

УДК 616-056.52+616.71-008.1+617.75  
DOI 10.24412/2312-2935-2025-1-346-355

## СВЯЗЬ САРКОПЕНИЧЕСКОГО ОЖИРЕНИЯ С ПОСТУРАЛЬНЫМИ НАРУШЕНИЯМИ И СИНДРОМОМ ПАДЕНИЙ У ПОЖИЛЫХ ПАЦИЕНТОВ С НАРУШЕНИЕМ ЗРЕНИЯ

*Д.Р. Шмарова<sup>1</sup>, А.А. Шорохова<sup>1</sup>, А.Е. Копылов<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск

<sup>2</sup>Тамбовский филиал ФГАУ «НМИЦ «Межотраслевый научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации, г. Тамбов

**Введение.** Саркопеническое ожирение считается основным фактором, способствующим нарушениям опорно-двигательного аппарата, таким как дисфункция мышечной иннервации и нейронно-мышечного контроля. В конечном итоге это влияет на поддержание осанки, и выполнение функциональных действий, требующих силы для поддержания равновесия и контроля осанки, становится проблематичным.

**Цель исследования** – изучение взаимосвязи саркопенического ожирения с постуральными нарушениями и синдромом падений у пожилых пациентов с нарушением зрения.

**Материалы и методы.** В исследование были включены 415 больных с саркопеническим ожирением и патологией зрения, проходивших стационарное лечение. Методом компьютерной стабилотрии определялось участие зрительной, соматосенсорной и вестибулярной систем в постуральном контроле. Определение распространённости синдрома падений проводилось через отношение абсолютного числа случаев падений на протяжении рассматриваемого периода времени к абсолютному числу пациентов пожилого возраста с саркопеническим ожирением и первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) или к абсолютному количеству пациентов пожилого возраста с саркопеническим ожирением и катарактой в расчете на 100 обследованных.

**Результаты исследования.** Проведенный анализ участия соматосенсорной, зрительной и вестибулярной систем в обеспечении постурального контроля пациентов 60–74 лет с синдромом падений при саркопеническом ожирении и ПОУГ по данным теста SOT компьютерной стабилотрии показал, что соматосенсорная система не претерпевает статистически значимых изменений под влиянием ПОУГ. Синдром падений зарегистрирован в  $53,8 \pm 2,2$  случаев на 100 пациентов в группе с саркопеническим ожирением и ПОУГ. В группе с саркопеническим ожирением и катарактой среди обследованных пациентов пожилого возраста данный гериатрический синдром диагностирован в  $24,4 \pm 1,9$  случаев на 100 больных. ПОУГ существенно повышает риск синдрома падений среди контингента больных с саркопеническим ожирением.

**Заключение.** Снижение участия соматосенсорной системы в обеспечении постурального контроля не влияет на данный гериатрический синдром, что указывает на приоритетность участия зрительной системы в контроле постурального баланса и предупреждении возникновения синдрома падений у пациентов с саркопеническим ожирением и дефиците зрительных функций. Поэтому такие пациенты, с точки зрения профилактики синдрома падений, требуют более пристального и динамичного наблюдения геронтологами и гериатрами, офтальмологами.

**Ключевые слова:** саркопеническое ожирение, пожилой возраст, нарушение зрения, постуральные нарушения, синдром падений

## **ASSOCIATION OF SARCOPENIC OBESITY WITH POSTURAL DISORDERS AND FALLS SYNDROME IN ELDERLY PATIENTS WITH VISUAL IMPAIRMENT**

*D.R. Shmarova<sup>1</sup>, A.A. Shorohova<sup>1</sup>, A.E. Kopylov<sup>2</sup>*

<sup>1</sup>*Southwest State University, Kursk*

<sup>2</sup>*S.N. Fedorov National medical research center «MNTK Eye Microsurgery», Tambov*

**Introduction.** Sarcopenic obesity is considered to be the main factor contributing to disorders of the musculoskeletal system, such as dysfunction of muscle innervation and neuromuscular control. Ultimately, this affects the maintenance of posture, and performing functional actions that require strength to maintain balance and control posture becomes problematic.

**The aim of the study** to study the relationship of sarcopenic obesity with postural disorders and falls syndrome in elderly patients with visual impairment.

**Materials and methods.** The study included 415 patients with sarcopenic obesity and visual pathology who underwent inpatient treatment. The participation of the visual, somatosensory and vestibular systems in postural control was determined by the method of computer stabilometry. The prevalence of falls syndrome was determined by the ratio of the absolute number of cases of falls during the time period under review to the absolute number of elderly patients with sarcopenic obesity and primary open-angle glaucoma (POAG) or to the absolute number of elderly patients with sarcopenic obesity and cataracts per 100 examined.

**Results.** The analysis of the participation of the somatosensory, visual and vestibular systems in providing postural control of patients 60-74 years old with falls syndrome in sarcopenic obesity and POAG according to the SOT test of computer stabilometry showed that the somatosensory system does not undergo statistically significant changes under the influence of POAG. The syndrome of falls was registered in  $53,8 \pm 2,2$  cases per 100 patients in the group with sarcopenic obesity and POAG. In the group with sarcopenic obesity and cataracts among the examined elderly patients, this geriatric syndrome was diagnosed in  $24,4 \pm 1,9$  cases per 100 patients. POAG significantly increases the risk of falls syndrome among the contingent of patients with sarcopenic obesity.

**Conclusion.** A decrease in the participation of the somatosensory system in providing postural control does not affect this geriatric syndrome, which indicates the priority of the participation of the visual system in controlling postural balance and preventing the occurrence of falls syndrome in patients with sarcopenic obesity and visual deficits. Therefore, such patients, from the point of view of the prevention of falls syndrome, require closer and more dynamic supervision by gerontologists and geriatricians, ophthalmologists.

**Keywords:** sarcopenic obesity, old age, visual impairment, postural disorders, falls syndrome

**Введение.** Головокружение (ощущение вращения и потери равновесия) являются наиболее распространенными симптомами, наблюдаемыми среди населения, и наиболее распространенными симптомами, предъявляемыми в отделениях неотложной помощи и клиниках первичной медико-санитарной помощи [1]. Большинство пожилых людей с

длительными проблемами головокружения также испытывают нарушения равновесия и походки. Постуральные нарушения определяются как неспособность поддерживать, достигать или восстанавливать состояние равновесия во время любой позы или вида деятельности. Любые когнитивные, сенсорные или двигательные нарушения могут привести к постуральным нарушениям, которые являются предиктором несчастных случаев при синдроме падений [2].

Саркопения – это дегенеративная потеря массы скелетных мышц (потеря 0,5-1% в год после 50 лет), качества мышц и мышечной силы, связанной со старением [3]. Саркопеническое ожирение также считается основным фактором, способствующим нарушениям опорно-двигательного аппарата, таким как дисфункция мышечной иннервации и нейронно-мышечного контроля. В конечном итоге это влияет на поддержание осанки, и выполнение функциональных действий, требующих силы для поддержания равновесия и контроля осанки, становится проблематичным [4].

Саркопеническое ожирение связано с повышенным риском падений и инвалидности у пожилых людей [5]. Возрастное снижение массы скелетных мышц, возникающее одновременно с ожирением, может привести к значительному увеличению риска заболеваемости и снижению функциональной активности [3]. Саркопеническое ожирение связывают с большим риском инвалидности, чем саркопения или ожирение само по себе, и с повышенным риском падений у пожилых людей [2].

**Цель исследования** – изучение взаимосвязи саркопенического ожирения с постуральными нарушениями и синдромом падений у пожилых пациентов с нарушением зрения.

**Материалы и методы.** Исследование проведено в Тамбовском филиале МНТК «Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Фёдорова» в 2023-2024 гг.

В исследование были включены 415 больных с саркопеническим ожирением и патологией зрения, проходивших стационарное лечение. Диагностика катаракты осуществлялась в соответствии с Клиническими рекомендациями «Старческая катаракта» [6]. Верификацию диагноза ПОУГ выполняли в соответствии с критериями «Национального руководства по глаукоме» [7]. Саркопеническое ожирение оценивалось по шкале European Working Group on Sarcopenia in Older People.

Методом компьютерной стабилometрии определялось участие зрительной, соматосенсорной и вестибулярной систем в постуральном контроле. При этом под

соматосенсорной системой понималась система, образованная рецепторами и центрами нервной системы, осуществляющая контроль пространственного положения за счет мышечной координации; под вестибулярной – сенсорная система, контролируемая мозжечком, и осуществляющая равновесие и ориентацию в пространстве. Зрительная система обеспечивает функцию зрения и за счёт органа зрения осуществляет контроль постурального баланса.

Определение распространённости синдрома падений проводилось через отношение абсолютного числа случаев падений на протяжении рассматриваемого периода времени к абсолютному числу пациентов пожилого возраста с саркопеническим ожирением и первичной открытоугольной глаукомой (ПОУГ) или к абсолютному количеству пациентов пожилого возраста с саркопеническим ожирением и катарактой в расчете на 100 обследованных. Кроме того, при этом определялась не только средняя распространённость синдрома падений, но и дифференциация падений по их количеству за анализируемый год.

При статистическом анализе полученных данных применялась программа «Statistica 10.0», определение интенсивных величин, экстенсивных показателей, средних арифметических величин, стандартных отклонений. Для оценки статистической значимости различий использовался критерий Краскела-Уоллиса с поправкой Бонферрони. Различие считалось статистически значимым при  $p < 0,05$ .

**Результаты и обсуждение.** Проведенный анализ участия соматосенсорной, зрительной и вестибулярной систем в обеспечении постурального контроля пациентов 60–74 лет с синдромом падений при саркопеническом ожирении и ПОУГ по данным теста SOT компьютерной стабилотрии показал, что соматосенсорная система не претерпевает статистически значимых изменений под влиянием ПОУГ (табл. 1). Однако изменения зрительной и вестибулярной систем у больных с саркопеническим ожирением и ПОУГ достоверно снижены.

У пациентов ухудшение параметров участия зрительной системы в постуральном контроле не только статистически значимо снижено по сравнению с группой возрастного контроля, но и находится ниже референсной величины. Средние параметры участия вестибулярной системы в постуральном контроле достоверно снижены среди больных 60–74 лет с синдромом падений при саркопеническом ожирении и ПОУГ, но находились в референсном диапазоне.

**Таблица 1**

Параметры участия сенсорных систем в обеспечении постурального контроля пациентов 60–74 лет с синдромом падений при саркопеническом ожирении и ПОУГ по данным теста SOT компьютерной стабилотрии (в %)

<b>Название сенсорной системы</b>	<b>Пациенты пожилого возраста с синдромом падений с саркопеническим ожирением и катарактой, n=200</b>	<b>Пациенты пожилого возраста с саркопеническим ожирением и ПОУГ, n=215</b>	<b>p</b>
Соматосенсорная	96,5±2,1	98,1±1,9	>0,05
Зрительная	87,8±2,0	78,7±1,8	<0,01
Вестибулярная	68,8±1,9	57,9±2,0	<0,01

Сравнительная характеристика особенностей постурального контроля со стороны сенсорных систем у больных 60–74 лет с синдромом падений при саркопеническом ожирении при ПОУГ и катаракте показала существенное снижение участия зрительной и вестибулярной систем в обеспечении постурального контроля под влиянием сформировавшейся ПОУГ. Особенно оказалось сниженным участие зрительной системы в снижении постурального контроля, доля которой не соответствовала границам нормы, что оказывает негативное влияние на возникновение синдрома падений в пожилом возрасте при саркопеническом ожирении и ПОУГ.

Определение уровня синдрома падений среди пациентов пожилого возраста, страдающих саркопеническим ожирением и ПОУГ, в сравнении с группой аналогичного возраста с саркопеническим ожирением и катарактой выявило статистически значимые различия, которые свидетельствуют о том, что синдром падений встречается значительно чаще при наличии такой офтальмологической патологии как ПОУГ.

Так, синдром падений зарегистрирован в 53,8±2,2 случаев на 100 пациентов в группе с саркопеническим ожирением и ПОУГ. В группе с саркопеническим ожирением и катарактой среди обследованных пациентов пожилого возраста данный гериатрический синдром диагностирован в 24,4±1,9 случаев на 100 больных. Сравнение интенсивных величин, характеризующих частоту синдрома падений среди пациентов пожилого возраста в изучаемых группах, показывает, что она в 2,2 раза выше у больных с саркопеническим ожирением и ПОУГ, чем у пациентов аналогичного возрастного ценза, страдающих саркопеническим

ожирением и катарактой, и указывает на большее влияние ПОУГ на частоту синдрома падений (табл. 2).

**Таблица 2**

Частота синдрома падений среди пациентов пожилого возраста, страдающих саркопеническим ожирением и ПОУГ, в сравнении с пациентами пожилого возраста с саркопеническим ожирением и катарактой на 100 обследованных (P±SD)

Частота синдрома падений на протяжении исследуемого года	Пациенты 60-74 лет с саркопеническим ожирением и катарактой, n=200	Пациенты 60-74 лет с саркопеническим ожирением и ПОУГ, n=215	p
1 падение в год	12,9±1,5	9,2±1,3	>0,05
2 падения в год	7,8±1,2	14,1±1,5	<0,01
3 падения в год	3,7±0,8	24,0±1,9	<0,001
Более 3-х падений в год	0,2±0,2	6,5±1,1	<0,001
Общая частота	24,4±1,9	53,8±2,2	<0,001

Так, на 100 обследованных представителей с саркопеническим ожирением и ПОУГ статистически значимо чаще диагностируются по 2 падения, 3 падения и более 3-х падений в исследуемом году. Особо существенное превышение частоты многократных падений в группе с саркопеническим ожирением и ПОУГ присуще синдрому падений с количеством 3 раза в год, составившее у пациентов пожилого возраста с первичной закрытоугольной глаукомой 24,0±1,9 случаев на 100 обследованных против 3,7±0,8 случаев на 100 обследованных среди пациентов пожилого возраста с саркопеническим ожирением и катарактой.

Оценка влияния периферического и центрального зрения на поструральный контроль показала, что при открытых и закрытых глазах не было существенной разницы в тесте стояния на одной ноге [8]. Однако наблюдалась значительная разница в длине шага и скорости с наибольшим увеличением при визуальном вмешательстве с помощью односторонней вертикальной полосы. Утверждается, что периферическое зрение оказывает большее влияние на баланс тела, чем центральное зрение. Стояние на одной ноге с открытыми глазами при различных визуальных вмешательствах практически одинаково и составляет при первом (вертикальная полоса), втором (двойная вертикальная полоса) и третьем (движущиеся люди) воздействии 29,60±1,40 сек, 27,20±1,40 и 28,40±1,40 сек соответственно. Не установлено значимых различий и при стоянии на одной ноге с закрытыми глазами. Однако

периферическое зрение оказало достоверное влияние на длину шага и скорость, которые оказались максимальными 200 мм и 3,4 мм/сек при втором воздействии.

В современных исследованиях редко изучается влияние саркопенического ожирения на риск и синдром падений, особенно с зрительным дефицитом. В исследовании отделения эпидемиологии и профилактики заболеваний США приняло участие 900 пожилых пациентов. Было установлено, что в пожилые мужчины с саркопеническим ожирением имели повышенные шансы риска падений, чем женщины с саркопеническим ожирением (OR: 3,34, 95% ДИ 1,37-8,26) [8]. Исследование, включавшее 193 пожилых человека, проживающих в Австралии, обследованных через год после перелома бедра, не выявило связи саркопенического ожирения с исходами падений [7]. Эти данные свидетельствуют о том, что между саркопеническим ожирением и падениями у пожилых людей существуют противоречивые ассоциации, и столь же противоречивые ассоциации с результатами физической активности, которые ранее, вероятно, частично объяснялись разнородными определениями [4, 10-13].

**Заключение.** Снижение участия соматосенсорной системы в обеспечении постурального контроля не влияет на данный гериатрический синдром, что указывает на приоритетность участия зрительной системы в контроле постурального баланса и предупреждении возникновения синдрома падений у пациентов с саркопеническим ожирением и дефиците зрительных функций. Поэтому такие пациенты, с точки зрения профилактики синдрома падений, требуют более пристального и динамичного наблюдения геронтологами и гериатрами, офтальмологами.

### Список литературы

1. Kim A.Y., Lee J.K., Kim S.H. Is postural dysfunction related to sarcopenia? A population-based study. PLoS One. 2020;15(5):e0232135. DOI: 10.1371/journal.pone.0232135
2. Копылов А.Е., Агарков Н.М., Титов А.А. Дефицитарный и соматический статус пациентов с саркопеническим ожирением и нарушением зрения. Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2024;1:191-200. DOI: 10.24412/2312-2935-2024-1-191-200
3. Yang M., Ding X., Luo L. Disability associated with obesity, dynapenia and dynapenic-obesity in chinese older adults. J Am Med Dir Assoc. 2014;15(2):e11-e16. DOI: 10.1016/j.jamda.2013.10.009

4. Cruz-Jentoft A.J., Sayer A.A. Sarcopenia. *Lancet*. 2019;393(10191):2636-2646. DOI: 10.1016/s0140-6736(19)31138-9
5. Scott D., Seibel M., Cumming R. Sarcopenic Obesity and Its Temporal Associations With Changes in Bone Mineral Density, Incident Falls, and Fractures in Older Men: The Concord Health and Ageing in Men Project. *J Bone Miner Res*. 2017;32(3):575-583. DOI: 10.1002/jbmr.3016
6. Амиров А.Н., Астахов С.Ю., Беликова Е.И. Клинические рекомендации «Старческая катаракта». М.: ООО «Ассоциация врачей-офтальмологов», 2020.
7. Нестеров А.П. Глаукома изд. 2-е. М.: Медицинское информационное агентство, 2014.
8. Kim S.H., Park D.J. The influence of peripheral vision induced by moving people on postural control in healthy adults. *J Exers Rehabil*. 2016;12(5):413-416. DOI: 10.12965/jer.1632718.359
9. Cauley J.A. An Overview of Sarcopenic Obesity. *J Clin Densitom*. 2015;18(4):499-505. DOI: 10.1016/j.jocd.2015.04.013
10. Шляфер С.И., Шикина И.Б. Оценка показателей, характеризующих оказания хирургической помощи пациентам старше трудоспособного возраста в Российской Федерации. Социальные аспекты здоровья населения [сетевое издание] 2021; 67(5):5. DOI: 10.21045/2071-5021-2021-67-5-5
11. Погонин А.В., Люцко В.В. Медицинская помощь, оказываемая в стационарных условиях, в Российской Федерации (обзор литературы). Современные проблемы здравоохранения и медицинской статистики. 2022; 1: 605-629.
12. Шкода А.С., Шикина И.Б., Ведяшкина С.Г., Колюцкая Е.О., Абросимова Т.Ю. Хирургическая помощь пациентам старше трудоспособного возраста в стационаре города Москвы. Клиническая геронтология. 2020; 5-6 (26) 22-27 DOI: 10.26347/1607-2499202005-06022-027
13. Scott D., Sanders K.M., Aitken D. Sarcopenic obesity and dynapenic obesity: 5-year associations with falls risk in middle-aged and older adults. *Obesity (Silver Spring)*. 2014;22(6):1568-1574. DOI: 10.1002/oby.20734

## References

1. Kim A.Y., Lee J.K., Kim S.H. Is postural dysfunction related to sarcopenia? A population-based study. *PLoS One*. 2020;15(5):e0232135. DOI: 10.1371/journal.pone.0232135

2. Kopylov A.E., Agarkov N.M., Titov A.A. Deficitarnyj i somaticheskij status pacientov s sarkopenicheskim ozhireniem i narusheniem zreniya [Deficiency and somatic status of patients with sarcopenic obesity and visual impairment]. *Sovremennye problemy zdavoohraneniya i medicinskoj statistiki* [Modern problems of healthcare and medical statistics]. 2024;1:191-200. DOI: 10.24412/2312-2935-2024-1-191-200
3. Yang M., Ding X., Luo L. Disability associated with obesity, dynapenia and dynapenic-obesity in chinese older adults. *J Am Med Dir Assoc.* 2014;15(2):e11–e16. DOI: 10.1016/j.jamda.2013.10.009
4. Cruz-Jentoft A.J., Sayer A.A. Sarcopenia. *Lancet.* 2019;393(10191):2636-2646. DOI: 10.1016/s0140-6736(19)31138-9
5. Scott D., Seibel M., Cumming R. Sarcopenic Obesity and Its Temporal Associations With Changes in Bone Mineral Density, Incident Falls, and Fractures in Older Men: The Concord Health and Ageing in Men Project. *J Bone Miner Res.* 2017;32(3):575-583. DOI: 10.1002/jbmr.3016
6. Amirov A.N., Astakhov S.Yu., Belikova E.I. *Klinicheskie rekomendacii «Starcheskaya katarakta»* [Clinical recommendations «Senile cataract»]. Moscow: Association of Ophthalmologists, 2020.
7. Nesterov A.P. *Glaukoma izd. 2-e* [Glaucoma of the 2nd edition]. Moscow: Medical Information Agency, 2014.
8. Kim S.H., Park D.J. The influence of peripheral vision induced by moving people on postural control in healthy adults. *J Exers Rehabil.* 2016;12(5):413-416. DOI: 10.12965/jer.1632718.359
9. Cauley J.A. An Overview of Sarcopenic Obesity. *J Clin Densitom.* 2015;18(4):499-505. DOI: 10.1016/j.jocd.2015.04.013
10. Shlyifer S.I., Shikina I.B. *Ocenka pokazatelej, harakterizuyushchih okazaniya hirurgicheskoy pomoshchi pacientam starshe trudosposobnogo vozrasta v Rossijskoj Federacii.* [Evaluation of indicators characterizing inpatient surgical care delivery to older patients in the Russian Federation]. *Social'nye aspekty zdorov'a naselenia* [Social aspects of population health [serial online] 2021; 67(5):5. DOI: 10.21045/2071-5021-2021-67-5-5 (In Russian)
11. Pogonin A.V., Lyutsko V.V. Inpatient medical care in the Russian Federation (literature review). [Medicinskaya pomoshch', okazyvaemaya v stacionarnyh usloviyah, v Rossijskoj Federacii (obzor literatury)]. *Modern problems of healthcare and medical statistics. [Current health and medical statistics issues]* 2022; 1: 605-629. (In Russian)

12. Skoda A.S., Shikina I.B., Vedyashkina S.G., Kolyutskaya E.O., Abrosimova T.Yu. Hirurgicheskaya pomoshch' pacientam starshe trudosposobnogo vozrasta v stacionare goroda Moskvy. [Surgical care of patients older than working age in a hospital in the city of Moscow]. Klinicheskaya gerontologiya. [Clinical gerontology]. 2020; 5-6 (26) 22-27 DOI: 10.26347/1607-2499202005-06022-027

13. Scott D., Sanders K.M., Aitken D. Sarcopenic obesity and dynapenic obesity: 5-year associations with falls risk in middle-aged and older adults. Obesity (Silver Spring). 2014;22(6):1568-1574. DOI: 10.1002/oby.20734

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

**Acknowledgments.** The study did not have sponsorship.

**Conflict of interests.** Authors declare no conflict of interest.

#### Сведения об авторах

**Шмарова Диана Руслановна** – студент кафедры биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования России, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, E-mail: shmarova.diana@mail.ru, SPIN-код: 2016-5754, ORCID: 0000-0003-3436-4059

**Шорохова Анастасия Алексеевна** - студент кафедры биомедицинской инженерии ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет» Министерства науки и высшего образования России, 305040, г. Курск, ул. 50 лет Октября, 94, E-mail: shorohova20015@gmail.com, SPIN-код: 2016-5754, ORCID: 0000-0003-3436-4059

**Копылов Андрей Евгеньевич** – к.м.н., заведующий отделением лазерного центра Тамбовского филиала ФГАУ «НМИЦ «Межотраслевый научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» им. акад. С.Н. Фёдорова», 392000, г. Тамбов, Рассказовское шоссе, 1, E-mail: mntk@mntk-tambov.ru, SPIN-код: 3584-5021, ORCID: 0000-0002-3536-1645

#### Information about authors

**Diana R. Shmarova** - student of the Department of Biomedical Engineering of the Southwest State University, 305040, Kursk, 50 years of October str., 94, E-mail: shmarova.diana@mail.ru, SPIN-код: 2016-5754, ORCID: 0000-0003-3436-4059

**Anastasia A. Shorokhova** - student of the Department of Biomedical Engineering of the Southwest State University, 305040, Kursk, 50 years of October str., 94, E-mail: shorohova20015@gmail.com, SPIN code: 2016-5754, ORCID: 0000-0003-3436-4059

**Andrey E. Kopylov** – PhD, Head of the Laser Center Department at the S.N. Fedorov National medical research center «MNTK Eye Microsurgery», Tambov, 392000, Tambov, Rasskazovskoe highway, 1, E-mail: mntk@mntk-tambov.ru, SPIN-code: 3584-5021, ORCID: 0000-0002-3536-1645

Статья получена: 19.09.2024 г.

Принята к публикации: 25.03.2025 г.