



DOI: 10.18413/2658-6533-2021-7-2-0-8

УДК 618.53:238(01+354):291.2

Изменение системы комплемента крови в развитии диабетической ретинопатии в пожилом возрасте

Н.М. Агарков¹ , Т.С. Гурко² , И.В. Лев² , А.А. Щекатуров³ ,
А.А. Шабалин⁴ 

¹ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Юго-Западный государственный университет»,
ул. 50 лет Октября, д. 94, г. Курск, 305040, Российская Федерация

² Федеральное государственное автономное учреждение «Национальный медицинский исследовательский центр «Межотраслевой научно-технический комплекс «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова»,
Бескудниковский бульвар, д. 59а, г. Москва, 127486, Российская Федерация

³ Федеральное государственное бюджетное учреждение «Лечебно-реабилитационный клинический центр»,
ул. Кржижановского, д. 24/35-6, г. Москва, 17218, Российская Федерация

⁴ Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования «Курский государственный медицинский университет»,
ул. Карла Маркса, д. 3, г. Курск, 305041, Российская Федерация

Автор для переписки: Н.М. Агарков (vitalaxen@mail.ru)

Резюме

Актуальность: В пожилом возрасте диабетическая ретинопатия вызывает существенное ухудшение функциональной активности и качества жизни пациентов, но отдельные механизмы ее развития и, в частности, влияние компонентов системы комплемента крови остаются недостаточно изученными. **Цель исследования:** Анализ особенностей системы комплемента крови у пациентов пожилого возраста с диабетической ретинопатией. **Материалы и методы:** На базе Тамбовского филиала МНТК «Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Федорова» у 78 пациентов 60-74 лет с диабетической ретинопатией (основная группа) изучены компоненты системы комплемента крови посредством иммуноферментного анализа и гемолитического метода с использованием коммерческого набора ELISA (UK). Контрольную группу составили 46 пациентов 60-74 лет без диабетической ретинопатии, у которых аналогично исследовали систему комплемента крови. Для выделения ведущих компонентов системы комплемента крови, способствующих развитию диабетической ретинопатии, проводили определение отношения шансов по общепринятой методике. **Результаты:** У пациентов пожилого возраста с диабетической ретинопатией выявлено существенное и статистически значимое увеличение в сыворотке крови С3а – компоненты системы комплемента до $145,9 \pm 4,3$ нг/мл против $43,1 \pm 3,8$ нг/мл – в контрольной группе, С5а – компоненты до $6,8 \pm 0,4$ нг/мл против $3,2 \pm 0,2$ нг/мл

соответственно, фактора Н до $262,3 \pm 5,0$ мкг/мл против $139,8 \pm 4,1$ мкг/мл. Одновременно при развитии диабетической ретинопатии наблюдалось снижение С1-инг. компонентов. В соответствии с величинами отношения шансов ведущими компонентами системы комплемента крови, определяющими формирование диабетической ретинопатии в пожилом возрасте, являются С3а – компонента, С5а – компонента и фактор Н системы комплемента. **Заключение:** Полученные результаты в научно-практическом аспекте представляют интерес для понимания этиопатогенеза диабетической ретинопатии и могут быть использованы при разработке методов лечения данного заболевания.

Ключевые слова: диабетическая ретинопатия; пожилой возраст; система комплемента крови

Для цитирования: Агарков НМ, Гурко ТС, Лев ИВ, и др. Изменение системы комплемента крови в развитии диабетической ретинопатии в пожилом возрасте. Научные результаты биомедицинских исследований. 2021;7(2):173-180. DOI: 10.18413/2658-6533-2021-7-2-0-8

Changes in the blood complement system in the development of diabetic retinopathy in the elderly

Nikolai M. Agarkov¹ , Tatyana S. Gorko² , Inna V. Lev² ,
Alexey A. Shekaturov³ , Aleksey A. Shabalin⁴ 

¹ Southwest State University,

94 50 Let Oktyabrya St., Kursk, 305040, Russia

² S.N. Fyodorov Eye Microsurgery State Institution,
59a Beskudnikovskiy Blvd., Moscow, 127486, Russia

³ Treatment and Rehabilitation Clinical Center,
24/35-6 Krzhizhanovskiy St., Moscow, 17218, Russia

⁴ Kursk State Medical University,

3 Karl Marx St., Kursk, 305041, Russia

Corresponding author: Nikolai M. Agarkov (vitalaxen@mail.ru)

Abstract

Background: In the elderly, diabetic retinopathy causes a significant deterioration in the functional activity and quality of life of patients, but the individual mechanisms of its development and, in particular, the influence of the components of the blood complement system remain insufficiently studied. **The aim of the study:** To analyze the features of the blood complement system in elderly patients with diabetic retinopathy. **Materials and methods:** The components of the blood complement system were studied in 78 patients aged 60-74 years with diabetic retinopathy (the main group) at the Tambov branch of the Academician S. N. Fedorov Eye Microsurgery Research Institute by means of an enzyme immunoassay and a hemolytic method using a commercial ELISA kit (UK). The control group consisted of 46 patients aged 60-74 years without diabetic retinopathy, in whom the blood complement system was similarly examined. To identify the leading components of the blood comple-

ment system that contribute to the development of diabetic. **Results:** In elderly patients with diabetic retinopathy, there was a significant and statistically significant increase in serum C3a components of the complement system to 145.9 ± 4.3 ng/ml versus 43.1 ± 3.8 ng/ml in the control group, C5a components to 6.8 ± 0.4 ng/ml versus 3.2 ± 0.2 ng/ml, respectively, factor H to 262.3 ± 5.0 mcg/ml versus 139.8 ± 4.1 mcg/ml. Simultaneously, with the development of diabetic retinopathy, a decrease in C1-inh components was observed. In accordance with the values of the odds ratio, the leading components of the blood complement system that determine the formation of diabetic retinopathy in old age are the C3a component, C5a component, and the H factor of the complement system. **Conclusion:** The results obtained in the scientific and practical aspect are of interest for understanding the etiopathogenesis of diabetic retinopathy and can be used in the development of treatment methods for this disease.

Keywords: diabetic retinopathy; elderly age; blood complement system

For citation: Agarkov NM, Gorko TS, Lev IV, et al. Changes in the blood complement system in the development of diabetic retinopathy in the elderly. Research Results in Biomedicine. 2021;7(2):173-180. Russian. DOI: 10.18413/2658-6533-2021-7-2-0-8

Введение. Распространённым осложнением сахарного диабета 2-го типа в современных условиях считается диабетическая ретинопатия (ДР), встречающаяся при сахарном диабете у более 60% пациентов, и выступающая причиной необратимых нарушений зрения трудоспособного и пожилого населения [1]. ДР имеет сложную патофизиологию, которая охватывает все функции сетчатки, включая нейрональную активность и изменения в сосудистой системе сетчатки, приводящие к нейровоспалению, постепенной нейродегенерации и видимым сосудистым осложнениям [2, 3]. Нарушения в иммунной регуляции запускают каскад воспалительных реакций, изменяющих иммунные защитные механизмы, включая популяцию микроглии и систему комплемента [4-7]. Несмотря на важную роль системы комплемента в системном воспалительном ответе и нарушении регуляции при сахарном диабете 2-го типа отдельные компоненты системы комплемента остаются недостаточно изученными как на уровне организма, так и на местном уровне [6, 8, 9]. Кроме того, отдельные исследования выполнены в экспериментальных условиях на животных (мыши), показавшие отсутствие неоваскуляризации при сниженном уровне ангиогенных факторов, что позволило предположить наличие компонента ком-

плементы C_3 в качестве проангиогенного фактора [10].

Система комплемента практически не исследована у пациентов пожилого возраста, страдающих ДР, которая, как известно, обеспечивает поддержание целостности сетчатки в процессе старения [3]. В ранее проведённых исследованиях система комплемента крови у пациентов с ДР изучена фрагментарно и без сравнения с возрастным контролем, не имеющим ДР.

Цель исследования. Анализ особенностей системы комплемента крови у пациентов пожилого возраста с ДР.

Материал и методы исследования. Исследование проведено в 2019-2020 гг. на базе Тамбовского филиала МНТК «Микрохирургия глаза имени академика С.Н. Федорова». Основную группу составили 78 пациентов с ДР в возрасте 60-74 лет. Контролем служили 46 пациентов аналогичного возраста, страдающих общесоматической патологией, но не имеющих в анамнезе и в настоящее время сахарного диабета, ДР, первичной открытоугольной глаукомы и других офтальмологических заболеваний.

Верификация ДР осуществлялась по результатам комплексного офтальмологического обследования с применением современных сертифицированных инстру-

ментальных методов и аппаратов. Внутриглазное давление определяли бесконтактным пневмотонометром «Reichert 7 CR» (USA). Остроту зрения изучали с помощью пректора опто типов Reichert (USA) с стандартным набором корректируемых линз. Диагноз ДР устанавливался с учетом критериев, изложенных в Национальном руководстве по ДР.

Для изучения системы комплемента сыворотку крови получали в утреннее время натощак. При измерении содержания различных компонентов системы комплемента в сыворотке крови применяли иммуноферментный анализ и гемолитический метод, а также коммерческий набор ELISA (Abcam, Cambridge, UK).

Выделение ведущих компонентов системы комплемента сыворотки крови, участвующих в развитии ДР, осуществляли путем вычисления отношения шансов (ОШ) по общепринятой формуле: $ОШ = (a_x \cdot b) / (b_x \cdot c)$, где *a* – наличие компонента системы комплемента в крови пациентов основной группы, *b* – отсутствие его в основной группе, *c* – наличие в крови компонентов системы комплемента среди па-

циентов контрольной группы, *d* – отсутствие их в контрольной группе. При анализе статистической значимости рассчитанных величин ОШ определялись доверительные интервалы. Статистический анализ проводился с использованием IBM SPSS «Statistica 10.0» с расчетом критерия χ^2 и *t* – Стьюдента. Нормальность распределения концентраций компонентов системы комплемента крови оценивалось по критерию Шапиро-Уилка.

Включение пациентов в клинические группы осуществлялось после получения их письменного информированного согласия, а исследование выполнено с соблюдением этических норм Хельсинской декларации.

Результаты и их обсуждение. Среди пациентов 60-74 лет, страдающих ДР, содержание большинства компонентов системы комплемента в сыворотке крови было статистически значимо повышено по сравнению с пожилыми пациентами без ДР (таблица 1), за исключением *C5* – компоненты системы комплемента, уровень которой имел тенденцию к повышению, но не достиг достоверной разницы.

Таблица 1

Содержание компонентов системы комплемента в сыворотке крови пациентов с диабетической ретинопатией (M±m)

Table 1

The content of components of the complement system in the blood serum of patients with diabetic retinopathy (M±m)

Компонент системы комплемента	Пациенты 60-74 лет с диабетической ретинопатией	Пациенты 60-74 лет без диабетической ретинопатии	P
C ₃ , мг/дл	98,2±3,8	61,5±2,3	<0,001
C _{3a} , нг/мл	145,9±4,3	43,1±3,8	<0,001
C ₄ , мг/дл	31,6±2,2	20,4±1,4	<0,001
C ₅ , мг/мл	36,0±2,0	32,6±1,8	>0,05
C _{5a} , нг/мл	6,8±0,4	32±0,2	<0,001
C ₁ - инг., мкг/мл	194,7±5,3	235,4±4,5	<0,001
Фактор Н, мкг/мл	262,3±5,0	139,8±4,1	<0,001

Обращает внимание наиболее существенное увеличение концентрации *C_{3a}* – компоненты системы комплемента у пациентов с ДР, превышающее содержание в контрольной группе по данному показателю в 3,4 раза. Развитие ДР в пожилом возрасте сопровождается также значительным увеличением в сыворотке крови *C_{5a}* – ком-

поненты системы комплемента и фактора Н. По сравнению с вышеназванными компонентами системы комплемента среди пациентов пожилого возраста с ДР наблюдалось в меньшей степени, но статистически значимое повышение содержания в сыворотке крови *C₃* и *C₄* – компонентов системы комплемента. И, напротив, уро-

вень C_1 – инг. системы комплемента вследствие развития ДР статистически значимо по отношению к контрольной группе снизился в сыворотке крови.

Выделение в дальнейшем ведущих компонентов системы комплемента в развитии ДР в пожилом возрасте посредством процедуры расчета отношения шансов показало, что потенциально высокий риск развития ДР ассоциирован с C_{3a} – компонентной системы комплемента (таблица 2). Высокая величина отношения шансов для формирования ДР среди исследованных компонентов системы комплемента установлена для C_{5a} – компоненты, повышение кото-

рой в сыворотке крови свыше $6,8 \pm 0,4$ нг/мл увеличивает риск данной патологии в 3,845 раз с достоверным доверительным интервалом. Высоким риском в развитии ДР в пожилом возрасте обладает также фактор Н, увеличение которого в сыворотке крови более $262,3 \pm 5,0$ мкг/мл повышает риск развития ДР в 3,574 раза. Отношение шансов для других компонентов системы комплемента крови имеет меньшие величины, чем для ранее рассмотренных, что объективно свидетельствует о меньшей вероятности развития ДР в пожилом возрасте при соответствующих изменениях их содержания в сыворотке крови.

Таблица 2

Отношение шансов для компонентов системы комплемента сыворотки крови у пациентов 60-74 лет с ДР

Table 2

Odds ratio for components of the serum complement system in patients aged 60-74 years with DR

Компонент системы комплемента, единица измерения	Отношение шансов	Доверительный интервал	P
C_3 , мг/дл	2,732	2,348 – 3,054	<0,0024
C_{3a} , нг/мл	5,186	4,876 – 5,359	<0,0001
C_4 , мг/дл	2,058	1,643 – 2,452	<0,0035
C_5 , мг/мл	1,157	0,786 – 1,438	<0,076
C_{5a} , нг/мл	3,845	3,621 – 4,254	<0,0021
C_1 – инг., мкг/мл	1,862	1,738 – 2,308	<0,0038
Фактор Н, мкг/мл	3,574	3,257 – 3,846	<0,0053

Исследование образцов сыворотки крови по содержанию в ней C_3 компоненты системы комплемента у пациентов с ДР в возрасте $53,83 \pm 1,61$ лет, то есть у более молодых пациентов, чем обследованных в нашем исследовании, выявило незначительное и статистически незначимое увеличение [11]. Не установлено также каких-либо существенных изменений ни для одного из других фрагментов C_3 компоненты – C_{3b} , C_{3bc} , C_{3ba} – в сыворотке крови в группе вышеуказанных пациентов. В настоящей работе, напротив, диагностировано у пациентов пожилого возраста с ДР статистически значимое повышение не только C_3 -компоненты, но и фрагмента C_{3a} – компоненты системы комплемента, причём увеличение последней оказалось более существенным, нежели C_3 -компоненты. C_3 -компонента системы комплемента, как

известно, представляет центральный белок комплемента и активация системы комплемента вызывает протеолитическую фрагментацию C_3 -компоненты. Эти фрагменты могут связываться с близлежащими тканями и усиливать воспалительный процесс [12, 13]. Среди различных фрагментов C_3 -компоненты системы комплемента отмечена только значительная активация фрагмента C_{3ba} в стекловидном теле пациентов с ДР пожилого возраста [11].

В отличие от полученных нами результатов, установивших увеличение в сыворотке крови больных 60-74 лет с ДР фактора Н системы комплемента, в исследовании [11] обнаружено его снижение в аналогичном биоматериале, а в стекловидном теле повышение фактора Н. Это, по мнению авторов [11], указывает на то, что повышенный уровень фактора Н системы

комплемента в стекловидном теле был обусловлен не инфильтрацией сыворотки крови, а локализованным явлением в самом стекловидном теле. Однако повышение уровня данного фактора может быть механизмом обратной связи для поддержания уровня C_3ba – компоненты системы комплемента [14]. В других исследованиях [4] у пациентов 54 лет с ДР в сыворотке крови выявлены высокие уровни C_2 – компоненты, фактора Д и C_5 – компоненты системы комплемента, имеющие статистически значимые различия по сравнению с содержанием в стекловидном теле. Так, уровень C_2 – компоненты в сыворотке крови составил 8419 нг/мл, тогда как в стекловидном теле – 2502 нг/мл, фактора Д 2779 нг/мл и 388 нг/мл соответственно, C_5 – компоненты системы комплемента 46,98 нг/мл и 41,05 нг/мл соответственно. Несмотря на то, что эти результаты четко указывают на активацию системы комплемента при ДР, конечная роль комплемента в её патогенезе менее ясна и требуются новые исследования. Нами с учётом величин отношения шансов выделены ведущие компоненты системы комплемента, участвующие в развитии ДР.

Заключение. Особенности системы комплемента крови у пожилых пациентов с ДР являются существенное увеличение C_3a – компоненты, C_5a – компоненты и фактора Н, а также статистически значимое снижение C_1 – инг. компоненты. Ведущими компонентами системы комплемента крови, определяющими высокий риск развития ДР в пожилом возрасте, выступают C_3a – компонента, фактор Н и C_5a – компонента. Полученные результаты расширяют этиопатогенетические представления о формировании ДР у пожилых и свидетельствуют о важной роли компонентов системы комплемента в иницировании обсуждаемых патологических процессов, что может иметь прикладное значение для диагностики и лечения ДР.

Информация о финансировании

Финансирование данной работы не проводилось.

Financial support

No financial support has been provided for this work.

Конфликт интересов

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interests

The authors have no conflict of interest to declare.

Список литературы

1. Duh EJ, Sun JK, Stitt AW. Diabetic retinopathy: current understanding, mechanisms, and treatment strategies. *JCI insight*. 2017;2(14):e93751. DOI: <https://doi.org/10.1172/jci.insight.93751>
2. Chen M, Xu H. Parainflammation, chronic inflammation, and age-related macular degeneration. *Journal of Leukocyte Biology*. 2015;98(5):713-725. DOI: <https://doi.org/10.1189/jlb.3RI0615-239R>
3. Mukai R, Okunuki Y, Husain D, et al. The Complement System Is Critical in Maintaining Retinal Integrity during Aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2018;10:15. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00015>
4. Mandava N, Tirado-Gonzalez V, Geiger MD, et al. Complement Activation in the Vitreous of Patients With Proliferative Diabetic Retinopathy. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2020;61(11):39. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.61.11.39>
5. Solomon SD, Chew E, Duh EJ, et al. Diabetic Retinopathy: A Position Statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2017;40(3):412-418. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc16-2641>
6. Rubsam A, Parikh S, Fort PE. Role of Inflammation in Diabetic Retinopathy. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018;19(4):942. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19040942>
7. Clark SJ, Bishop PN. The eye as a complement dysregulation hotspot. *Seminars in Immunopathology*. 2018;40(1):65-74. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00281-017-0649-6>
8. Akhtar-Schafer I, Wang L, Krohne TU, et al. Modulation of three key innate immune pathways for the most common retinal degenera-

tive diseases. *EMBO Molecular Medicine*. 2018;10(10):e8259. DOI: <https://doi.org/10.15252/emmm.201708259>

9. Balaiya S, Zhou Z, Chalam KV. Characterization of Vitreous and Aqueous Proteome in Humans With Proliferative Diabetic Retinopathy and Its Clinical Correlation. *Proteomics Insights*. 2017;8:1178641816686078. DOI: <https://doi.org/10.1177/1178641816686078>

10. Schori C, Trachsel C, Grossmann J, et al. The Proteomic Landscape in the Vitreous of Patients With Age-Related and Diabetic Retinal Disease. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2018;59(4):AMD31-AMD40. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.18-24122>

11. Shahulhameed S, Vishwakarma S, Chhablani J, et al. A Systematic Investigation on Complement Pathway Activation in Diabetic Retinopathy. *Frontiers in Immunology*. 2020;11:154. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00154>

12. Li J, Li Q, Li P. Quantitative proteomics analysis of vitreous body from type 2 diabetic patients with proliferative diabetic retinopathy. *BMC Ophthalmology*. 2018;18(1):151. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0821-3>

13. Kim K, Kim ES, Kim DG, et al. Progressive retinal neurodegeneration and microvascular change in diabetic retinopathy: longitudinal study using OCT angiography. *Acta Diabetologica*. 2019;56(12):1275-1282. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00592-019-01395-6>

14. Keir LS, Firth R, Aponik L, et al. VEGF regulates local inhibitory complement proteins in the eye and kidney. *Journal of Clinical Investigation*. 2017;127(1):199-214. DOI: <https://doi.org/10.1172/JCI86418>

References

1. Duh EJ, Sun JK, Stitt AW. Diabetic retinopathy: current understanding, mechanisms, and treatment strategies. *JCI insight*. 2017;2(14):e93751. DOI: <https://doi.org/10.1172/jci.insight.93751>

2. Chen M, Xu H. Parainflammation, chronic inflammation, and age-related macular degeneration. *Journal of Leukocyte Biology*. 2015;98(5):713-725. DOI: <https://doi.org/10.1189/jlb.3RI0615-239R>

3. Mukai R, Okunuki Y, Husain D, et al. The Complement System Is Critical in Maintaining Retinal Integrity during Aging. *Frontiers in Aging Neuroscience*. 2018;10:15. DOI: <https://doi.org/10.3389/fnagi.2018.00015>

4. Mandava N, Tirado-Gonzalez V, Geiger MD, et al. Complement Activation in the Vitreous of Patients With Proliferative Diabetic Retinopathy. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2020;61(11):39. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.61.11.39>

5. Solomon SD, Chew E, Duh EJ, et al. Diabetic Retinopathy: A Position Statement by the American Diabetes Association. *Diabetes Care*. 2017;40(3):412-418. DOI: <https://doi.org/10.2337/dc16-2641>

6. Rubsam A, Parikh S, Fort PE. Role of Inflammation in Diabetic Retinopathy. *International Journal of Molecular Sciences*. 2018;19(4):942. DOI: <https://doi.org/10.3390/ijms19040942>

7. Clark SJ, Bishop PN. The eye as a complement dysregulation hotspot. *Seminars in Immunopathology*. 2018;40(1):65-74. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00281-017-0649-6>

8. Akhtar-Schafer I, Wang L, Krohne TU, et al. Modulation of three key innate immune pathways for the most common retinal degenerative diseases. *EMBO Molecular Medicine*. 2018;10(10):e8259. DOI: <https://doi.org/10.15252/emmm.201708259>

9. Balaiya S, Zhou Z, Chalam KV. Characterization of Vitreous and Aqueous Proteome in Humans With Proliferative Diabetic Retinopathy and Its Clinical Correlation. *Proteomics Insights*. 2017;8:1178641816686078. DOI: <https://doi.org/10.1177/1178641816686078>

10. Schori C, Trachsel C, Grossmann J, et al. The Proteomic Landscape in the Vitreous of Patients With Age-Related and Diabetic Retinal Disease. *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. 2018;59(4):AMD31-AMD40. DOI: <https://doi.org/10.1167/iovs.18-24122>

11. Shahulhameed S, Vishwakarma S, Chhablani J, et al. A Systematic Investigation on Complement Pathway Activation in Diabetic Retinopathy. *Frontiers in Immunology*. 2020;11:154. DOI: <https://doi.org/10.3389/fimmu.2020.00154>

12. Li J, Li Q, Li P. Quantitative proteomics analysis of vitreous body from type 2 diabetic patients with proliferative diabetic retinopathy. *BMC Ophthalmology*. 2018;18(1):151. DOI: <https://doi.org/10.1186/s12886-018-0821-3>

13. Kim K, Kim ES, Kim DG, et al. Progressive retinal neurodegeneration and microvascular change in diabetic retinopathy: longitudinal study using OCT angiography. *Acta Diabetologica*. 2019;56(12):1275-1282. DOI: <https://doi.org/10.1007/s00592-019-01395-6>

14. Keir LS, Firth R, Aponik L, et al. VEGF regulates local inhibitory complement proteins in the eye and kidney. *Journal of Clinical Investigation*. 2017;127(1):199-214. DOI: <https://doi.org/10.1172/JCI86418>

Статья поступила в редакцию 20 февраля 2021 г.

Поступила после доработки 12 апреля 2021 г.

Принята к печати 26 апреля 2021 г.

Received 20 February 2021

Revised 12 April 2021

Accepted 26 April 2021

Информация об авторах

Николай Михайлович Агарков, доктор медицинских наук, профессор кафедры биомедицинской инженерии, ФГБОУ ВО «Юго-Западный государственный университет», г. Курск, Российская Федерация, E-mail: vitalaxen@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4821-3692>.

Татьяна Станиславовна Гурко, врач-офтальмолог высшей категории, Тамбовский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова», г. Тамбов, Российская Федерация, E-mail: mntk@mntk-tambov.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0202-7795>.

Инна Валерьевна Лев, кандидат медицинских наук, заведующий первым хирургическим отделением, Тамбовский филиал ФГАУ «НМИЦ «МНТК «Микрохирургия глаза» имени академика С.Н. Федорова», г. Тамбов, Российская Федерация, E-mail: michina.inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3436-4059>.

Алексей Анатольевич Щекатуров, начальник офтальмологического отделения, ФГБУ «Лечебно-реабилитационный клинический центр», г. Москва, Российская Федерация, E-mail: Irkc@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1970-5591>.

Алексей Александрович Шабалин, студент ФГБОУ ВО «Курский государственный медицинский университет», г. Курск, Российская Федерация, E-mail: cap2609@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1867-7074>.

Information about the authors

Nikolai M. Agarkov, Doct. Sci. (Medicine), Professor at the Department of Biomedical Engineering, Southwest State University, Kursk, Russia, E-mail: vitalaxen@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-4821-3692>.

Tatyana S. Gorko, Ophthalmologist of the Highest Category, Tambov Branch of the S.N. Fyodorov Eye Microsurgery State Institution, Tambov, Russia, E-mail: mntk@mntk-tambov.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0202-7795>.

Inna V. Lev, Cand. Sci. (Medicine), Head of the First Surgical Department, Tambov Branch of the S.N. Fyodorov Eye Microsurgery State Institution, Tambov, Russia, E-mail: michina.inna@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3436-4059>.

Alexey A. Shekaturov, Head of the Ophthalmology Department, Treatment and Rehabilitation Clinical Center, Moscow, Russia, E-mail: Irkc@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1970-5591>.

Aleksey A. Shabalin, Student, Kursk State Medical University, Kursk, Russia, E-mail: cap2609@mail.ru, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-1867-7074>.