazibara T., Kurtagic I., Kistic-Tepavcevic D., Nurkovic S., Kovacevic N., Gazibara T., Pekmezovic 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
10. 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
11. 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. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal.* 2021;41(2):56–65. [In Russian]. <https://doi.org/10.18699/SSMJ20210208>
12. 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. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal.* 2019;39(6):70–76. [In Russian]. doi: 10.15372/SSMJ20190609
13. Shin D.S., Hwang S.C. Neurocritical management of traumatic acute subdural hematomas. *Korean J. Neurotrauma.* 2020;16(2):113–125. doi: 10.13004/kjnt.2020.16.e43
14. Talypov A.E., Nikolaev A.G., Puras Ju.V. Age as risk factor for surgical treatment of head injury. *Neyrokhirurgiya = Neurosurgery.* 2012;12(1):24–31. [In Russian]. doi: 10.17650/1683-3295-2012-12-1-24-31
15. Balandin A.A., Yurushbaeva G.S., Balandina I.A. Age correlation of cerebral corpus callosum and brainstem area indicators. *Sibirskij nauchnyj medicinskij zhurnal = Siberian Scientific Medical Journal.* 2022;42(3):70–75. [In Russian]. doi: 10.18699/SSMJ20220309
16. Zuev V.A., Mezentsseva M.V., Shaposhnikova G.M. Gliosis as a triggering mechanism of the process of mammalian brain aging. *Mezhdunarodnyy akademicheskij zhurnal Rossijskoy akademii estestvennykh nauk = International Academic Journal of the Russian Academy of Natural Sciences.* 2014;(4):9–22. [In Russian].
17. Salkov V.N., Khudoerkov R.M., Voronkov D.N., Noss N.S. Quantitative analysis of age-related changes in substantia nigra cell structures in human brain. *Klinicheskaya i eksperimental'naya morfologiya = Clinical and Experimental Morphology.* 2016;(2):11–16. [In Russian].
18. Balandina I.A., Balandin A.A., Kosareva P.V., Borodulin D.V., Amarantov D.G., Zhelezov L.M. Comparative organometric characteristic of the cerebellum of the young and old age. *Advances in Gerontology.* 2017;7(1):95–99. doi: 10.1134/S2079057017010039
19. Hollville E., Romero S.E., Deshmukh M. Apoptotic cell death regulation in neurons. *FEBS J.* 2019;286(17):3276–3298. doi: 10.1111/febs.14970
20. Magnusson S.P., Kjaer M. The impact of loading, unloading, ageing and injury on the human tendon. *J. Physiol.* 2019;597(5):1283–1298. doi: 10.1113/JP275450
21. Zhang J., Wang J.H. Moderate exercise mitigates the detrimental effects of aging on tendon stem cells. *PLoS One.* 2015;10(6):e0130454. doi: 10.1371/journal.pone.0130454
22. Haydont V., Bernard B.A., Fortunel N.O. Age-related evolutions of the dermis: Clinical signs, fibroblast and extracellular matrix dynamics. *Mech. Ageing. Dev.* 2019;177:150–156. doi: 10.1016/j.mad.2018.03.006

Сведения об авторах:

Баладин Анатолий Александрович, к.м.н., ORCID: 0000-0002-3152-8380, e-mail: balandinnauka@mail.ru
Панкратов Михаил Константинович, ORCID: 0000-0001-6556-6644, e-mail: mischa280798@gmail.com
Баладина Ирина Анатольевна, д.м.н., проф., ORCID: 0000-0002-4856-9066, e-mail: balandina_ia@mail.ru

Information about the authors:

Anatoly A. Balandin, candidate of medical sciences, ORCID: 0000-0002-3152-8380, e-mail: balandinnauka@mail.ru
Mikhail K. Pankratov, ORCID: 0000-0001-6556-6644, e-mail: mischa280798@gmail.com
Irina A. Balandina, doctor of medical sciences, professor, ORCID: 0000-0002-4856-9066, e-mail: balandina_ia@mail.ru

Поступила в редакцию 31.01.2023

После доработки 03.04.2023

Принята к публикации 18.04.2023

Received 31.01.2023

Revision received 03.04.2023

Accepted 18.04.2023