

## Влияние ортокератологических линз на структуры глаза

И.А. Бубнова<sup>1</sup>Г.М. Мусаева<sup>2</sup>

<sup>1</sup> ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»  
ул. Россолимо, 11а, б, Москва, 119021, Российская Федерация

<sup>2</sup> ФГАОУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова»  
Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)  
ул. Трубецкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация

### РЕЗЮМЕ

**Офтальмология. 2021;18(3S):654–659**

В данном обзоре литературы описывается влияние, которое ортокератологические линзы оказывают на различные структуры глаза, поскольку применение данных линз, помимо ожидаемых изменений, может вызывать и нежелательные явления. К позитивным моментам относятся остановка или замедление прогрессирования миопии, а также временное улучшение некорригированной остроты зрения за счет изменения формы передней поверхности роговицы. Нежелательными моментами являются изменение гомеостаза слезной пленки, эпителиопатия, «прилипание» линзы. Помимо этого, встречаются появление пигментной дуги, фибриллярных линий, транзитное изменение биомеханических свойств роговицы. Вместе с тем данные изменения не влияют на зрительные функции и здоровье глаз, более того, они обратимы. При этом сроки восстановления различных структур глаза могут составлять от нескольких недель до нескольких месяцев в зависимости от длительности лечения и целевой рефракции. Таким образом, применение ортокератологических линз является безопасным и эффективным методом коррекции и «контроля» миопии.

**Ключевые слова:** миопия, ортокератологические линзы, структура роговицы, контактные линзы

**Для цитирования:** Бубнова И.А., Мусаева Г.М. Влияние ортокератологических линз на структуры глаза. *Офтальмология*. 2021;18(3S):654–659. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3S-654-659>

**Прозрачность финансовой деятельности:** Никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах

**Конфликт интересов отсутствует**



# Influence of Orthokeratology Lenses on the Structure of the Eye

I.A. Bubnova<sup>1</sup>, G.M. Musaeva<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Research Institute of Eye Diseases

Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation

<sup>2</sup> I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)

Trubetskaya str., 8-2, Moscow, 119991, Russian Federation

## ABSTRACT

## Ophthalmology in Russia. 2021;18(3S):654-659

This literature review describes the effect that orthokeratology lenses render on various eye's structures. The use of these lenses, in addition to the expected changes can cause undesirable effects. The positive aspects include stopping or slowing the myopia's progression, as well as a temporary improvement of uncorrected visual acuity by changing the shape of the anterior surface of the cornea. Undesirable moments are a change in the homeostasis of the tear film, epitheliopathy, the lens binding, in addition, there is the appearance of an iron arch, an increase in the visibility of fibrillary lines, a transient change in the biomechanical properties of the cornea. On the positive side, these changes do not affect visual function and eye health; moreover, they are reversible. At the same time, the terms of recovery of various structures of the eye can differ from several weeks to several months, depending on the duration of treatment and the target refraction. Thus, the use of orthokeratology lenses is a safe and effective method for correcting and "controlling" myopia.

**Keywords:** myopia, orthokeratology lens, corneal structure, contact lens

**For citation:** Bubnova I.A., Musaeva G.M. Influence of Orthokeratology Lenses on the Structure of the Eye. *Ophthalmology in Russia*. 2021;18(3S):654-659. <https://doi.org/10.18008/1816-5095-2021-3S-654-659>

**Financial Disclosure:** No author has a financial or property interest in any material or method mentioned

**There is no conflict of interests**

В настоящее время миопия становится одним из наиболее часто встречающихся заболеваний глаз в мире [1, 2], при этом наибольшей прирост заболевших регистрируется в регионах Восточной и Южной Азии [3, 4]. Приблизительно от 86,1 до 96,5 % случаев выявлено за год среди молодого населения Южной Кореи, Тайваня и Китая [5-7]. По прогнозам к 2050 году более 5 миллиардов человек будут иметь миопию [8]. При этом опасность близорукости, особенно высокой степени, состоит не в необходимости использования какого-либо средства коррекции, а в том, что могут возникнуть весьма серьезные осложнения, такие как отслойка сетчатки, миопическая хориоидальная неоваскуляризация, макулярная дегенерация, которые могут приводить к серьезной потере зрения [9]. В связи с этим возникает большая необходимость в развитии методов профилактики и контроля миопии [2].

Ортокератологические линзы (ОК-линзы) как дневного, так и ночного ношения, согласно многочисленным исследованиям, зарекомендовали себя как эффективный и безопасный метод коррекции и контроля миопии. При этом в связи со значительным ростом заболеваемости миопией в мире, в том числе и на территории Российской Федерации, с 2013 года ортокератологическая коррекция (ОК-коррекция) включена в Федеральные клинические рекомендации «Диагностика и лечение близорукости у детей» (Национальный протокол), утвержденные общероссийской Ассоциацией врачей-офтальмологов [10].

По мере накопления данных о применении ортокератологических линз были изучены различные аспекты влияния ОК-линз на структуры глаза, при этом было

выявлено, что эти изменения носят как желательный, так и нежелательный (побочный) характер [11]. К позитивным моментам следует отнести остановку или замедление прогрессирования миопии, а также временное улучшение некорригированной остроты зрения за счет изменения формы передней поверхности роговицы. Нежелательными моментами являются изменение гомеостаза слезной пленки, эпителиопатия, «прилипание» линзы. Помимо этого, встречается появление пигментной дуги, фибриллярных линий, транзиторное изменение биомеханических свойств роговицы.

## СЛЕЗНАЯ ПЛЕНКА

Согласно данным литературы у детей в результате длительного применения ортокератологических линз могут возникать признаки синдрома сухого глаза, эпителиопатия [11], укорочение длины мейбомиевых желез [12]. Однако природа этих изменений остается до конца не выясненной, поскольку типичные причины, такие как повышенная испаряемость и истончение предлинзовой слезной пленки, неполное смыкание век при моргании, нивелируются режимом ночного ношения линз [13, 14].

По данным разных авторов, уровень секреции слезной жидкости и субъективные симптомы синдрома сухого глаза, оцениваемые с помощью опросника OSDI, не меняются на протяжении всего периода применения ортокератологических линз [12, 15, 16]. При этом время разрыва слезной пленки достоверно уменьшается через 6 и 12 месяцев ношения ОК-линз, что свидетельствует о нарушении стабильности слезной пленки. Эти данные подтверждаются несколькими авторами [17-19]. Одной из версий, объясняющих это наблюдение, было изменение муцинового слоя слезной пленки и эпителия роговицы [18].

I.A. Bubnova, G.M. Musaeva

Contact information: Bubnova Irina A. [bubnovai@mail.ru](mailto:bubnovai@mail.ru)

Influence of Orthokeratology Lenses on the Structure of the Eye

Однако мейбография показала, что изменение состояния мейбомиевых желез может также лежать в основе нарушения стабильности слезной пленки [15].

L. Yang и соавт. объясняют подобные проявления воздействием ортокератологических линз непосредственно на мейбомиевые железы [15], в результате этого происходит уменьшение секреции липидов, приводящее к нарушению стабильности слезной пленки и воспалению глазной поверхности. Помимо этого, было показано, что концентрация провоспалительных медиаторов в слезе пациентов, использующих ОК-линзы, постепенно повышается на протяжении всего периода применения линз. Эти наблюдения согласуются с другими исследованиями, в которых обнаружено, что повышенный уровень провоспалительных медиаторов обуславливает воспаление глазной поверхности, что, в свою очередь, коррелирует с дисфункцией мейбомиевых желез [20, 21].

### РОГОВИЦА

Эпителий роговицы, являясь поверхностным слоем, помимо защитной функции, играет важную роль в формировании преломляющей способности роговицы. Это свойство активно используется при применении ортокератологических линз для изменения формы роговицы, что обеспечивает уменьшение миопической рефракции и «контроль» миопии. Эффект появляется уже на следующий день после ношения линзы, при этом оптическая сила передней поверхности роговицы уменьшается постепенно и стабилизируется через 7–10 дней. В то же время задняя поверхность роговицы на всем протяжении ношения ортокератологической линзы практически не меняется [22].

Механизм действия ортокератологических линз предполагает изменение топографии передней поверхности роговицы за счет воздействия на поверхностные слои эпителия роговицы, т.е. уплощение в центральной зоне и увеличение толщины на средней периферии [23]. В основном это обеспечивается благодаря изменению формы и величины клеток, а не количества слоев эпителия, при этом не повреждается связь клеток с базальной мембраной [24].

Вместе с тем, по данным оптической когерентной томографии, изучение синхронности изменений толщины эпителия роговицы и роговицы в целом показало, что в течение 1 недели ношения ОК-линз изменения структуры роговицы происходят в основном за счет эпителия, тогда как в период от 1 недели до 1 месяца изменения толщины эпителия были меньше, чем изменение общей толщины роговицы, что может быть обусловлено изменением стромы из-за стресса от ношения линзы или гипоксии [25].

По данным конфокальной микроскопии выявлено увеличение количества активированных кератоцитов в передней строме роговицы через 1 месяц использования ОКЛ с постепенным их снижением и стабилизацией к 12 месяцам [26]. В течение первого месяца отмечалась

неравномерная повышенная рефлективность суббазальных нервных волокон и стромальных нервов в пределах передней стромы роговицы, а глубже лежащие отделы оставались интактными. В дальнейшем наблюдалось снижение неравномерной рефлективности нервных волокон и стромальных нервов.

По данным Е.П. Тарутты, увеличение изменений в структуре роговицы, обусловленное использованием ОК-линз, происходит в сроки до 2 лет, тогда как в период от 2 до 7 лет отмечается стабилизация состояния и некоторое улучшение, что может свидетельствовать об адаптации роговицы к ортокератологическим линзам [27].

Эпителиопатия, по данным различных авторов, считается одним из наиболее часто встречаемых осложнений при ношении ортокератологических линз [28, 29]. L. Yang и соавт. показали постепенное увеличение степени прокрашивания эпителия роговицы через 1 месяц после применения ОК-линз [15], но при этом у большинства пациентов выявили в основном I степень прокрашивания роговицы по шкале Эфрона и никогда выше II степени [17], что свидетельствует о минимальном воздействии линзы на эпителий роговицы. При этом в дальнейшем явления эпителиопатии, как правило, уменьшаются по мере адаптации к ношению ортокератологической линзы.

Рецидивирующее прокрашивание центральной части роговицы чаще всего обусловлено некорректной посадкой и прилипанием ортокератологической линзы к эпителиальной поверхности. Помимо этого, причиной данной проблемы может быть истончение эпителия в центре, гипоксия роговицы, повышенная чувствительность к раствору для контактных линз, механическое повреждение вследствие отложения депозитов на задней поверхности линзы, неправильное снятие линзы утром, уменьшение толщины и увеличение вязкости подлинзового слоя слезной пленки при ночном ношении [29, 30].

Прилипание линзы чаще всего может быть устранено с помощью улучшения посадки линзы и обмена слезы в подлинзовом слое. Хотя прокрашивание роговицы от I до II степени по шкале Эфрона не всегда требует отмены ношения жесткой газопроницаемой линзы при дневном ношении, это является строгим показанием к временной отмене ночного ношения ортокератологической линзы, чтобы избежать более серьезных осложнений, таких как глубокая эрозия или язва роговицы.

Другим нежелательным состоянием, которое возникает при применении ортокератологических линз, является появление пигментированного кольца роговицы (iron ring) или пигментированной дуги (iron ark) [31]. Исследования показали, что пигментное кольцо при длительном ношении ОК-линз может быть отложением железа в эпителии роговицы. При этом этиология этого явления остается по большей части неизвестной. Существует предположение, что железо откладывается в базальном слое эпителия в проекции зоны обратной

геометрии ортокератологической линзы, где слеза аккумулируется во время ночного воздействия линзы [32–34].

Наиболее часто данное явление описано в азиатских странах, однако представлены и клинические случаи, отмечающие возникновение пигментной дуги у пациентов европеоидной расы [35].

С.-F. Liu и соавт. было выявлено, что пигментная дуга встречается в 92,2 % случаев у детей школьного возраста, которые применяют ортокератологические линзы в среднем около 21,2 месяца. При этом интенсивность пигментации в значительной степени коррелировала с рефракцией линзы и с толщиной эпителия в 7-мм зоне [36].

По данным Р. Cho и соавт., частота встречаемости пигментной дуги составляла 17 % через 3 месяца ношения, 49 % — через 6 месяцев и 90 % — через 12 месяцев. Интенсивность проявления была связана с таким фактором, как длительность периода с момента появления, с исходной сферической рефракцией, сферозэквивалентом и рефракцией цели [32]. Более того, как правило, пигментная дуга обычно более выражена в нижней части роговицы, при этом причина этого явления также в настоящее время остается непонятной [37].

Во всех опубликованных случаях пигментная дуга находилась достаточно далеко от зрительной оси, что не требовало вмешательства. Вместе с тем, учитывая длительный характер лечения миопии с помощью ортокератологических линз, важно проводить фоторегистрацию и денситометрию при каждом рутинном осмотре пациента.

Фибриллярные белые линии также отмечались при длительном лечении ортокератологическими линзами [38]. Эти линии представляют собой вертикальные или слегка изогнутые бело-серые линии, расположенные в эпителии и субэпителиальном слое. Считается, что фибриллярные линии у пациентов, использующих ОК-линзы, являются измененным суббазальным нервным сплетением [29]. Данные изменения подтверждаются конфокальной микроскопией, согласно которой при длительном ношении ортокератологических линз определяется перераспределение суббазального нервного сплетения из центральной зоны воздействия и уменьшение плотности нервов. Природа этих изменений пока не изучена до конца, но они не оказывают влияния на состояние зрения и здоровье глаз. Эти изменения имеют обратимый характер при отмене ношения ОК-линз [29].

Лечение ортокератологическими линзами в силу их длительного применения и воздействия на структуру роговицы ставит вопросы о безопасности их использования с точки зрения состояния эндотелия. В связи с этим конфокальная микроскопия для оценки состояния эндотелия должна входить в структуру обязательного осмотра при каждом визите. Изучение большого количества случаев применения ОК-линз не выявило статистически значимой разницы в плотности эндотелиальных клеток, полимегатизме или полиморфизме как при коротком,

так и при длительном применении, что подтверждает, таким образом, безопасность их использования [27].

Изменение физических параметров роговицы может повлиять на биомеханические свойства роговицы, что было подтверждено многочисленными исследованиями [39–41].

Авторы докладывали о снижении значения фактора резистентности роговицы (CRF) и относительно стабильном уровне корнеального гистерезиса (CH) [42, 43]. Применение ортокератологических линз в течение более длительного периода оказывает различное воздействие на эти показатели. По данным Chen и соавт., оба показателя значительно снижаются после 1 недели ношения ОК-линзы, при этом уменьшение CRF было больше [44]. Эти результаты были подтверждены Yeh и соавт., которые изучали воздействие линз после 1 месяца ношения. Уменьшение CRF было больше (7,4 %), чем CH (2,8 %) [39], что было подтверждено исследованиями Nieto-Vona и соавт. [41].

В нескольких работах мониторировали изменение CH и CRF после более длительного периода применения ортокератологических линз [45]. В одном исследовании из Китая было выявлено значительное снижение CH и CRF в начале использования ОК-линз и возвращение к исходным значениям через 3 месяца [46]. В другом исследовании было определено снижение как CH, так и CRF на протяжении всего 6-месячного периода применения ортокератологических линз с превалированием в уменьшении CRF. При этом уменьшение CH вышло на плато после 1 месяца ношения ортокератологических линз, тогда как CRF демонстрировал устойчивый тренд к снижению показателя [45]. Chen и соавт. отметили значительную связь в изменениях CH и CRF с изменениями толщины стромы, поскольку CH и CRF в основном связаны с толщиной роговичной стромы [44, 47].

Немаловажным остается вопрос о влиянии ортокератологических линз на показатели ВГД. Поскольку нет подтверждений о каких-либо физиологических изменениях, связанных с продукцией и оттоком внутриглазной влаги на протяжении лечения ОК-линзами, то наиболее вероятным объяснением возможной флюктуации показателей ВГД является погрешность измерения, связанная с измененной формой роговицы. Исследования, которые были предприняты для изучения влияния ортокератологических линз на значения ВГД, показали вариации данных тонометрии при использовании разных методов тонометрии, при этом наибольшие изменения продемонстрировали определения с помощью пневмотонометра и тонометра Гольдмана, в отличие от тонометра Паскаля [48, 49].

## **ХОРИОИДЕЯ**

Изменение толщины хориоидеи в условиях применения ортокератологических линз исследуется уже давно [50]. Поскольку хориоидея является сосудистой структурой, то, как правило, она реагирует на изменение

оптических условий утолщением [50, 51]. В эксперименте на животных было показано, что при гиперметропическом дефокусе (применение отрицательных линз) происходит уменьшение толщины хориоидеи, тогда как наведенный миопический дефокус приводит к значительному утолщению хориоидеи в течение короткого срока, таким образом, толкая сетчатку вперед к новой плоскости изображения для получения четкой картинки [53, 54].

При проведении клинических исследований Gardner и соавт. [55] не выявили значимых изменений толщины хориоидеи при длительном ношении ортокератологических линз, тогда как Chen и соавт. [52] и Li и соавт. [56] доложили о локальном утолщении хориоидеи на 21,8–25,2 и 15,78–21,03  $\mu\text{m}$  соответственно за короткий период применения линз. При этом величина хориоидального утолщения не менялась между 1-м и 6-м месяцем ношения линз [56].

## ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Таким образом, применение ортокератологических линз является безопасным и эффективным методом коррекции и «контроля» миопии. Применение данных линз, помимо ожидаемых изменений, может вызывать и нежелательные явления со стороны различных структур глаза. Положительным моментом является то, что данные изменения не влияют на зрительные функции и здоровье глаз, более того, они обратимы. При этом сроки восстановления различных структур глаза могут отличаться от нескольких недель до нескольких месяцев в зависимости от длительности лечения и целевой рефракции.

## УЧАСТИЕ АВТОРОВ:

Бубнова И.А. — подготовка статьи и ее критический пересмотр в части значимого интеллектуального содержания, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования;  
Мусаева Г.М. — существенный вклад в замысел и дизайн исследования, сбор данных, анализ и интерпретация данных.

## ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

- Cooper J, Tkatchenko A.V. A review of current concepts of the etiology and treatment of myopia. *Eye contact lens*. 2018;44(4):231. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000499
- Kong Q.H., Du X.Y., Li X., Wu Z.Z., Lin Z.L. Effects of orthokeratology on biological parameters and visual quality of adolescents with low-grade corneal astigmatism myopia. *European Review for Medical Pharmacological Sciences*. 2020;24(23):12009–12015. DOI: 10.26355/eurrev\_202012\_23989
- Morgan I.G., He M., Rose K.A. Epidemic of pathologic myopia: what can laboratory studies and epidemiology tell us? *Retina*. 2017;37(5):989–997. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001272
- Jung S.K., Lee J.H., Kakizaki H., Jee D. Prevalence of myopia and its association with body stature and educational level in 19-year-old male conscripts in Seoul, South Korea. *Investigative ophthalmology visual science*. 2012;53(9):5579–5583. DOI: 10.1167/iops.12-10106
- Lee Y.Y., Lo C.T., Sheu S.J., Lin J.L. What factors are associated with myopia in young adults? A survey study in Taiwan Military Conscripts. *Investigative ophthalmology visual science*. 2013;54(2):1026–1033. DOI: 10.1167/iops.12-10480
- Sun J., Zhou J., Zhao P., Lian J., Zhu H., Zhou Y. High prevalence of myopia and high myopia in 5060 Chinese university students in Shanghai. *Investigative ophthalmology visual science*. 2012;53(12):7504–7509. DOI: 10.1167/iops.11-8343
- Walline J.J., Jones L.A., Sinnott L.T. Corneal reshaping and myopia progression. *British Journal of Ophthalmology*. 2009;93(9):1181–1185. DOI: 10.1136/bjo.2008.151365
- Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A., Jong M., Naidoo K.S., Sankaridurg P. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016;123(5):1036–1042. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
- Ikuno Y. Overview of the complications of high myopia. *Retina*. 2017;37(12):2347–2351. DOI: 10.1097/IAE.0000000000001489
- Тарутта Е.П. Федеральные клинические рекомендации «Диагностика и лечение близорукости у детей». *Российская педиатрическая офтальмология*. 2014;2:49–62. [Tarutta E.P. Federal clinical guidelines “Diagnosis and treatment of myopia in children”. *Russian pediatric ophthalmology = Rossiiskaya pediatricheskaya oftalmologiya*. 2014;(2):49–62 (In Russ.)].
- Miao C.X., Xu X.Y., Zhang H. Analysis of corneal complications in children wearing orthokeratology lenses at night. *Chinese journal of ophthalmology*. 2017;53(3):198–202. DOI: 10.3760/cma.j.issn.0412-4081.2017.03.010
- Na K.S., Yoo Y.S., Hwang H.S., Mok J.W., Kim H.S., Joo C.K. The influence of overnight orthokeratology on ocular surface and meibomian glands in children and adolescents. *Eye contact lens*. 2016;42(1):68–73. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000196
- Nichols J.J., Mitchell G.L., King-Smith P.E. Mechanisms of precorneal and prelens tear film thinning. *The Ocular Surface*. 2005;3:S96.
- Бубнова И.А., Егорова Г.Б. Изменения глазной поверхности при длительном ношении мягких контактных линз. Тактика лечения. *РМЖ Клиническая офтальмология*. 2019;19(1):32–36. [Bubnova I.A., Egorova G.B. Ocular surface changes in long-term soft contact lens wearing. Treatment approach. *Russian Medical Journal. Clinical Ophthalmology = Rossiyskiy medicinskiy zhurnal. Klinicheskaya oftalmologiya*. 2019;19(1):32–36 (In Russ.)]. DOI: 10.21689/2311-7729-2019-19-1-32-36
- Yang L., Zhang L., Hu R.J., Yu P.P., Jin X. The influence of overnight orthokeratology on ocular surface and dry eye-related cytokines IL-17A, IL-6, and PGE2 in children. *Contact Lens Anterior Eye*. 2021;44(1):81–88. DOI: 10.1016/j.clae.2020.04.001
- Carracedo G., González-Méjome J.M., Pintor J. Changes in diadenosine polyphosphates during alignment-fit and orthokeratology rigid gas permeable lens wear. *Investigative ophthalmology visual science*. 2012;53(8):4426–4432. DOI: 10.1167/iops.11-9342
- Li J., Dong P., Liu H. Effect of overnight wear orthokeratology lenses on corneal shape and tears. *Eye contact lens*. 2018;44(5):304–307. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000357
- Itoh R., Yokoi N., Kinoshita S. Tear film instability induced by rigid contact lenses. *Cornea*. 1999;18(4):440–443. DOI: 10.1097/00003226-199907000-00009
- Борисов Д.А., Сайдашева Э.И., Даутова З.А., Фомина Н.В., Буяновская С.В. Состояние глазной поверхности при длительных сроках ношения ортокератологических линз у подростков с миопией. *Офтальмология*. 2020;17(2):223–228. [Borisov D.A., Saidasheva E.I., Dautova Z.A., Fomina N.V., Buyanovskaya S.V. Ocular Surface in Long Terms of Orthokeratology Lenses Use in Adolescents with Myopia. *Ophthalmology in Russia = Oftalmologiya*. 2020;17(2):223–228 (In Russ.)]. DOI: 10.18008/1816-5095-2020-2-223-228
- Liu R., Rong B., Tu P., Tang Y., Song W., Toyos R. Analysis of cytokine levels in tears and clinical correlations after intense pulsed light treating meibomian gland dysfunction. *American journal of ophthalmology*. 2017;183:81–90. DOI: 10.1016/j.ajo.2017.08.021
- Kang M.H., Kim M.K., Lee H.J., Lee H.I., Wee W.R., Lee J.H. Interleukin-17 in various ocular surface inflammatory diseases. *Journal of Korean medical science*. 2011;26(7):938.
- Alharbi A., Swarbrick H.A. The effects of overnight orthokeratology lens wear on corneal thickness. *Investigative ophthalmology visual science*. 2003;44(6):2518–2523. DOI: 10.1167/iops.02-0680
- Милаш С.В., Тарутта Е.П. Изменения толщины роговицы при раннем применении ортокератологической коррекции по данным спектральной оптической когерентной томографии Avanti RTvue XR. *Российский офтальмологический журнал*. 2017;10(3):49–54. [Milash S.V., Tarutta E.P. Changes of corneal epithelial thickness before and after OK-correction according to SD-OCT. *Russian ophthalmological journal = Rossiyskiy oftalmologicheskii zhurnal*. 2017;10(3):49–54 (In Russ.)].
- Cheah P.S., Norhani M., Bariah M.A., Myint M., Lye M.S., Azian A.L. Histomorphometric profile of the corneal response to short-term reverse-geometry orthokeratology lens wear in primate corneas: a pilot study. *Cornea*. 2008;27(4):461–470. DOI: 10.1097/ICO.0b013e318165642c
- Zhang J., Li J., Li X., Li F., Wang T. Redistribution of the corneal epithelium after overnight wear of orthokeratology contact lenses for myopia reduction. *Contact Lens Anterior Eye*. 2020;43(3):232–237. DOI: 10.1016/j.clae.2020.02.015
- Ежова Е.А., Балалин С.В. Анализ морфометрических показателей роговицы у пациентов с миопией при применении ортокератологических линз. *Вестник Тамбовского университета*. 2016;21(4):1535–1538. [Ezhova E.A., Balalin S.V. Morphometric cornea indices analysis at patients with myopia while using orthokeratology lenses. *Tambov University Reports = Vestnik Tambovskogo Universiteta*. 2016;21(4):1535–1538. (In Russ.)]. DOI: 10.20310/1810-0198-2016-21-4-1535-1540
- Тарутта Е.П., Вержанская Т.Ю., Толорая Р.Р., Манукян И.В. Влияние ортокератологических контактных линз на состояние роговицы по данным конфокальной микроскопии. *Российский офтальмологический журнал*. 2010;3(3):37–42. [Tarutta E.P., Verzhanskaya T.Yu., Toloraya R.R., Manukyan I.V. The influence of orthokeratologic (OK) lens wear on the corneal status: confocal microscopy scanning data. *Russian ophthalmological journal = Rossiyskiy oftalmologicheskii zhurnal*. 2010;3(3):37–42 (In Russ.)].
- Chan B., Cho P., Cheung S.W. Orthokeratology practice in children in a university clinic in Hong Kong. *Clinical Experimental Optometry*. 2008;91(5):453–460. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2008.00259.x

29. Liu Y.M., Xie P. The safety of orthokeratology — a systematic review. *Eye Contact Lens*. 2016;42(1):35. DOI: 10.1097/ICL.0000000000000219
30. Аляева О.О., Рябенко О.И., Тананакина Е.М., Юшкова И.С. Толщина эпителии роговицы и ее клиническая значимость у пациентов с близорукостью в процессе ношения ортокератологических линз. *Современная оптометрия*. 2018;2:24–30. [Alyayeva O.O., Ryabenko O.I., Tananakiina E.M., Yushkova I.S. Corneal epithelial thickness and its clinical significance in myopic patients wearing orthokeratology lenses. *Modern optometry = Sovremennaya optometriya*. 2018;2:24–30 (In Russ.).]
31. Жабина О.А. Возможные нежелательные явления при использовании ортокератологических линз (обзор литературы). *The Eye Glaz*. 2020;22(2):26–29. [Zhabina O.A. Possible adverse effects of the use of orthokeratology lenses (literature review). *The Eye Glaz* 2020;22(2):26–29 (In Russ.).] DOI: 10.33791/2222-4408-2020-2-26-29
32. Cho P., Cheung S., Mountford J., Chui W. Incidence of corneal pigmented arc and factors associated with its appearance in orthokeratology. *Ophthalmic Physiological Optics*. 2005;25(6):478–484. DOI: 10.1111/j.1475-1313.2005.00312.x
33. Charm J., Cho P. High myopia—partial reduction ortho-k: a 2-year randomized study. *Optometry Vision Science*. 2013;90(6):530–539. DOI: 10.1097/OPX.0b013e318293657d
34. Liang J.B., Chou P.I., Wu R., Lee Y.M. Corneal iron ring associated with orthokeratology. *Journal of Cataract Refractive Surgery*. 2003;29(3):624–626. DOI: 10.1016/S0886-3350(02)01458-x
35. Cho P., Chui W.S., Mountford J., Cheung S.W. Corneal iron ring associated with orthokeratology lens wear. *Optometry vision science*. 2002;79(9):565–568. DOI: 10.1097/00006324-200209000-00007
36. Liu C., Lee J., Sun C., Lin K., Hou C., Yeung L. Correlation between pigmented arc and epithelial thickness (COPE) study in orthokeratology-treated patients using OCT measurements. *Eye*. 2020;34(2):352–359. DOI: 10.1038/s41433-019-0542-8
37. Huang P.W., Yeung L., Sun C.C., Chen H.M., Peng S.Y., Chen Y.T. Correlation of corneal pigmented arc with wide epithelial thickness map in orthokeratology-treated children using optical coherence tomography measurements. *Contact Lens Anterior Eye*. 2020;43(3):238–243. DOI: 10.1016/j.clae.2020.02.004
38. Lum E., Swarbrick H. Fibrillary lines in overnight orthokeratology. *Clinical Experimental Optometry*. 2007;90(4):299–302. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2007.00124.x
39. Yeh T.N., Green H.M., Zhou Y., Pitts J., Kitamata-Wong B., Lee S. Short-term effects of overnight orthokeratology on corneal epithelial permeability and biomechanical properties. *Investigative ophthalmology visual science*. 2013;54(6):3902–3911. DOI: 10.1167/iovs.13-11874
40. González-Méijome J.M., Villa-Collar C., Queirós A., Jorge J., Parafita M.A.J.C. Pilot study on the influence of corneal biomechanical properties over the short term in response to corneal refractive therapy for myopia. *Cornea*. 2008;27(4):421–426. DOI: 10.1097/ICO.0b013e318164e49d
41. Nieto-Bona A., González-Mesa A., Villa-Collar C., Lorente-Velázquez A. Biomechanical properties in corneal refractive therapy during adaptation period and after treatment interruption: a pilot study. *Journal of Optometry*. 2012;5(4):164–170.
42. Chen D., Lam A.K., Cho P.J.O., Optics P. A pilot study on the corneal biomechanical changes in short-term orthokeratology. 2009;29(4):464–471.
43. Lam A.K., Leung S.Y., Hon Y., Shu-Ho L., Wong K.-y., Tiu P.-k. Influence of short-term orthokeratology to corneal tangent modulus: a randomized study. *Current eye research*. 2018;43(4):474–481. DOI: 10.1080/02713683.2017.1418895
44. Chen R., Mao X., Jiang J., Shen M., Lian Y., Zhang B. The relationship between corneal biomechanics and anterior segment parameters in the early stage of orthokeratology: A pilot study. *Medicine (Baltimore)*. 2017 May; 96(19): e6907. DOI: 10.1097/MD.00000000000006907
45. Lam A.K., Hon Y., Leung S.Y., Shu-Ho L., Chong J., Lam D.C. Association between long-term orthokeratology responses and corneal biomechanics. *Scientific reports*. 2019;9(1):1–9. DOI: 10.1038/s41598-019-49041-z
46. Mao X., Huang C., Chen L., Lü F. A study on the effect of the corneal biomechanical properties undergoing overnight orthokeratology. *Chinese journal of ophthalmology*. 2010;46(3):209–213.
47. Wong Y.Z., Lam A.K.C. The roles of cornea and axial length in corneal hysteresis among emmetropes and high myopes: a pilot study. *Current eye research*. 2015;40(3):282–289. DOI: 10.3109/02713683.2014.922193
48. Yanai R., Ishida Y., Sagara T., Suzuki K., Chikama T., Nishida T. Underestimation of Intraocular Pressure After Orthokeratology. *Investigative Ophthalmology Visual Science*. 2010;51(13):1533.
49. Chang C.J., Yang H.H., Chang C.A., Wu R., Tsai H.Y., editors. The influence of orthokeratology on intraocular pressure measurements. *Seminars in ophthalmology*; 2013: Taylor & Francis.
50. Тарутта Е.П., Милаш С.В., Маркосян Г.А., Тарасова Н.А. Хориоидия и оптический дефокус. *Вестник офтальмологии*. 2020;136(4):124–129. [Tarutta E.P., Milash S.V., Markosyan G.A., Tarasova N.A. Choroid and optical defocus. *Annals of Ophthalmology = Vestnik oftalmologii*. 2020;136(4):124–129 (In Russ.).] DOI: 10.17116/oftalma2020136041124
51. Nickla D.L., Wallman J. The multifunctional choroid. *Progress in retinal eye research*. 2010;29(2):144–168. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2009.12.002
52. Chen Z., Xue F., Zhou J., Qu X., Zhou X. Effects of orthokeratology on choroidal thickness and axial length. *Optometry Vision Science*. 2016;93(9):1064–1071. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000894
53. Hung L.F., Wallman J., Smith E.L. Vision-dependent changes in the choroidal thickness of macaque monkeys. *Investigative ophthalmology visual science*. 2000;41(6):1259–1269.
54. Troilo D., Nickla D.L., Wildsoet C.F. Choroidal thickness changes during altered eye growth and refractive state in a primate. *Investigative ophthalmology visual science*. 2000;41(6):1249–1258.
55. Gardner D.J., Walline J.J., Mutti D.O. Choroidal thickness and peripheral myopic defocus during orthokeratology. *Optometry Vision Science*. 2015;92(5):579–588. DOI: 10.1097/OPX.0000000000000573
56. Li Z., Cui D., Hu Y., Ao S., Zeng J., Yang X. Choroidal thickness and axial length changes in myopic children treated with orthokeratology. *Contact Lens Anterior Eye*. 2017;40(6):417–423. DOI: 10.1016/j.clae.2017.09.010

## СВЕДЕНИЯ ОБ АВТОРАХ

ФГБНУ «Научно-исследовательский институт глазных болезней»  
Бубнова Ирина Алексеевна  
доктор медицинских наук, старший научный сотрудник отдела патологии оптических сред  
ул. Россолимо 11а, 6, Москва, 119021, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0003-1721-9378>

ФГАУ ВО «Первый Московский государственный медицинский университет им. И. М. Сеченова» Министерства здравоохранения Российской Федерации (Сеченовский Университет)  
Мусаева Гулия Мусаевна  
ассистент кафедры глазных болезней ИКМ им. Н.В. Склифосовского  
ул. Трубцкая, 8, стр. 2, Москва, 119991, Российская Федерация  
<https://orcid.org/0000-0002-1760-3313>

## ABOUT THE AUTHORS

Research Institute of Eye Diseases  
Bubnova Irina A.  
MD, senior science researcher of the Optical media pathology department  
Rossolimo str., 11A, B, Moscow, 119021, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0003-1721-9378>

I.M. Sechenov First Moscow State Medical University (Sechenov University)  
Musaeva Guliya M.  
assistant of the Eye diseases department  
Trubetskaya str., 8-2, Moscow, 119991, Russian Federation  
<https://orcid.org/0000-0002-1760-3313>