



<https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-2-50-54>

Ковариационный анализ результатов запланированной и фактически полученной гипокоррекции после эксимерлазерной хирургии у пациентов среднего возраста с миопической рефракцией

Н.В. Ходжабекян, Е.П. Тарутта, А.Т. Ханджян, М.Д. Сенгаева✉, А.В. Иванова, К.Б. Летникова, А.С. Складорова

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Цель работы — провести ковариационный анализ результатов запланированной и фактически полученной рефракции после эксимерлазерной коррекции миопии у пациентов среднего возраста. **Материал и методы.** 85 пациентам (170 глаз) в возрасте 35–50 лет проведена эксимерлазерная коррекция миопии методом фемтоЛАСИК. Пациенты были разделены на группы в зависимости от степени миопии: 1-я группа включала 13 пациентов (26 глаз) с миопией от -1,25 до -3,0 дптр, 2-я группа — 42 пациента (84 глаза) с миопией от -3,25 до -6,0 дптр и 3-я группа — 30 пациентов (60 глаз) с миопией -6,25 дптр и выше. **Результаты.** Обнаружено, что у пациентов с миопией слабой степени вне зависимости от возраста полученный послеоперационный рефракционный эффект был ближе к запланированному, чем у пациентов с миопией средней и высокой степени. Различия (дельта) между запланированным и полученным результатом составило $-0,35 \pm 0,08$ дптр (41 %) в 1-й группе, $-0,58 \pm 0,04$ дптр (51,3 %) во 2-й и $-0,64 \pm 0,05$ дптр (46 %) в 3-й, отличие между этими показателями в группе слабой и высокой миопии статистически достоверно ($p < 0,01$). **Заключение.** Пациентам с миопией слабой степени в возрасте старше 35 лет можно планировать симметричную гипокоррекцию в бинокулярном формате без учета объективных данных об исходной гидратации роговицы, которая оказывает влияние на объем абляции. Для более точного совпадения запланированного и фактически полученного гипозффекта, соответственно — определения адекватной дозировки операции, при миопии средней и высокой степени важно внедрение в клиническую практику технологии бесконтактного измерения гидратации роговицы.

Ключевые слова: миопия; гипокоррекция; фемтоЛасик; пресбиопия

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Для цитирования: Ходжабекян Н.В., Тарутта Е.П., Ханджян А.Т., Сенгаева М.Д., Иванова А.В., Летникова К.Б., Складорова А.С. Ковариационный анализ результатов запланированной и фактически полученной гипокоррекции после эксимерлазерной хирургии у пациентов среднего возраста с миопической рефракцией. Российский офтальмологический журнал. 2021; 14 (2):50-4. <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-2-50-54>

An ANCOVA analysis of the results of planned and actually obtained hypocorrection after excimer laser surgery in middle-aged patients with myopia

Narine V. Khodzhabekyan, Elena P. Tarutta, Anush T. Khandzhyan, Maria D. Sengaeva✉, Anastasia V. Ivanova, Ksenia B. Letnikova, Anna S. Sklyarova

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia
mariasengaeva@mail.ru

Purpose: a covariance analysis of the planned and actually obtained refraction after excimer laser myopia correction surgery in middle-aged patients. **Material and methods.** 85 patients (170 eyes) aged 35 to 50 underwent excimer laser myopia correction surgery by FemtoLASIK. The patients were divided into 3 groups according to the degree of myopia: group 1 included 13 patients (26 eyes) with myopia from -1.25 to -3.0 D, group 2 had 42 patients (84 myopic eyes) from -3.25 to -6.0 D and group 3 had 30 patients (60 eyes) with myopia of -6.25 D or higher. **Results.** The patients with low myopia, independently of the age, revealed a postoperative refraction effect closer to that planned than the patients with moderate and high myopia. The difference (delta) between the planned and the obtained results was -0.35 ± 0.08 D (41%) in group 1, -0.58 ± 0.04 D (51.3%) in group 2 and -0.64 ± 0.05 D (46%) in group 3. The divergence between the respective indicators for figures for low and high myopic groups is statistically significant. **Conclusion.** Patients with low myopia over 35 years old can be recommended a symmetric hypocorrection in binocular format irrespective of the objective data regarding the initial corneal hydration, which affects the ablation volume. To achieve a better agreement between the planned and the actual hypoeffect (and, accordingly, a more precise dosage of the surgery) in patients with moderate and high myopia, it is important to introduce into clinical practice the technology of contactless measurement of corneal hydration.

Keywords: myopia; hypocorrection; FemtoLasik; presbyopia

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

For citation: Khodzhabekyan N.V., Tarutta E.P., Khandzhyan A.T., Sengaeva M.D., Ivanova A.V., Letnikova K.B., Sklyarova A.S. An ANCOVA analysis of the results of planned and actually obtained hypocorrection after excimer laser surgery in middle-aged patients with myopia. Russian ophthalmological journal. 2021; 14 (2): 50-4 (In Russian). <https://doi.org/10.21516/2072-0076-2021-14-2-50-54>

Современные люди среднего возраста социально адаптированы, трудоспособны, являются автолюбителями и ведут активный образ жизни, поэтому для улучшения качества их жизни очень важно подобрать таким пациентам правильную коррекцию аномалий рефракции. Пациенты среднего возраста с миопией, желающие сделать эксимерлазерную операцию, требуют к себе особого внимания, так как в возрасте от 35 до 50 лет необходимо получить гипокоррекцию в пределах 0,5–1,5 дптр для обеспечения возможности чтения вблизи без дополнительной очковой коррекции пресбиопии. При выборе дозировок следует учитывать возраст, степень близорукости и профессию пациента. Важно провести подробную беседу о планируемой гипокоррекции и ожидаемой остроте зрения после эксимерлазерной хирургии. Симметричная гипокоррекция миопии в бинокулярном формате у лиц среднего возраста на сегодняшний день характеризуется высокой эффективностью и широко используется в практике [1–6].

ЦЕЛЬ работы — провести ковариационный анализ результатов запланированной и фактически полученной гипокоррекции после эксимерлазерной хирургии у пациентов среднего возраста с миопической рефракцией.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

85 пациентам (170 глаз) в возрасте от 35 до 50 лет была проведена эксимерлазерная коррекция миопии методом фемтоЛАСИК. Пациенты были разделены на группы в

зависимости от степени миопии: 1-я группа включала 13 пациентов (26 глаз) с миопией от $-1,25$ до $-3,0$ дптр, 2-я группа — 42 пациента (84 глаза) с миопией от $-3,25$ до $-6,0$ дптр и 3-я группа — 30 пациентов (60 глаз) с миопией от $-6,25$ до $-12,0$ дптр. Всем пациентам была запланирована симметричная гипокоррекция в бинокулярном формате. Пациентам в возрасте 35–39 лет планировалась гипокоррекция от 0,5 до 0,75 дптр, 40–44 лет — от 0,75 до 1,0 дптр и в 45–50 лет — от 1,0 до 1,25 дптр. Гипокоррекцию рассчитывали по сферическому компоненту рефракции в условиях циклоплегии и моделировали в мягких контактных линзах. Цилиндрический компонент рефракции корригировали в полном объеме. Пациентам с миопией в 1,25 дптр и ниже в проведении коррекции было отказано.

Полное предоперационное офтальмологическое обследование включало определение некорригированной (НКОЗ) и максимально корригированной (МКОЗ) остроты зрения (ОЗ), ОЗ с гипокоррекцией для дали и близи, авторефрактометрию, тонометрию, биомикроскопию, офтальмоскопию, пахиметрию, компьютерную кератотопографию и денситометрию роговицы (с помощью шаймпфлюг-анализатора Galilei G6, Ziemer). Перед операцией все пациенты подписали информированное согласие на планируемую гипокоррекцию.

Клинико-функциональные обследования проводились до операции, в раннем послеоперационном периоде и через 6 мес после нее. При сравнительном ретроспективном анали-

зе результатов операции учитывался возраст пациента, степень миопии, запланированная гипокоррекция, дозировки операции и фактически полученная рефракция.

Статистическая обработка материала выполнялась на персональном компьютере с использованием библиотеки Rstatix статистической среды R, для каждого пациента была посчитана разница между ожидаемым и реальным значением гипокоррекции. Для оценки влияния степени миопии на результат операции был проведен однофакторный ковариационный анализ (ANCOVA) с учетом возраста в качестве ковариаты ($p < 0,05$). Для более точного определения различий между группами проводилось попарное сравнение скорректированных после ковариационного анализа средних с поправкой Бонферрони на множественное тестирование. Для оценки достоверности полученных данных использовался показатель парного критерия Стьюдента.

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

Для каждого глаза пациента определена разница между ожидаемым и полученным значением гипокоррекции. Все случаи поделены на 3 группы в зависимости от исходной степени миопии (таблица).

В таблице 1 приведены данные пациентов до и после эксимерлазерного вмешательства. Возраст пациентов в 3 группах практически не различался. Дозировка операции в группе миопии слабой степени была в 2 раза меньше, чем у пациентов с миопией средней степени, и в 3 раза меньше, чем в группе высокой миопии. Запланированная гипокоррекция и фактический результат операции оказались статистически значимо различны в 3 группах. Погрешность (дельта) между запланированным и полученным результатом составила $-0,35 \pm 0,08$ дптр (41 %) в 1-й группе, $-0,58 \pm 0,04$ дптр (51,3 %) во 2-й и $-0,64 \pm 0,05$ дптр (46 %) в 3-й, разница между этими показателями в группе слабой и высокой миопии статистически достоверна ($p < 0,01$). В среднем во всех группах погрешность отличалась в сторону гиперэффекта. Индивидуальный разброс значений «дельта» составил от 1 дптр в сторону гипозэффекта (последний отмечался всего на 7 глазах) до 2,0 дптр гиперэффекта.

Полученные результаты представлены на рисунке 1. Сдвиг показателя «дельта» (разницы между ожидаемой и полученной рефракцией) в сторону отрицательных значений свидетельствует о том, что полученный результат гипокоррекции в среднем больше, чем запланированный. Можно также заметить, что с увеличением степени миопии значение

«дельта» также увеличивается.

Одним из возможных факторов, потенциально влияющих на результат абляции и ее погрешность, является возраст пациента [5].

На рисунке 2 показана полученная в рамках нашего исследования зависимость дельты от возраста пациента (без разделения на группы). Коэффициент корреляции Пирсона оказался статистически незначимым ($R = -0,14$, $p = 0,079$), т. е. линейной зависимости между этими переменными для

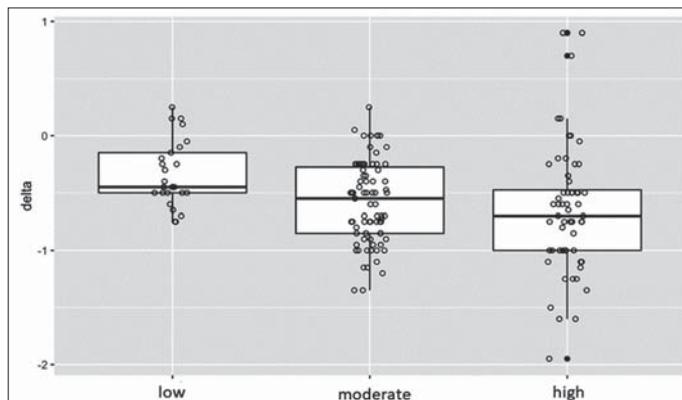


Рис. 1. Разница между ожидаемым и полученным значением гипокоррекции (дельта) у пациентов с различной степенью миопии
Fig. 1. The difference between expected and actual value of hypocorrection (delta) for patients with various degrees of myopia

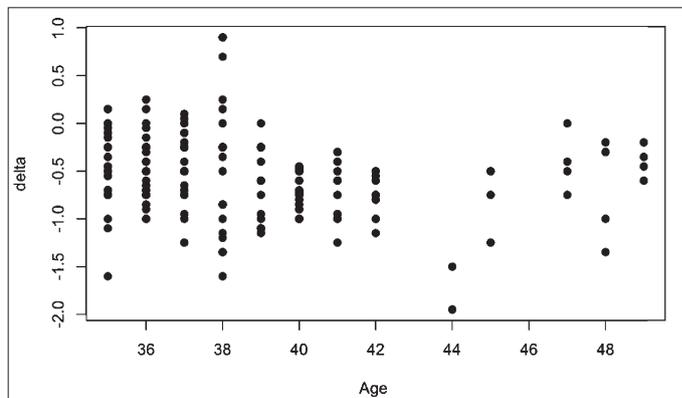


Рис. 2. Зависимость дельты от возраста
Fig. 2. Dependence of delta on patient's age

Таблица. Показатели пациентов до и после эксимерлазерной хирургии
Table. Indicators of patients before and after excimer laser surgery

Степень миопии, дптр Degree of myopia, D	Возраст, лет Age, yrs	Дозировка, дптр Dosage, D	Запланированная гипокоррекция, дптр Planned hypocorrection, D	Полученная гипокоррекция, дптр The resulting hypocorrection,	Погрешность, %, от запланированной гипокоррекции An error, %, from the planned hypocorrection
Слабая Low 2,62 ± 0,07	37,85 ± 0,97	-1,79 ± 0,08	-0,83 ± 0,07*	-0,49 ± 0,08*	-0,35 ± 0,08** (41 %)
Средняя Moderate 4,43 ± 0,14	38,59 ± 0,29	-3,36 ± 0,08	-1,17 ± 0,05*	-0,57 ± 0,05*	-0,58 ± 0,04 (51,3 %)
Высокая High 7,65 ± 0,18	39,57 ± 0,50	-6,21 ± 0,18	-1,45 ± 0,07*	-0,78 ± 0,08*	-0,64 ± 0,05** (46 %)

Примечание. * — различие между запланированной гипокоррекцией и результатом операции достоверно, $p < 0,001$; ** — различие между группами со слабой и высокой миопией достоверно, $p < 0,05$.

Note. * — difference between the planned hypocorrection and the result of the surgery is statistically significant, $p < 0.001$; ** — difference between groups with low and high myopia is statistically significant, $p < 0.05$.

лиц в возрасте от 35 до 50 лет не обнаружено. Можно заключить, что при планировании гипокоррекции в данной возрастной группе пациентов нужно в первую очередь учитывать исходную степень миопии, а не возраст. Поэтому в дальнейшем анализе для точной оценки влияния исходной степени миопии на послеоперационную величину гипокоррекции возраст пациента учитывался нами как ковариата. Для проверки гипотезы о влиянии исходной степени миопии на результат гипокоррекции был проведен ковариационный анализ ANCOVA ($p < 0,05$) с учетом возраста в качестве ковариаты с последующим сравнением скорректированных средних парными тестами с поправкой на множественное тестирование.

Скорректированное среднее значение разницы между ожидаемой и реальной величиной гипокоррекции с учетом возраста в качестве ковариаты для группы слабой миопии составило $-0,35 \pm 0,08$ дптр, для миопии средней степени — $-0,58 \pm 0,04$ дптр, для высокой миопии — $-0,64 \pm 0,05$ дптр (рис. 3). Статистически достоверно по данному показателю различаются группы пациентов со слабой и высокой миопией ($p = 0,0215$). В имеющейся выборке отмечена тенденция к увеличению различия этого показателя между группами со слабой и средней миопией ($p = 0,07$), однако для проверки указанного наблюдения необходим дополнительный набор пациентов с миопией средней степени.

Таким образом, в отличие от миопии средней и высокой степени, при миопии слабой степени результат операции ближе к запланированному (дельта «ожидаемое/фактическое» меньше). Обработка до- и послеоперационных данных демонстрирует, что исходная степень миопии влияет на ожидаемый результат операции. При коррекции средней и высокой миопии (между этими группами пациентов различия недостоверны) расхождение между запланированным и фактически полученным уровнем гипокоррекции увеличивается в сторону гиперэффекта. Очевидно, это связано с большим объемом абляции. Поскольку есть данные о том, что исходное количество воды в роговице влияет на объем удаляемой при эксимерлазерной коррекции ткани и тем самым изменяет рефракционный эффект [7], можно предположить, что у пациентов предпресбиопического возраста с миопией причиной наблюдаемого несовпадения запланированной и фактической послеоперационной рефракции может быть нарушение водного баланса роговицы, вызванное возрастными изменениями ее соединительнотканых структур [8, 9]. Есть данные,

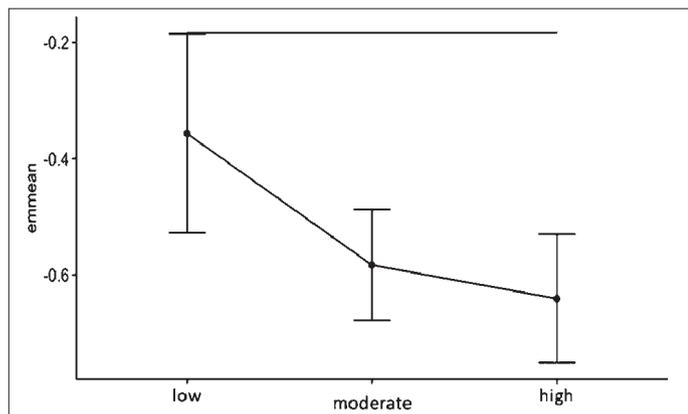


Рис. 3. Разница между ожидаемым и реальным значением гипокоррекции для каждой группы (с поправкой на возраст)

Fig. 3. Difference between expected and actual value of hypocorrection for each group (adjusted for age)

свидетельствующие о том, что коэффициент преломления роговицы зависит от содержания в ней воды [10, 11]. Для более точного планирования гипокоррекции у пациентов с близорукостью средней и высокой степени от 35 до 50 лет, по-видимому, важно знать степень гидратации роговицы. В настоящее время ведется разработка технологии прижизненного бесконтактного контроля содержания воды в ткани роговицы на основе ее терагерцевого сканирования, внедрение которой в клиническую практику позволит эффективно решить данную проблему [12, 13].

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Пациентам с миопией слабой степени в возрасте старше 35 лет можно планировать симметричную гипокоррекцию в бинокулярном формате без учета объективных данных о гидратации роговицы. Для более точного совпадения запланированного и фактически полученного гипозэффекта, соответственно — определения адекватной дозировки операции, особенно при миопии средней и высокой степени, важно внедрение в клиническую практику технологии бесконтактного измерения степени гидратации роговицы.

Литература/References

1. Artola A., Patel S., Schimchak P., et al. Evidence for delayed presbyopia after photorefractive keratectomy for myopia. *Ophthalmology*. 2006; 113 (5): 735–41. doi: 10.1016/j.ophtha.2006.01.054
2. Uthoff D., Polz M., Hepper D., Holland D. A new method of cornea modulation with excimer laser for simultaneous correction of presbyopia and ametropia. *Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol.* 2012; 250 (11): 1649–61. doi: 10.1007/s00417-012-1948-1
3. Naidoo K.S., Holden B.A. The global burden of potential productivity loss from uncorrected presbyopia. *Ophthalmology*. 2015; 122 (8): 1706–10. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2015.04.014
4. Charman W.N. Developments in the correction of presbyopia: surgical approaches. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 2014; 34 (4): 397–426. https://doi.org/10.1111/opro.12129
5. Ходжабекян Н.В., Ханджян А.Т., Тарутта Е.П. Симметричная гипокоррекция миопии у пациентов пресбиопического возраста, оперированных методом фемтоЛАСИК. *Российский офтальмологический журнал*. 2018; 11 (4): 43–8. [Khodzhabekyan N.V., Khandzhyan A.T., Tarutta E.P. Asymmetric hypocorrection of myopia by FemtoLASIK in patients with presbyopia. *Russian ophthalmological journal*. 2018; 11 (4): 43–8 (in Russian)]. doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-4-43-48
6. Artola A., Patel S., Schimchak P., et al. Evidence for delayed presbyopia after photorefractive keratectomy for myopia. *Ophthalmology*. 2006; 113 (5): 735–41. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2006.01.054
7. Kim W.S., Jo J.M. Corneal hydration affects ablation during laser in situ keratomileusis surgery. *Cornea*. 2001 May; 20 (4): 394–7. doi: 10.1097/00003226-200105000-00011
8. Румянцева О.А., Спивак И.А. Изменение морфологической структуры роговицы человека с возрастом. *РМЖ. Клиническая офтальмология*. 2004; 4: 158–61. [Rumyantseva O.A., Spivak I.A. Aging change of corneal morphological structure. *RMZH. Klinicheskaja oft'almologija*. 2004; 4: 158–61 (in Russian)].
9. Polse K.A., Brand R., Mandell R., et al. Age differences in corneal hydration control. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 1989 Mar; 30 (3): 392–9. PMID: 2925313
10. Fisher B.T., Masiello K.A., Goldstein M.H., Hahn D.W. Assessment of transient changes in corneal hydration using confocal Raman spectroscopy. *Cornea*. 2003; 22 (4 May): 363–70. doi:10.1097/00003226-200305000-00016
11. Kim Y.L., Walsh Jr J.T., Goldstick T.K., Glucksberg M.R. Variation of corneal refractive index with hydration. *Physics in Medicine and Biology*. 2004; 49 (5): 859–68. https://doi.org/10.1088/0031-9155/49/5/015
12. Iomdina E., Goltsman G., Seliverstov S., et al. Study of transmittance and reflectance spectra of the cornea and the sclera in the THz frequency range. *Journal of Biomedical Optics*. 2016; 21 (9), 097002. https://doi.org/10.1117/1.JBO.21.9.097002
13. Иомдина Е.Н., Селиверстов С.В., Сианосян А.А. и др. Терагерцевого сканирование для оценки содержания воды в роговице и склере. Современные технологии в медицине. 2018; 10 (4): 143–50. [Iomdina E.N., Seliverstov S.V., Sianosyan A.A., et al. Terahertz scanning for evaluation of corneal and scleral hydration. *Sovremennye tehnologii v medicine*. 2018; 10 (4): 143–50 (In Russian)]. https://doi.org/10.17691/stm2018.10.4.17

Вклад авторов в работу: Н.В. Ходжабекян — концепция исследования, научное редактирование, выполнение хирургических манипуляций; Е.П. Тарутта — научное редактирование, формулировка выводов; А.Т. Ханджян — выполнение хирургических манипуляций, обработка материала; М.Д. Сенгаева — обработка материала, написание текста, статистическая обработка, формулировка выводов; А.В. Иванова, К.Б. Летникова, А.С. Склярова — анализ литературы, выполнение хирургических манипуляций; клинические обследования.

Author's contribution: N.V. Khodzhabeqyan — design and concept of the study, editing the article, performing surgical procedures; E.P. Tarutta — supervision, final editing the article; A.T. Khandzhyan — performing surgical procedures, data processing and interpretation; M.D. Sengaeva — data processing, clinical examinations, writing the article; A.V. Ivanova, K.B. Letnikova, A.S. Sklyarova — literature review, performing surgical procedures, clinical examinations.

Поступила: 04.12.2020. Переработана: 14.12.2020. Принята к печати: 16.12.2020
Originally received: 04.12.2020. Final revision: 14.12.2020. Accepted: 16.12.2020

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ/INFORMATION ABOUT THE AUTHORS

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России,
ул. Садовая-Черногрозская, д. 14/19, Москва, 105062, Россия

Нарине Володяевна Ходжабекян — канд. мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

Елена Петровна Тарутта — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

Ануш Тиграновна Ханджян — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Мария Дмитриевна Сенгаева — аспирант отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Анастасия Владимировна Иванова — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики

Ксения Борисовна Летникова — канд. мед. наук, научный сотрудник отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Анна Сергеевна Склярова — канд. мед. наук, врач-офтальмолог отдела патологии сетчатки и зрительного нерва

Для контактов: Мария Дмитриевна Сенгаева,
mariasengaeva@mail.ru

Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19,
Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

Narine V. Khodzhabeqyan — Cand. of Med. Sci., leading researcher of the department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Elena P. Tarutta — Dr. of Med. Sci., professor, head of the department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Anush T. Khandzhyan — Cand. of Med. Sci., senior researcher, department of retinal and optic nerve pathology

Maria D. Sengaeva — PhD student of the department of retinal and optic nerve pathology

Anastasia V. Ivanova — Cand. of Med. Sci., researcher of the department of refractive pathology, binocular vision and ophthalmoeconomics

Ksenia B. Letnikova — Cand. of Med. Sci., researcher of the department of retinal and optic nerve pathology

Anna S. Sklyarova — Cand. of Med. Sci., ophthalmologist, department of retinal and optic nerve pathology

Contact information: Maria D. Sengaeva,
mariasengaeva@mail.ru