

УДК 617.753: 615.849.19

Фоторефракционная кератэктомия – первое поколение лазерной коррекции зрения

Т.Ю. Шилова, доктор медицинских наук, профессор.

ООО «Центр микрохирургии глаза», Российская Федерация, 117513, Москва, Ленинский проспект, 123.

Конфликт интересов отсутствует.

Автор не получала финансирование при проведении исследования и написании статьи.

Для цитирования: Шилова Т.Ю. Фоторефракционная кератэктомия – первое поколение лазерной коррекции зрения. The EYE ГЛАЗ. 2020;2:30-35. DOI: 10.33791/2222-4408-2020-2-30-35

Фоторефракционная кератэктомия (ФРК) – первое поколение лазерной коррекции зрения, положившей начало эре лазерных кераторефракционных операций. Технология позволяет улучшить зрение при миопии, гиперметропии и астигматизме.

В статье проанализированы преимущества и недостатки методики ФРК, ее риски и побочные эффекты.

Приведены данные, полученные в результате анализа научных публикаций и практическим путем.

Ключевые слова: лазерная коррекция зрения, ФРК, фоторефракционная кератэктомия, абляция роговицы.

Photorefractive keratectomy – the first generation of laser vision correction

T.Yu. Shilova, Med.Sc.D., Professor, Chief Medical Officer.

“Eye microsurgery center”, LLC, 123 Leninsky Prospekt, Moscow, 117513, Russian Federation.

Conflicts of Interest and Source of Funding: none declared.

For citations: Shilova T.Yu. Photorefractive keratectomy – the first generation of laser vision correction The EYE GLAZ. 2020;2:30-35. DOI: 10.33791/2222-4408-2020-2-30-35

Photorefractive keratectomy (PRK) is the first generation of laser vision correction, which marked the beginning of the era of laser keratorefractive surgery. The technology can improve vision in case of myopia, hypermetropia, and astigmatism.

The article analyzes the advantages and disadvantages of the PRK method, its risks and side effects.

The data obtained as a result of the analysis of scientific publications and by practical means are presented.

Keywords: laser vision correction, PRK, photorefractive keratectomy, corneal ablation.

Фоторефракционная кератэктомия (ФРК) является самой первой методикой лазерной коррекции зрения, которая применяется до сих пор и была самой популярной до конца 90-х, до момента распространения операций второго поколения – LASIK

[1]. На сегодняшний день по статистике крупных европейских клиник 70-80% коррекций составляет технология 3-го поколения SMILE, 20-30% – Femto-LASIK и всего лишь 1-2% – ФРК, из-за болезненного послеоперационного периода [2] (рис. 1).

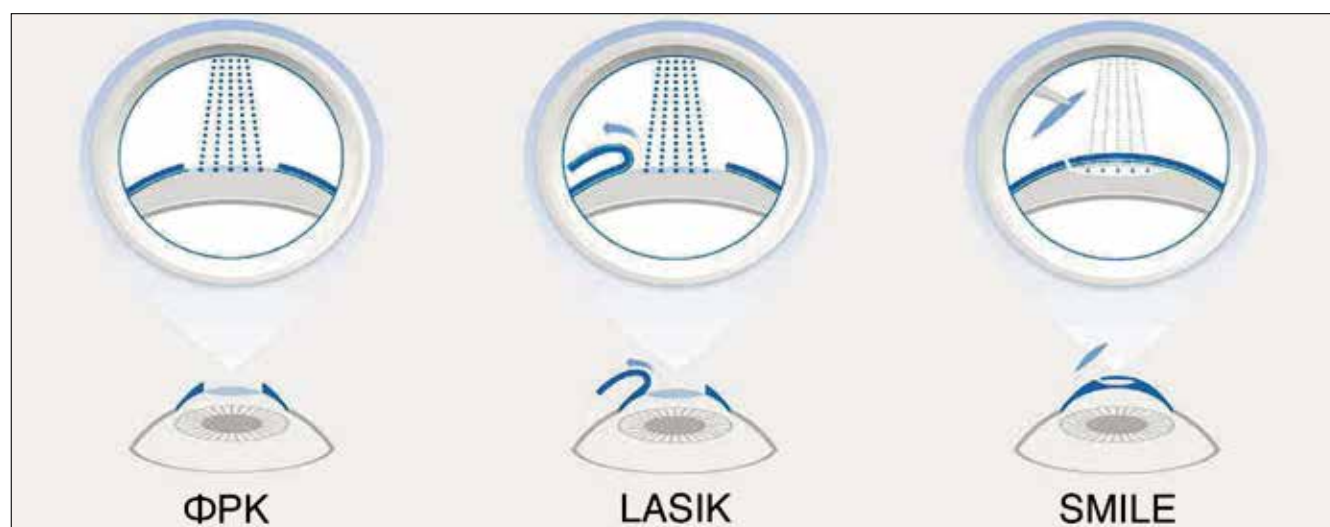


Рис. 1. Три поколения лазерной коррекции зрения

Fig. 1. Three generations of laser vision correction

ФРК воздействует на поверхность роговицы – прозрачный куполообразный наружный слой, покрывающий переднюю часть глаза. Первый этап ФРК требует полного удаления поверхностного эпителия роговицы вплоть до боуеновой мембраны. Это может быть сделано механически (при использовании шпателя или специального устройства), химически (раствор этилового спирта) или с помощью эксимерного лазера (трансэпителиальная ФРК) [3].

Эксимерный лазер производит абляцию (испаряет) стромы, тем самым ремодулируя поверхность роговицы. После процедуры происходит заживление за счет нарастания клеток эпителия из ростковой зоны лимба, миграции фибробластов в зону воздействия и синтеза коллагена [4].

Как правило, для проведения ФРК используют эксимерный лазер на фториде аргона с длиной волны 193 нм (ультрафиолетовый диапазон). При такой длине волны один фотон может разорвать углерод-углеродные и углерод-азотные связи, которые образуют пептидную основу молекул коллагена роговицы. С каждым импульсом коллагеновый полимер распадается на более мелкие фрагменты, и ткань удаляется с поверхности роговицы [5].

Показания

В мировой практике ФРК является вариантом коррекции у пациентов с миопией до -12 дптр, астигматизмом до 6 дптр и дальнозоркостью до 5 дптр [3]. Результаты коррекции более предсказуемы в низких диапазонах диоптрий, т. к. высокая аномалия рефракции коррелирует с более высокой вероятностью регрессии и помутнения роговицы (хейза) [4].

До появления технологии ReLEx SMILE метод ФРК был предпочтителен у военных, профессиональных спортсменов или пациентов других профессий, у которых существует более высокий риск смещения роговичного лоскута [4].

Кроме того, процедура ФРК может быть применена для коррекции остаточных аномалий рефракции после различных видов кератопластики, LASIK, хирургии катаракты или других операций [9, 10].

Противопоказания

Ограничения на проведение ФРК могут быть абсолютными и относительными, общими и oculary.



Рис. 2. Механическое удаление эпителия шпателем
Fig. 2. Mechanical debridement with a spatula

Абсолютные противопоказания со стороны глаз: кератоконус, синдром «сухого глаза», катаракта, глаукома, остаточная толщина роговицы менее 250-300 мкм.

Абсолютные противопоказания по общему состоянию пациента: системная красная волчанка и ревматоидный артрит, склонность к образованию келоидных рубцов, сахарный диабет, СПИД.

Относительные противопоказания со стороны глаз: наличие в анамнезе герпетического кератита, воспалительные заболевания в стадии обострения, дистрофии сетчатки.

Общие относительные противопоказания: беременность и кормление грудью, психические заболевания, эпилепсия, алкоголизм и наркомания, бронхиальная астма в стадии обострения, возраст до 18 лет [11].

Техника выполнения операции

На подготовительном этапе после местной капельной анестезии пациенту вставляют векорасширитель. Второй глаз предпочтительно закрыть повязкой.

На первом этапе происходит удаление эпителия до боуеновой мембраны. Существуют 3 наиболее распространенных метода.

Первый – механическая очистка

Метод включает использование тупого шпателя для удаления (соскабливания) роговичного эпителия от периферии к центру (рис. 2). Следующим шагом является очистка поверхности губкой, увлажненной раствором BSS или карбоксиметилцеллюлозы.

Этот метод достаточно прост и не требует дополнительного оборудования, однако механическая очистка обычно является длительным процессом у неопытных хирургов, что увеличивает беспокойство пациента и ведет к пересыханию роговицы [12].

Второй – трансэпителиальный

Удаление эпителия роговицы производится с помощью эксимерного лазера (рис. 3). Техника не требует ручного выскабливания шпателем для удаления эпителия. Этот метод популярен среди пациентов («к глазу не будут притрагиваться»), но требует более длительного времени для освоения рефракционным хирургом.

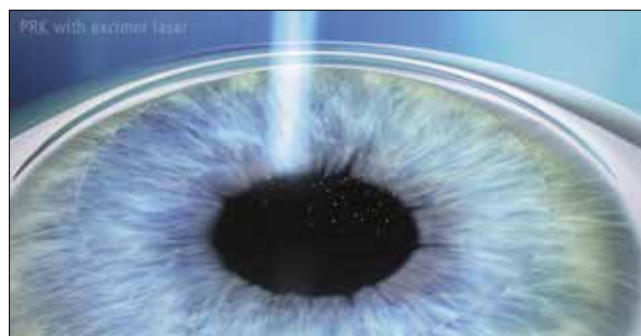


Рис. 3. Удаление эпителия лазером (транс-ФРК)
Fig. 3. Removal of the epithelium with a laser (trans-PRK)

Третий – химический

Эпителиальные клетки могут быть удалены с помощью 20% раствора спирта. Спиртовой раствор капают на специальный маркер оптической зоны, помещенный на роговицу (рис. 4). Через 20-30 сек маркер удаляется, и глазная поверхность орошается раствором BSS, чтобы свести к минимуму токсичность для ростковой лимбальной зоны роговицы. После чего эпителий легко удаляется механически.

На втором этапе лазер центрируется и фокусируется в соответствии с рекомендациями производителя. Современные системы оснащены трекингом, который позволяет фокусироваться на роговице пациента в автоматическом режиме.

Коррекция близорукости предполагает воздействие большого количества лазерных импульсов в центре и меньшего количества импульсов по периферии оптической зоны, тем самым уплощая естественную кривизну роговицы. Коррекция дальнорукости подразумевает большее воздействие по периферии для повышения крутизны роговицы.

Коррекция близорукости высоких степеней для снижения риска развития помутнений требует применения цитостатиков. Наиболее распространенным препаратом является Митомицин-С (ММС) – противоопухолевый антибиотик, нарушающий образование связи между аминокислотами аденином и гуанином при синтезе цепи ДНК, поэтому к препарату более всего чувствительны быстро делящиеся клетки – пролиферирующие фибробласты [6].

Большинство рефракционных хирургов используют 0,02% ММС. Однако, чтобы избежать потенциальной токсичности, некоторые авторы предположили, что высокая доза ММС (0,02%) используется только для коррекции высокой миопии, в то время как низкая доза ММС (0,002%) является выбором для коррекции миопии слабой и средней степеней [7].

В российских реалиях данный диапазон возможной коррекции существенно снижается, т. к. ММС не сертифицирован к применению в офтальмологии на территории РФ [8].

На заключительном этапе в глаз закапываются антибактериальные и противовоспалительные капли, поверхность орошается охлажденным раствором



Рис. 4. Маркер оптической зоны с раствором спирта
Fig. 4. Optical zone marker with alcohol solution

BSS или кладется замороженная губка (кусочек льда), что уменьшает образование хейза и болевого синдрома в послеоперационном периоде [13, 14]. На глаз устанавливается мягкая защитная контактная линза, векорасширитель удаляется.

Послеоперационный период

Для профилактики развития инфекционных осложнений назначаются антибиотики в каплях (0,3% раствор тобрамицина) 4 раза в день в течение 3-х недель.

После завершения эпителизации (2-3 день) лечебные процедуры направлены на снижение избыточной регенерации стромы и профилактику помутнений. Для этого назначают инстилляцию кортикостероидов (0,1% раствор дексаметазона) 6 раз в день в течение 10-14 дней, затем по убывающей схеме с частотой закапывания 6, 5, 4, 3, 2, 1 раз в день в течение 2,5 месяцев.

Дополнительно для повышения комфорта обычно назначаются препараты искусственной слезы 4-5 раз в день.

В связи с длительным применением стероидных препаратов пациенты нуждаются в систематическом контроле внутриглазного давления и даже назначении 0,25% раствора тимолола малеата для профилактики данного состояния.

Пациенты должны быть предупреждены, что их зрение будет оставаться нечетким, пока происходит эпителизация поверхности роговицы. Это может препятствовать их работе, вождению автомобиля и другой активности, требующей высокой остроты зрения. Вводится 2-недельное ограничение на посещение бассейна и сауны.

Кроме того, часто присутствует выраженный болевой синдром, слезотечение, светобоязнь. Боль можно снять с помощью нестероидных противовоспалительных капель (например, диклофенак 0,1%) несколько раз в день в течение 2-3 дней, однако нестероидные противовоспалительные средства могут замедлять скорость регенерации эпителия и способствовать образованию инфильтратов [15]. В ряде случаев для снятия болевого синдрома требуется назначение более сильных анальгетиков, вплоть до наркотических.

Осложнения операции

1. Синдром «сухого глаза». Сухость глаз является одним из наиболее распространенных осложнений у пациентов, перенесших ФРК, и основной причиной неудовлетворенности результатом операции. Факторы риска развития сухости глаз после операции включают пожилой возраст и женский пол [16].

2. Инфекционные осложнения. Исследования показывают, что примерно 0,0013% случаев приводили к развитию кератита в раннем послеоперационном периоде [17].

3. Замедленная эпителизация. Повторная эпителизация обычно завершается к 3-му дню послеоперационного периода.

2014

2019

Оптимизированный
дизайн края линзы
для комфортного
надевания линзы¹

Значительные
инвестиции для
поддержания более
совершенного
и высокостабильного
производства

Следование стандартам
управления качеством
линз Biofinity

Улучшение
процесса молдинга
для исключительной
точности
и стабильности

Эволюция контактных линз clariti 1 day

Компания CooperVision постоянно ищет пути развития и совершенствования своих контактных линз. По этой причине было инвестировано более 200 млн долларов в модернизацию производственных площадок **clariti 1 day**. По этой же причине был оптимизирован дизайн края линзы для исключительного комфорта и улучшен процесс молдинга. Кроме того, к каждой изготавливаемой линзе **clariti 1 day** применяются строгие стандарты управления качеством, используемые в производстве линз Biofinity.

Благодаря этому линзы clariti 1 day сейчас лучше, чем когда-либо!



Однодневные контактные
линзы с высокой кислородной
проницаемостью² и с УФ-фильтром³.

1. Данные компании CooperVision, 2015. Проспективное двустороннее, предметно-маскированное дозирующее исследование на 20 пациентах. Более комфортное надевание сферических линз по сравнению с линзами с первоначальным дизайном.

2. Бреннан Н.А. За пределами потока: общее потребление кислорода роговицей как индекс насыщения роговицы кислородом во время ношения линзы. Optom Vis Sci. 2005; 82(6): 467-472.

3. Линзы clariti 1 day содержат УФ-фильтр, защищающий от воздействия вредного для глаз УФ-излучения. Внимание: линзы с УФ-фильтром не являются заменой очков с УФ-защитой, поскольку не полностью закрывают глазное яблоко и прилегающие зоны. Продолжайте использовать средства защиты глаз от УФ-излучения согласно рекомендациям специалиста.

* Поколения материалов контактных линз: 1-е поколение = Обработанная поверхность, высокая кислородная проницаемость Dk, высокий модуль упругости, низкое влагосодержание. 2-е поколение = Нет обработки поверхности, высокая кислородная проницаемость Dk, средней до высокой, низкий модуль упругости, низкое влагосодержание. 3-е поколение = Нет обработки поверхности, высокая кислородная проницаемость Dk, низкий модуль упругости, оптимальное влагосодержание. Основано на материалах: Б. Чау. Эволюция силикон-гидрогелевых линз, Contact LensSpectrum, июнь 2008; Николь Карнт – Б. Оптом. Силикон-гидрогелевые линзы 3-го поколения, май 2008.

Линзы контактные мягкие clariti 1 day рег. уд. № РЗН 2016/4727 от 05 февраля 2018 г.

ИНФОРМАЦИЯ ДЛЯ МЕДИЦИНСКОГО СПЕЦИАЛИСТА

clariti/05.20/1

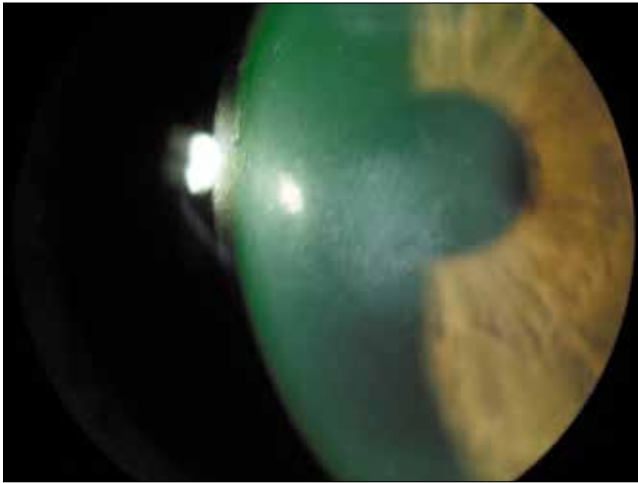


Рис. 5. Хейз (помутнение) после ФРК
Fig. 5. Haze after PRK

4. Эффект «гало» – наиболее часто наблюдается в течение первых 4-6 недель после ФРК. Явление обычно возникает в ночное время, когда расширенные зрачки пропускают свет по краю зоны абляции.

5. Помутнение роговицы (хейз) – это позднее осложнение, которое обычно достигает максимума интенсивности через 1-2 месяца после операции (рис. 5). Хейз вызван миграцией кератоцитов и отложением аномальных гликозаминогликанов и коллагена в строме роговицы. Риск помутнения напрямую связан с глубиной лазерной абляции (степенью близорукости) и техникой удаления эпителия [18].

6. Ятрогенная кератэктазия (вторичный кератоконус). Исследования показывают, что частота

вторичного кератоконуса составляет 0,03% после ФРК. Все зарегистрированные случаи имели место у лиц с имеющимся первичным кератоконусом, который не был выявлен в процессе предоперационной диагностики [19].

7. Децентрация оптической зоны роговицы. Она может происходить из-за плохой фиксации зрачка и значительных движений глаз в ходе операции. Децентрация может привести к усилению астигматизма, бликов, ореолов и ухудшению зрительных результатов коррекции [13].

8. Гипер- или гипокоррекция. Послеоперационные аномалии рефракции чаще возникают при коррекции высоких степеней близорукости или дальнозоркости. Недостаточная коррекция может быть вызвана чрезмерно влажной роговицей во время абляции. И наоборот, чрезмерная коррекция происходит из-за сухой роговицы или предоперационной оценки, которая не учитывает аккомодацию [13].

Заключение

Для своего времени ФРК была прорывной технологией восстановления зрения и даже после появления более комфортной для пациента методики LASIK продолжала применяться для определенных групп пациентов (с тонкой роговицей, в связи с профессиональной деятельностью).

На сегодняшний день с появлением также безлоскутной, но более технологичной и комфортной методики SMILE, ФРК может быть рекомендована по определенным медицинским показаниям, а также в качестве технологии выбора для докоррекции после ранее перенесенных рефракционных операций.

Литература

1. Shaan N. Somani, Majid Moshirfar, Bhupendra C. Patel Photorefractive keratectomy (PRK). 2019. PMID: 31751077.
2. Внутренняя статистика европейской сети офтальмологических клиник SMILE EYES (14 клиник).
3. Shapira Y., Mimouni M., Levartovsky S., Varssano D., Sela T., Munzer G., Kaiserman I. Comparison of three epithelial removal techniques in PRK: mechanical, alcohol-assisted, and transepithelial laser. J Refract Surg. 2015;31(11):760-766.
4. Tomás-Juan J., Murueta-Goyena Larrañaga A., Hanneken L. Corneal regeneration after photorefractive keratectomy: a review. J Optom. 2015;8(3):149-169.
5. Trokel S.L., Srinivasan R., Braren B. Excimer laser surgery of the cornea. Am J Ophthalmol. 1983;96(6):710-715.
6. Majmudar P.A., Forstot S.L., Dennis R.F. et al. Topical mitomycin-C for subepithelial fibrosis after refractive corneal surgery. Ophthalmology. 2000;107:89-94.
7. Thornton I., Xu M., Krueger R.R. Comparison of standard (0.02%) and low dose (0.002%) mitomycin C in the prevention of corneal haze following surface ablation for myopia. J Refract Surg. 2008;24(1):68-76.
8. Регистрационное удостоверение лекарственного препарата № П N014894/01-2003 от 24.06.08.
9. Lee B.S., Gupta P.K., Davis E.A., Hardten D.R. Outcomes of photorefractive keratectomy enhancement after LASIK. J Refract Surg. 2014;30(8):549-556.

References

1. Shaan N. Somani, Majid Moshirfar, Bhupendra C. Patel Photorefractive keratectomy (PRK). 2019. PMID: 31751077.
2. Internal statistics of the European chain of eye clinics SMILE EYES (14 clinics).
3. Shapira Y., Mimouni M., Levartovsky S., Varssano D., Sela T., Munzer G., Kaiserman I. Comparison of three epithelial removal techniques in PRK: mechanical, alcohol-assisted, and transepithelial laser. J Refract Surg. 2015;31(11):760-766.
4. Tomás-Juan J., Murueta-Goyena Larrañaga A., Hanneken L. Corneal regeneration after photorefractive keratectomy: a review. J Optom. 2015;8(3):149-169.
5. Trokel S.L., Srinivasan R., Braren B. Excimer laser surgery of the cornea. Am J Ophthalmol. 1983;96(6):710-715.
6. Majmudar P.A., Forstot S.L., Dennis R.F. et al. Topical mitomycin-C for subepithelial fibrosis after refractive corneal surgery. Ophthalmology. 2000;107:89-94.
7. Thornton I., Xu M., Krueger R.R. Comparison of standard (0.02%) and low dose (0.002%) mitomycin C in the prevention of corneal haze following surface ablation for myopia. J Refract Surg. 2008;24(1):68-76.
8. Drug registration card No: П N014894/01-2003 from 24.06.08.
9. Lee B.S., Gupta P.K., Davis E.A., Hardten D.R. Outcomes of photorefractive keratectomy enhancement after LASIK. J Refract Surg. 2014;30(8):549-556.

10. Roszkowska A.M., Urso M., Signorino G.A., Spadea L., Aragona P. Photorefractive keratectomy after cataract surgery in uncommon cases: long-term results. *Int J Ophthalmol.* 2018;11(4):612-615.
11. Bower K.S., Woreta F. Update on contraindications for laser-assisted in situ keratomileusis and photorefractive keratectomy. *Curr Opin Ophthalmol.* 2014;25(4):251-257.
12. Lee H.K., Lee K.S., Kim J.K., Kim H.C., Seo K.R., Kim E.K. Epithelial healing and clinical outcomes in excimer laser photorefractive surgery following three epithelial removal techniques: mechanical, alcohol, and excimer laser. *Am J Ophthalmol.* 2005;139(1):56-63.
13. Stein H.A., Salim A.G., Stein R.M., Cheskes A. Corneal cooling and rehydration during photorefractive keratectomy to reduce postoperative corneal haze. *J Refract Surg.* 1999;15 (2 Suppl):232-233.
14. Zarei-Ghanavati S., Nosrat N., Morovatdar N., Abrishami M., Eghbali P. Efficacy of corneal cooling on postoperative pain management after photorefractive keratectomy: A contralateral eye randomized clinical trial. *J Curr Ophthalmol.* 2017;29(4):264-269.
15. Stein R. Photorefractive keratectomy. *Int Ophthalmol Clin.* 2000;40(3):35-56.
16. Shehadeh-Mashor R., Mimouni M., Shapira Y., Sela T., Munzer G., Kaiserman I. Risk factors for dry eye after refractive surgery. *Cornea.* 2019;38(12):1495-1499.
17. Schallhorn J.M., Schallhorn S.C., Hettinger K., Hannan S. Infectious keratitis after laser vision correction: Incidence and risk factors. *J Cataract Refract Surg.* 2017;43(4):473-479.
18. Kivanany P.B., Grose K.C., Tippani M., Su S., Petroll W.M. Assessment of corneal stromal remodeling and regeneration after photorefractive keratectomy. *Sci Rep.* 2018;8(1):12580.
19. Leccisotti A. Corneal ectasia after photorefractive keratectomy. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol.* 2007;245(6):869-875.

Поступила / Received / 15.04.2020

Для контактов: Шилова Татьяна Юрьевна, shilova-eyes@yandex.ru

РАМОО
АКАДЕМИЯ
МЕДИЦИНСКОЙ
ОПТИКИ И ОПТОМЕТРИИ

НЕГОСУДАРСТВЕННОЕ ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ ЧАСТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ
ДОПОЛНИТЕЛЬНОГО ПРОФЕССИОНАЛЬНОГО ОБРАЗОВАНИЯ
«АКАДЕМИЯ МЕДИЦИНСКОЙ ОПТИКИ И ОПТОМЕТРИИ»

Объявляет набор студентов на 2020/2021 учебный год для получения среднего профессионального образования по специальности:

«Медицинская оптика»

с углубленной подготовкой и присвоением квалификации
медицинский оптик-оптометрист:

Программа обучения на базе профессионального образования

срок обучения: 2 года

Программа обучения на базе профильного профессионального образования

срок обучения: 1,5 года

Программа обучения на базе 11 классов

срок обучения 2 г. 10 мес.(очно); 3 г. 10 мес.(заочно)

Обучение проходит по индивидуальному учебному плану, в том числе ускоренному обучению с получением диплома СПО по специальности Медицинская оптика и диплома о переподготовке с квалификацией медицинский оптик-оптометрист

Подробности по телефону: +7 (495) 602-05-51 доб. 1536

e-mail: 7877607@mail.ru www.ramoo.ru