

DOI: <https://doi.org/10.17816/rpoj636257>

Коррекция периферического дефокуса миопических глаз очковыми линзами HALs

Е.П. Тарутта¹, Н.А.Тарасова¹, О.В. Проскурина¹, С.Э. Кондратова²¹ НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца, Москва, Российская Федерация² НИИ педиатрии и охраны здоровья детей РНЦХ им. Б.В. Петровского, Москва, Российская Федерация

АННОТАЦИЯ

Современные методы торможения прогрессирования близорукости, основанные на теории периферического дефокуса, показали свою эффективность в формате очков, контактных линз или ортокератологического воздействия. Очковые линзы с высокоасферическими микролинзами HALs (Stellest®) вошли в клиническую практику в 2020 году и получили высокую оценку эффективности в различных исследованиях.

Цель. Исследовать наведённый очками Stellest® периферический дефокус миопических глаз у детей.

Материал и методы. Периферическую рефракцию (ПР) исследовали у 42 детей (84 глаза) с миопией слабой и средней степени. Пациентам в первой группе (42 глаза) цикл измерений проводился в условиях циклоплегии, без коррекции и в очках HALs, при взгляде прямо и с отклонением взора, в зонах 15° и 30° к виску и к носу от центра фовеа. Во второй группе (42 глаза) с узким зрачком измерения проводили без коррекции и в очках HALs, в зонах 5°, 10°, 15° к носу (N) и к виску (T) от центра фовеа с отклонением взора. ПР определяли с помощью бинокулярного авторефрактометра «открытого поля» WAM 5500 фирмы «Grand Seiko». Для вычисления периферического дефокуса из величины периферического сферэквивалента вычитали значение центральной (осевой) рефракции с учётом её знака.

Результаты. В очках с линзами HALs во всех исследованных зонах ближней периферии сетчатки устраняется гиперметропический и формируется миопический дефокус; в зонах N5 и N10 — достоверный ($p < 0,05$). В зоне N15 при отклонении взора формируется миопический дефокус величиной $-0,26$ дптр ($p < 0,05$). При этом прослеживается тенденция к уменьшению гиперметропического дефокуса в T15 и N30.

Заключение. Впервые проведённое исследование периферической рефракции в очках с линзами HALs (Stellest®) позволило подтвердить факт наведения этими линзами миопического дефокуса на периферию сетчатки, наиболее выраженного на ближней носовой периферии.

Ключевые слова: миопия; линзы HALs; Stellest; периферический дефокус; периферическая рефракция.

Как цитировать:

Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., Проскурина О.В., Кондратова С.Э. Коррекция периферического дефокуса миопических глаз очковыми линзами HALs // *Российская педиатрическая офтальмология*. 2024. Т. 19. №4. С. 219–228. DOI: <https://doi.org/10.17816/rpoj636257>

DOI: <https://doi.org/10.17816/rpoj636257>

Correction of peripheral myopic defocus with HAL spectacle lenses

Elena P. Tarutta¹, Natalia A. Tarasova¹, Olga V. Proskurina¹, Svetlana Ed. Kondratova²

¹ Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russian Federation

² Research Institute of Pediatrics and Child Health Protection of the Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russian Federation

ABSTRACT

Current methods to slow myopia progression based on the theory of peripheral defocus have shown their efficacy when used as spectacle, contact, and orthokeratology lenses. Spectacle lenses with highly aspherical microlenslets (Stellest®) were introduced into clinical practice in 2020, and their efficacy was rated highly in different studies.

AIM: To investigate peripheral defocus imposed by Stellest® spectacle lenses in myopic children.

MATERIAL AND METHODS: Peripheral refraction (PR) was evaluated in 42 children (84 eyes) with low-to-moderate myopia. Patients of Group 1 (42 eyes) were examined under cycloplegic conditions, without correction and with HAL spectacle lenses, in the primary position and different directions of gaze, 15° and 30° temporally (T) and nasally (N) from the fovea. Patients of Group 2 (42 eyes) were examined under mydriatic conditions, without correction and with HAL spectacle lenses, 5°, 10°, 15° nasally and temporally from the fovea, in the different directions of gaze. PR was measured using the Grand Seiko WAM-5500 open-field binocular autorefractor. To calculate peripheral defocus, central (axial) refraction was subtracted from the peripheral spherical equivalent taking into account the +/- sign.

RESULTS: HAL spectacle lenses reduced hyperopic defocus and imposed a myopic one in all tested areas of the near retinal periphery; the differences at N5 and N10 points were statistically significant ($p < 0.05$). At N15 point ocular movements imposed myopic defocus of -0.26 D ($p < 0.05$). There is also a trend towards a decrease in hyperopic defocus at T15 and N30 points.

CONCLUSION: The first study of peripheral refraction with HAL spectacle lenses (Stellest®) helped demonstrate that the lenses imposed myopic defocus on the retinal periphery, with the greatest defocus on the near nasal periphery.

Keywords: myopia; HAL lenses; Stellest; peripheral defocus; peripheral refraction.

To cite this article:

Tarutta EP, Tarasova NA, Proskurina OV, Kondratova SEd. Correction of peripheral myopic defocus with HAL spectacle lenses // *Russian pediatric ophthalmology*. 2024;19(4):219–228. DOI: <https://doi.org/10.17816/rpoj636257>

Received: 01.10.2024

Accepted: 08.10.2024

Published: 30.12.2024

ВВЕДЕНИЕ

Современные нехирургические методы торможения прогрессирования близорукости основаны на теории периферического дефокуса, согласно которой рост глаза и формирование рефракции подвержены влиянию наведённого на периферию сетчатки оптического дефокуса: миопического, тормозящего удлинение ПЗО, или гиперметропического, ускоряющего этот процесс [1–5]. Механизм действия периферического дефокуса, как показал эксперимент, заключается в изменении скорости высвобождения нейромодуляторов, синтеза протеогликанов, уровня экспрессии различных белковых факторов роста, активности белков-металлопротеиназ и их ингибиторов. Кроме того, периферический дефокус влияет на изменение содержания трансмембранных белков в тканях глаза, что приводит к изменению структуры склерального матрикса и, как следствие, ускорению или замедлению роста осевой длины глаза и усилению рефракции [6]. Это открытие привело к разработке стратегической концепции с применением оптических подходов для контроля миопии путём наведения относительной миопической расфокусировки в периферическом поле зрения. Такие подходы, в формате очков, контактных линз или ортокератологического воздействия, продемонстрировали свою эффективность в замедлении прогрессирования миопии, по сравнению с традиционными монофокальными средствами коррекции [7–14].

Ортокератологическое воздействие, очки с перифокальным усилением преломления (Перифокал-М), мультифокальные контактные линзы и очковые линзы типа Defocus, включающие несколько сегментов (DIMS), а также линзы с высокоасферическими микролинзами (HALs) были разработаны для наведения периферического миопического дефокуса на сетчатку [14–27]. Сообщается также о получении подобного эффекта после эксимерлазерной коррекции миопии [28–30].

Очковые линзы в качестве оптических средств для контроля миопии в последнее время вызывают большой исследовательский интерес во всем мире, так как они наиболее удобны в использовании в детской практике и обеспечивают высокий комплаенс. Ожидается, что их широкое распространение позволит улучшить ситуацию с нарастающей пандемией близорукости [31, 32].

В НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца с 2015 года проводилась большая исследовательская работа по изучению периферической рефракции (ПР) на фоне очковых линз Перифокал М, индуцирующих миопический периферический дефокус. Благодаря углублённому изучению линз с перифокальным дизайном [33–37] с помощью авторских методов [38, 39] было подтверждено формирование миопического (или уменьшение гиперметропического) периферического дефокуса миопических глаз в очках Перифокал М, как при прямом направлении взгляда (исследование с дозированным поворотом головы), так и с отклонением

взора. Последнее имеет важное значение, поскольку в отличие от контактных линз в условиях очковой коррекции периферическая рефракция при отклонении взгляда будет отличаться от ПР при взгляде прямо ввиду прохождения световых лучей через разные участки стекла с различным преломлением.

Новый дизайн линз с высокоасферическими микролинзами HALs (Stellest®) вошёл в клиническую практику в 2020 году. Эффективность линз с высокоасферическими сегментами (HALs, Stellest®) в торможении прогрессирования близорукости подтверждается как зарубежными, так и отечественными публикациями [40–43]. Имеются отдельные сообщения о динамике периферической рефракции (ПР) некорригированных глаз у детей на фоне ношения очков с линзами HALs [17]. Выявлено незначительное снижение гиперметропического дефокуса в зонах 15 и 30 градусов горизонтального меридиана в назальной и темпоральной области через 6 и 12 месяцев постоянного ношения очков. Однако в отличие от упомянутого исследования периферического дефокуса в очках Перифокал-М подобных исследований в очках Stellest® никто не проводил, и вопрос о характере индуцированного данными очками ПД остаётся открытым.

Цель. Исследовать периферический дефокус у детей с миопией без коррекции и в очках с линзами HALs, в зонах от 5 до 30 градусов носовой и височной периферии сетчатки при различном направлении взгляда.

МАТЕРИАЛ И МЕТОДЫ

Измерение периферической рефракции (ПР) проводилось у 42 детей (84 глаза) с миопией слабой и средней степени. Пациенты были разделены на две группы. В первой группе (42 глаза) цикл измерений проводился в условиях циклоплегии, без коррекции и в очках HALs, при взгляде прямо и с отклонением взгляда, в зонах 15° и 30° к носу (Т) и к носу (N) от центра фовеа. Во второй группе (42 глаза) с узким зрачком измерения проводили без коррекции и в очках HALs, в зонах 5°, 10°, 15° к носу (N) и к носу (Т) от центра фовеа с отклонением взгляда. Периферическую рефракцию определяли с помощью бинокулярного авторефрактометра «открытого поля» WAM 5500 фирмы «Grand Seiko». На насадку, расположенную в 50 см от глаз, нанесли метки для фиксации взгляда в положении 5°, 10°, 15° и 30° к носу и к носу от центрального положения. Расстояние в сантиметрах было рассчитано по таблицам Брадиса исходя из известной длины одного катета (50 см) и заданного угла отклонения. Сначала определяли рефракцию при взгляде прямо, затем последовательно при фиксации каждой метки. При взгляде к носу измеряли рефракцию в носовой периферии сетчатки, при взгляде к носу — в височной. В каждой позиции высчитывали сферический эквивалент рефракции. Для вычисления периферического дефокуса из величины

периферического сферэквивалента вычитали значение центральной (осевой) рефракции с учётом её знака.

РЕЗУЛЬТАТЫ

В таблице 1 приведены результаты исследования периферической рефракции в зонах 15 и 30 градусов горизонтального меридиана в условиях циклоплегии. ПР некорригированных глаз исследовали только с дозированным отклонением зрения, поскольку многочисленные исследования убедительно показали, что в интактных глазах без коррекции в пределах 30-градусной периферии ПР, измеренная при взгляде прямо (с поворотом головы) и с отклонением зрения, ПР полностью совпадает [44, 45].

При измерении в очках такого совпадения не бывает, поскольку лучи проходят через разные участки очковой линзы с различным преломлением. Следует отметить, что измерение периферического преломления в очках с линзами HALs представляет немалые трудности ввиду наличия множества микролинз, что приводит при рефрактометрии через микролинзу к высоким значениям цилиндров и, напротив, к гиперметропическому дефокусу в тех точках, в которых измерительный луч прошёл через монофокальную часть стекла. Многократные кропотливые измерения с последующим вычислением сферэквивалента в каждой исследованной зоне позволили в итоге получить среднестатистические значения периферического дефокуса (табл.1).

Как следует из таблицы, без коррекции во всех исследованных зонах ПД был гиперметропическим, и его величина нарастала от средней к дальней периферии. В очках в зоне N15 при отклонении зрения формируется миопический дефокус величиной -0,26 дптр ($p < 0,05$). При этом явно прослеживается тенденция к уменьшению гиперметропического дефокуса в зонах T15 и N30.

При исследовании в прямом направлении зрения таких изменений выявлено не было. Возможно, это связано с трудностями периферической рефрактометрии в условиях поворота головы, помехами, создаваемыми краем оправы и возникающими вследствие этого погрешностями. В связи с этим дальнейшие измерения проводились только с отклонением зрения.

Исследование ПР с узким зрачком в пределах ближней периферии сетчатки (5 и 10 градусов от точки фиксации) показало следующее (табл. 2). Без коррекции дефокус во всех зонах также был гиперметропическим, однако, меньшей величины. Так, в 5 градусах к носу и к виску слабо гиперметропический дефокус почти равнялся нулю и был достоверно ниже, чем в 15 градусах в первой группе: $0,06 \pm 0,4$ в T5 и $0,07 \pm 0,3$ в N5 против $0,19 \pm 0,74$ в T15 и $0,19 \pm 0,72$ в N15, соответственно. Это подтверждает описанную тенденцию к увеличению гиперметропического дефокуса по мере удаления от центра фовеа. В 10 градусах от центра величина ПД практически не отличалась от показателей 15-градусной периферии в группе 1: в N10 в среднем значения были достоверно ниже, а в T10 — столь же достоверно выше. Интересно было сравнить ПД в симметричных зонах 15-градусной периферии. В первой группе измерения проводились в условиях циклоплегии, во второй — в естественных условиях при сохранении аккомодации. Поскольку метки расположены на расстоянии 50 см от глаза, их фиксация неизбежно сопровождалась включением аккомодации. Последняя, как известно, изменяет форму и преломляющую силу хрусталика, что может и должно сказаться, в том числе, и на периферическом преломлении. При любом напряжении аккомодации хрусталик принимает более «собирательную» форму, что индуцирует отрицательную сферическую aberrацию, которая, в свою очередь, индуцирует гиперметропический

Таблица 1. Периферический дефокус без очков и в очках Stellest, измеренный в условиях циклоплегии с отклонением зрения и при взгляде прямо (с поворотом головы)

Table 1. Peripheral defocus with and without Stellest spectacle lenses, in cycloplegic conditions, in the different directions of gaze and primary position (with a head rotation)

Группа 1 (n 42) Group 1 (n 42)	T30°	T15°	N15°	N30°
Без очков циклоплегия, дптр Cycloplegic, without spectacles (D)	0,7±1,42	0,19±0,74	0,19±0,72*	1,86±1,34
В очках циклоплегия, с отклонением зрения, дптр Cycloplegic, with spectacles, in the different directions of gaze (D)	0,58±1,4	0,01±1,0	-0,26±1,22*	1,1±2,46
В очках при взгляде прямо, дптр With spectacles, in the primary position (D)	0,69±1,4	0,27±0,6	0,25±1,9	1,78±1,7

Примечание: Т — измерения в точке по отношению к виску от центра фовеа, N — измерения в точке по отношению к носу от центра фовеа.

* Различия между параметрами статистически значимые ($p < 0,05$).

Note: T, measurements at a point relative to the temple from the center of the fovea; N, measurements at a point relative to the nose from the center of the fovea.

* The differences in the parameters are statistically significant ($p < 0.05$).

Таблица 2. Периферический дефокус с узким зрачком в ближней зоне только с отклонением взора**Table 2.** Peripheral defocus under mydriatic conditions in the near area only with ocular movement

Группа 2 (n 42) Group 2 (n 42)	T15°	T10°	T5°	N5°	N10°	N15°
Без очков, дптр Uncorrected (D)	0,37±0,8	0,23±0,5	0,06±0,4	0,07±0,3*	0,12±0,6*	0,11±0,7
В очках, дптр Corrected (D)	0,04±0,6	-0,01±0,7	-0,03±0,5	-0,19±0,5*	-0,23±0,4*	-0,08±0,7

Примечание: Т — измерения в точке по отношению к виску от центра фовеа, N — измерения в точке по отношению к носу от центра фовеа.

* Различия между параметрами статистически значимые ($p < 0,05$).

Note: T, measurements at a point relative to the temple from the center of the fovea; N, measurements at a point relative to the nose from the center of the fovea.

*The differences in the parameters are statistically significant ($p < 0.05$).

дефокус на периферии. Сравнение ПД в 15-градусной зоне в естественных условиях и в условиях циклоплегии отчасти подтверждает это предположение. В зоне T15 гиперметропический дефокус с узким зрачком (2-я группа) был вдвое выше ($0,37 \pm 0,8$), чем в условиях циклоплегии ($0,19 \pm 0,74$, 1-я группа). В соответствующей зоне носовой периферии значительной разницы обнаружено не было. Безусловно, ограничением к трактовке полученных данных является тот факт, что ПД в группах 1 и 2 измеряли у разных пациентов. Сравнение периферического дефокуса на одних и тех же глазах до и после циклоплегии является предметом наших дальнейших исследований.

В очках с линзами HALs во всех исследованных зонах ближней периферии сетчатки устраняется гиперметропический и формируется миопический дефокус; в N5

и N10 эти изменения достигли статистической достоверности (табл. 2).

Как видно из полученных данных, индивидуальные значения ПД в значительной мере варьировали и без коррекции, и в очках. Мы провели анализ индивидуальных значений дефокуса в очках Stellest® как в прямом, так и в отклонённом направлении взора. При отклонении взора наиболее часто миопический дефокус формировался в ближней носовой периферии, он был обнаружен в 38 глазах из 42 (табл. 3). В ближней височной периферии миопический дефокус обнаруживался в половине обследованных глаз (21). В 30 градусах к носу и к виску миопический дефокус в очках Stellest® удалось зарегистрировать в 25% глаз (в 9 и в 11, соответственно).

Таблица 3. Периферический дефокус в очках Stellest®. 42 глаза с отклонением взора. Миопический дефокус в различных периферических зонах: T30 — 11 глаз; T15 — 21 глаз; N15 — 38 глаз; N30 — 9 глаз**Table 3.** Peripheral defocus with Stellest® spectacle lenses and ocular movement, $n=42$ eyes. Myopic defocus at different peripheral points (T30: 11 eyes; T15: 21 eyes; N15: 38 eyes; N30: 9 eyes)

Зона сетчатки Retinal area	T30	T15	N15	N30
Количество глаз с миопическим дефокусом Number of eyes with myopic defocus	11	21	38	9

Примечание: Т — измерения в точке по отношению к виску от центра фовеа, N — измерения в точке по отношению к носу от центра фовеа.

Note: T, measurements at a point relative to the temple from the center of the fovea; N, measurements at a point relative to the nose from the center of the fovea.

Таблица 4. Периферический дефокус в очках Stellest. 42 глаза, в прямом направлении взора. Миопический дефокус в различных периферических зонах: T30 — 11 глаз; T15 — 13 глаз; N15 — 27 глаз; N30 — 4 глаза**Table 4.** Peripheral defocus with Stellest® spectacle lenses in the primary position, $n=42$ eyes. Myopic defocus at different peripheral points (T30: 11 eyes; T15: 13 eyes; N15: 27 eyes; N30: 4 eyes)

Зона сетчатки Retinal area	T30	T15	N15	N30
Количество глаз с миопическим дефокусом. Number of eyes with myopic defocus	11	13	27	4

Примечание: Т — измерения в точке по отношению к виску от центра фовеа, N — измерения в точке по отношению к носу от центра фовеа.

Note: T, measurements at a point relative to the temple from the center of the fovea; N, measurements at a point relative to the nose from the center of the fovea.

При исследовании в прямом направлении зрения миопический дефокус, наведённый очками Stellest®, также наиболее часто регистрировался в ближней носовой периферии сетчатки: в 27 случаях из 42 (табл. 4). В ближней и дальней височной периферии его удалось обнаружить в 13 и 11 глазах, соответственно, в зоне N30 — в 4 глазах.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Впервые проведённое исследование периферической рефракции в надетых очках с линзами HALs (Stellest®) позволило подтвердить факт наведения этими линзами миопического дефокуса на периферию сетчатки, наиболее выраженного на ближней носовой периферии.

ДОПОЛНИТЕЛЬНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

Источник финансирования. Авторы заявляют об отсутствии внешнего финансирования при проведении исследования.

Конфликт интересов. Авторы декларируют отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Вклад авторов. Все авторы подтверждают соответствие своего авторства международным критериям ICMJE (все авторы внесли существенный вклад в разработку концепции, проведение исследования и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию перед публикацией). Наибольший вклад распределён следующим образом. Е.П. Тарутта — замысел и

разработка дизайна исследования, критический пересмотр статьи в части значимого интеллектуального содержания, окончательное одобрение варианта статьи для опубликования; Н.А. Тарасова — создание базы данных, анализ данных, обследование пациентов, статистическая обработка, написание статьи; О.В. Проскурина — разработка дизайна исследования, обследование пациентов; С.Э. Кондратова — анализ данных, обследование пациентов.

ADDITIONAL INFORMATION

Funding source: This work was not supported by any external sources.

Competing interests: Authors declare no explicit or potential conflicts of interests associated with the publication of this article.

Author contributions: All authors confirm that their authorship meets the international ICMJE criteria (all authors made a substantial contribution to the conception of the work, conducting the study, drafting and revising the work, final approval of the version to be published). The authors made the following contributions. E.P. Tarutta developed the concept, designed the study, critically reviewed the manuscript for important intellectual content, provided final approval of the version to be published; N.A. Tarasova was responsible for database creation, data analysis, examination of patients, statistical analysis, and writing of the manuscript; O.V. Proskurina designed the study and participated in examination of patients; S.E. Kondratova participated in data analysis and examination of patients.

ЛИТЕРАТУРА

1. Benavente-Perez A., Nour A., Troilo D. The effect of simultaneous negative and positive defocus on eye growth and development of refractive state in marmosets // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2012. Vol. 53, N 10. P. 6479–6487. doi: 10.1167/iovs.12-9822
2. Delshad S., Collins M.J., Read S.A., Vincent S.J. The time course of the onset and recovery of axial length changes in response to imposed defocus // *Sci Rep*. 2020. Vol. 10, N 1. P. 8322. doi: 10.1038/s41598-020-65151-5
3. Benavente-Perez A., Nour A., Troilo D. Axial eye growth and refractive error development can be modified by exposing the peripheral retina to relative myopic or hyperopic defocus // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2014. Vol. 55, N 10. P. 6765–6773. doi: 10.1167/iovs.14-14524
4. Smith E.L., Hung L.F., Huang J. Relative peripheral hyperopic defocus alters central refractive development in infant monkeys // *Vision Res*. 2009. Vol. 49, N 19. P. 2386–2392. doi: 10.1016/j.visres.2009.07.011
5. Norton T.T., Siegwart J.T., Amedo A.O. Effectiveness of hyperopic defocus, minimal defocus, or myopic defocus in competition with a myopiagenic stimulus in tree shrew eyes // *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2006. Vol. 47, N 11. P. 4687–4699. doi: 10.1167/iovs.05-1369
6. Лагасе Ж.П. Теория изменения ретинального периферического дефокуса и прогрессирование миопии // *Вестник оптометрии*. 2011. № 1. С. 48–57.
7. Chamberlain P., Peixoto-de-Matos S.C., Logan N.S., et al. A 3-year randomized clinical trial of misight lenses for myopia control // *Optom Vis Sci*. 2019. Vol. 96, N 8. P. 556–567. doi: 10.1097/OPX.0000000000001410
8. Li Q., Fang F. Advances and challenges of soft contact lens design for myopia control // *Appl Opt*. 2019. Vol. 58, N 7. P. 1639–1656. doi: 10.1364/AO.58.001639
9. Gonzalez-Meijome J.M., Faria-Ribeiro M.A., Lopes-Ferreira D.P., et al. Changes in peripheral refractive profile after orthokeratology for different degrees of myopia // *Curr Eye Res*. 2016. Vol. 41, N 2. P. 199–207. doi: 10.3109/02713683.2015.1009634
10. Lam C.S., Tang W.C., Tse D.Y., et al. Defocus incorporated soft contact (DISC) lens slows myopia progression in Hong Kong chinese schoolchildren: a 2-year randomised clinical trial // *Br J Ophthalmol*. 2014. Vol. 98, N 1. P. 40–45. doi: 10.1136/bjophthalmol-2013-303914
11. Smith E.L. Prentice award lecture 2010: a case for peripheral optical treatment strategies for myopia // *Optom Vis Sci*. 2011. Vol. 88, N 9. P. 1029–1044. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182279cfa
12. Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Маркосян Г.А., и др. Стратегически ориентированная концепция оптической профилактики возникновения и прогрессирования миопии // *Российский офтальмологический журнал*. 2020. Т. 13, № 4. С. 7–16. EDN: NVXPXF doi: 10.21516/2072-0076-2020-13-4-7-16

13. Lin Z., Martinez A., Chen X., et al. Peripheral defocus with single-vision spectacle lenses in myopic children // *Optom Vis Sci.* 2010. Vol. 87, N 1. P. 4–9. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181c078f1
14. Atchison D.A., Mathur A., Varnas S.R. Visual performance with lenses correcting peripheral refractive errors // *Optom Vis Sci.* 2013. Vol. 90, N 11. P. 1304–1311. doi: 10.1097/OPX.0000000000000033
15. Lam C.S., Tang W.C., Tse D.Y., et al. Defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial // *Br J Ophthalmol.* 2020. Vol. 104, N 3. P. 363–368. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313739
16. Bao J., Yang A., Huang Y., et al. One-year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets // *Br J Ophthalmol.* 2022. Vol. 106, N 8. P. 1171–1176. doi: 10.1136/bjophthalmol-2020-318367
17. Huang Y., Zhang J., Yin Z., et al. Effects of spectacle lenses with aspherical lenslets on peripheral eye length and peripheral refraction in myopic children: a 2-year randomized clinical trial // *Transl Vis Sci Technol.* 2023. Vol. 12, N 11. P. 15. doi: 10.1167/tvst.12.11.15
18. Zhang H.Y., Lam C.S., Tang W.C., et al. Defocus incorporated multiple segments spectacle lenses changed the relative peripheral refraction: a 2-year randomized clinical trial // *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2020. Vol. 61, N 5. P. 53. doi: 10.1167/iovs.61.5.53
19. Fedtke C., Ehrmann K., Bakaraju R.C. Peripheral refraction and spherical aberration profiles with single vision, bifocal and multifocal soft contact lenses // *J Optom.* 2020. Vol. 13, N 1. P. 15–28. doi: 10.1016/j.optom.2018.11.002
20. Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г. Влияние ортокератологических линз на сферическую абберацию оптической системы глаза // *Российский офтальмологический журнал.* 2018. Т. 11, № 2. С. 17–21. EDN: UQDYLL doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-2-17-21
21. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., Милаш С.В., и др. Влияние различных средств коррекции миопии на периферическую рефракцию в зависимости от направления взгляда // *Вестник офтальмологии.* 2019. Т. 135, № 4. С. 60–69. EDN: OFMKAT doi: 10.17116/oftalma201913504160
22. Hiraoka T., Matsumoto Y., Okamoto F., et al. Corneal higher-order aberrations induced by overnight orthokeratology // *Am J Ophthalmol.* 2005. Vol. 139, N 3. P. 429–436. doi: 10.1016/j.ajo.2004.10.006
23. Yoo Y.S., Kim D.Y., Byun Y.S., et al. Impact of peripheral optical properties induced by orthokeratology lens use on myopia progression // *Heliyon.* 2020. Vol. 6, N 4. P. e03642. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03642
24. Si J.K., Tang K., Bi H.S., et al. Orthokeratology for myopia control: a meta-analysis // *Optom Vis Sci.* 2015. Vol. 92, N 3. P. 252–257. doi: 10.1097/OPX.0000000000000505
25. Lee Y., Wang J., Chiu C. Effect of orthokeratology on myopia progression: twelve-year results of a retrospective cohort study // *BMC Ophthalmol.* 2017. Vol. 17, N 1. P. 243. doi: 10.1186/s12886-017-0639-4
26. Li S.M., Kang M.T., Wu S.S., et al. Studies using concentric ring bifocal and peripheral add multifocal contact lenses to slow myopia progression in schoolaged children: a meta-analysis // *Ophthalmic Physiol Opt.* 2017. Vol. 37, N 1. P. 51–59. doi: 10.1111/opo.12332
27. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., Проскурина О.В., Милаш С.В. Периферический дефокус миопических глаз при коррекции перифокальными, монофокальными очками и мягкими контактными линзами // *Российский офтальмологический журнал.* 2018. Т. 11, № 4. С. 36–42. EDN: YPHUTJ doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-4-36-41
28. Queirós A., Amorim-de-Sousa A., Lopes-Ferreira D., et al. Relative peripheral refraction across 4 meridians after orthokeratology and LASIK surgery // *Eye Vis (Lond).* 2018. Vol. 5. P. 12. doi: 10.1186/s40662-018-0106-1
29. Нероев В.В., Тарутта Е.П., Ханджян А.Т., и др. Различия профиля периферического дефокуса после ортокератологической и эксимерлазерной коррекции миопии // *Российский офтальмологический журнал.* 2017. Т. 10, № 1. С. 31–35. EDN: YFQCEX doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-1-31-35
30. Ходжабеян Н.В., Ханджян А.Т., Тарутта Е.П., и др. Изменение аберраций высших порядков после фоторефракционной кератэктомии (ФРК) и фемтоласик // *Российский офтальмологический журнал.* 2022. Т. 15, № 1. С. 99–104. EDN: JXUQVQ doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-1-99-104
31. Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A., et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 // *Ophthalmology.* 2016. Vol. 123, N 5. P. 1036–1042. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
32. Wolffsohn J.S., Calossi A., Cho P., et al. Global trends in myopia management attitudes and strategies in clinical practice: 2019 update // *Cont Lens Anterior Eye.* 2020. Vol. 43, N 1. P. 9–17. doi: 10.1016/j.clae.2019.11.002
33. Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Милаш С.В., и др. Индуцированный очками Perifocal-M периферический дефокус и прогрессирование миопии у детей // *Российская педиатрическая офтальмология.* 2015. Т. 10, № 2. С. 33–37. EDN: TSKREB
34. Ибатулин Р.А., Проскурина О.В., Тарутта Е.П. Многофакторные механизмы терапевтического воздействия перифокальных очков (Perifocal-M) на прогрессирование миопии у детей // *Офтальмология.* 2018. Т. 15, № 4. С. 433–438. EDN: TLNFSK doi: 10.18008/1816-5095-2018-4-433-438
35. Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Тарасова Н.А., и др. Предикторы миопии как отправная точка для начала активных мер по предупреждению ее развития // *Российский офтальмологический журнал.* 2018. Т. 11, № 3. С. 107–112. EDN: RWPLJZ doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-3-107-112
36. Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А. Анализ факторов риска развития близорукости в дошкольном и раннем школьном возрасте // *Анализ риска здоровью.* 2019. Т. 3. С. 26–31. EDN: XZMFZQ doi: 10.21668/health.risk/2019.3.03
37. Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Тарасова Н.А., и др. Отдаленные результаты очковой коррекции с перифокальным дефокусом у детей с прогрессирующей миопией // *Вестник офтальмологии.* 2019. Т. 135, № 5. С. 46–53. EDN: HPZNZC doi: 10.17116/oftalma201913505146
38. Патент РФ на изобретение № RU 2367333 С1. Бюл. № 26. Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Кварацхелия Н.Г. Способ исследования периферической рефракции. Режим доступа: <http://www.freepatent.ru/patents/2367333>. Дата обращения: 15.10.2024.
39. Клинические рекомендации. Миопия. Утверждены Минздравом РФ. Общероссийская общественная организация «Ассоциация врачей-офтальмологов», 2017. 46 с.
40. Проскурина О.В., Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., и др. Годовые результаты применения очковых линз с встроенными кольцами высокоасферических микролинз Stellect для контроля миопии у детей // *Российская педиатрическая офтальмология.* 2023. Т. 18, № 4. С. 191–203. EDN: QZANVF doi: 10.17816/rpoj567973

41. Проскурина О.В., Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., и др. Влияние на динамику рефракции детей с миопией очковых линз Stellest. Результаты наблюдения в течение 1 года // Российский общенациональный офтальмологический форум. 2023. Т. 1. С. 195–198. EDN: LYSTOS
42. Li X., Huang Y., Yin Z., et al. Myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets: results of a 3-year follow-up study // *Am J Ophthalmol.* 2023. Vol. 253. P. 160–168. doi: 10.1016/j.ajo.2023.03.030
43. Guo H., Li X., Zhang X., et al. Comparing the effects of highly aspherical lenslets versus defocus incorporated multiple segment

- spectacle lenses on myopia control // *Sci Rep.* 2023. Vol. 13, N 1. P. 3048. doi: 10.1038/s41598-023-30157-2
44. Тарутта Е.П., Милаш С.В., Тарасова Н.А., и др. Периферическая рефракция и контур сетчатки у детей с миопией по результатам рефрактометрии и частично когерентной интерферометрии // Вестник офтальмологии. 2014. Т. 130, № 6. С. 44–49. EDN: THPQSJ
45. Тарутта Е.П., Иомдина Е.Н., Кварацхелия Н.Г., Филинова О.Б. Способ исследования периферической рефракции глаза // Российский общенациональный офтальмологический форум: сборник трудов научно-практической конференции с международным участием. Москва, 2008. С. 582–586.

REFERENCES

1. Benavente-Perez A, Nour A, Troilo D. The effect of simultaneous negative and positive defocus on eye growth and development of refractive state in marmosets. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2012;53(10):6479–6487. doi: 10.1167/iovs.12-9822
2. Delshad S, Collins MJ, Read SA, Vincent SJ. The time course of the onset and recovery of axial length changes in response to imposed defocus. *Sci Rep.* 2020;10(1):8322. doi: 10.1038/s41598-020-65151-5
3. Benavente-Perez A, Nour A, Troilo D. Axial eye growth and refractive error development can be modified by exposing the peripheral retina to relative myopic or hyperopic defocus. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2014;55(10):6765–6773. doi: 10.1167/iovs.14-14524
4. Smith EL, Hung LF, Huang J. Relative peripheral hyperopic defocus alters central refractive development in infant monkeys. *Vision Res.* 2009;49(19):2386–2392. doi: 10.1016/j.visres.2009.07.011
5. Norton TT, Siegwart JT, Amedo AO. Effectiveness of hyperopic defocus, minimal defocus, or myopic defocus in competition with a myopiagenic stimulus in tree shrew eyes. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2006;47(11):4687–4699. doi: 10.1167/iovs.05-1369
6. Lagace JP. The theory of change of the retinal peripheral defocus and myopia progression. *Vestnik optometrii.* 2011;(1):48–57. (In Russ.)
7. Chamberlain P, Peixoto-de-Matos SC, Logan NS, et al. A 3-year randomized clinical trial of misight lenses for myopia control. *Optom Vis Sci.* 2019;96(8):556–567. doi: 10.1097/OPX.0000000000001410
8. Li Q, Fang F. Advances and challenges of soft contact lens design for myopia control. *Appl Opt.* 2019;58(7):1639–1656. doi: 10.1364/AO.58.001639
9. Gonzalez-Meijome JM, Faria-Ribeiro MA, Lopes-Ferreira DP, et al. Changes in peripheral refractive profile after orthokeratology for different degrees of myopia. *Curr Eye Res.* 2016;41(2):199–207. doi: 10.3109/02713683.2015.1009634
10. Lam CS, Tang WC, Tse DY, et al. Defocus incorporated soft contact (DISC) lens slows myopia progression in Hong Kong chinese schoolchildren: a 2-year randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol.* 2014;98(1):40–45. doi: 10.1136/bjophthalmol-2013-303914
11. Smith EL. Prentice award lecture 2010: a case for peripheral optical treatment strategies for myopia. *Optom Vis Sci.* 2011;88(9):1029–1044. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182279cfa
12. Tarutta EP, Proskurina OV, Markossian GA, et al. A strategically oriented conception of optical prevention of myopia onset and progression. *Russian Ophthalmological Journal.* 2020;13(4):7–16. EDN: NVXPXF doi: 10.21516/2072-0076-2020-13-4-7-16
13. Lin Z, Martinez A, Chen X, et al. Peripheral defocus with single-vision spectacle lenses in myopic children. *Optom Vis Sci.* 2010;87(1):4–9. doi: 10.1097/OPX.0b013e3181c078f1
14. Atchison DA, Mathur A, Varnas SR. Visual performance with lenses correcting peripheral refractive errors. *Optom Vis Sci.* 2013;90(11):1304–1311. doi: 10.1097/OPX.0000000000000033
15. Lam CS, Tang WC, Tse DY, et al. Defocus incorporated multiple segments (DIMS) spectacle lenses slow myopia progression: a 2-year randomised clinical trial. *Br J Ophthalmol.* 2020;104(3):363–368. doi: 10.1136/bjophthalmol-2018-313739
16. Bao J, Yang A, Huang Y, et al. One-year myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets. *Br J Ophthalmol.* 2022;106(8):1171–1176. doi: 10.1136/bjophthalmol-2020-318367
17. Huang Y, Zhang J, Yin Z, et al. Effects of spectacle lenses with aspherical lenslets on peripheral eye length and peripheral refraction in myopic children: a 2-year randomized clinical trial. *Transl Vis Sci Technol.* 2023;12(11):15. doi: 10.1167/tvst.12.11.15
18. Zhang HY, Lam CS, Tang WC, et al. Defocus incorporated multiple segments spectacle lenses changed the relative peripheral refraction: a 2-year randomized clinical trial. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2020;61(5):53. doi: 10.1167/iovs.61.5.53
19. Fedtke C, Ehrmann K, Bakaraju RC. Peripheral refraction and spherical aberration profiles with single vision, bifocal and multifocal soft contact lenses. *J Optom.* 2020;13(1):15–28. doi: 10.1016/j.optom.2018.11.002
20. Tarutta EP, Harutyunyan SG. The impact of orthokeratologic contact lenses on spherical aberration of the optical system of the eye. *Russian Ophthalmological Journal.* 2018;11(2):17–21. EDN: UQDYLL doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-2-17-21
21. Tarutta EP, Tarasova NA, Milash SV, et al. The influence of different means of myopia correction on peripheral refraction depending on the direction of gaze. *Russian Annals of ophthalmology = Vestnik oftalmologii.* 2019;135(4):60–69. EDN: OFMKAT doi: 10.17116/oftalma201913504160
22. Hiraoka T, Matsumoto Y, Okamoto F, et al. Corneal higher-order aberrations induced by overnight orthokeratology. *Am J Ophthalmol.* 2005;139(3):429–436. doi: 10.1016/j.ajo.2004.10.006
23. Yoo YS, Kim DY, Byun YS, et al. Impact of peripheral optical properties induced by orthokeratology lens use on myopia progression. *Heliyon.* 2020;6(4):e03642. doi: 10.1016/j.heliyon.2020.e03642
24. Si JK, Tang K, Bi HS, et al. Orthokeratology for myopia control: a meta-analysis. *Optom Vis Sci.* 2015;92(3):252–257. doi: 10.1097/OPX.0000000000000505

25. Lee Y, Wang J, Chiu C. Effect of orthokeratology on myopia progression: twelve-year results of a retrospective cohort study. *BMC Ophthalmol.* 2017;17(1):243. doi: 10.1186/s12886-017-0639-4
26. Li SM, Kang MT, Wu SS, et al. Studies using concentric ring bifocal and peripheral add multifocal contact lenses to slow myopia progression in schoolaged children: a meta-analysis. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2017;37(1):51–59. doi: 10.1111/opo.12332
27. Tarutta EP, Tarasova NA, Proskurina OV, et al. Peripheral defocus of myopic eyes corrected with perifocal-m glasses, monofocal glasses, and soft contact lenses. *Russian Ophthalmological Journal.* 2018;11(4):36–42. EDN: YPHUTJ doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-4-36-41
28. Queirós A, Amorim-de-Sousa A, Lopes-Ferreira D, et al. Relative peripheral refraction across 4 meridians after orthokeratology and LASIK surgery. *Eye Vis (Lond).* 2018;5:12. doi: 10.1186/s40662-018-0106-1
29. Neroev VV, Tarutta EP, Khandzhyan AT, et al. Difference in profile of peripheral defocus after orthokeratology and eximer laser correction of myopia. *Russian Ophthalmological Journal.* 2017;10(1):31–35. EDN: YFQCEX doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-1-31-35
30. Khodzhabekyan NV, Khandzhyan AT, Tarutta EP, et al. Changes of high order aberrations after photorefractive keratectomy (PRK) and femtolasik. *Russian Ophthalmological Journal.* 2022;15(1):99–104. EDN: JXUQQV doi: 10.21516/2072-0076-2022-15-1-99-104
31. Holden BA, Fricke TR, Wilson DA, et al. 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
32. Wolffsohn JS, Calossi A, Cho P, et al. Global trends in myopia management attitudes and strategies in clinical practice: 2019 update. *Cont Lens Anterior Eye.* 2020;43(1):9–17. doi: 10.1016/j.clae.2019.11.002
33. Tarutta EP, Proskurina OV, Milash SV, et al. Peripheral defocus induced by “Perifocal-M” spectacles and myopia progression in children. *Russian pediatric ophthalmology = Rossiyskaya pediatricheskaya oftal'mologiya.* 2015;10(2):33–37. EDN: TSKREB
34. Ibatulin RA, Proskurina OV, Tarutta EP. Multi-factoral mechanisms of therapeutic effect of perifocal spectacles (Perifocal-M) on progressive myopia in children. *Ophthalmology.* 2018;15(4):433–438. EDN: TLNFSK doi: 10.18008/1816-5095-2018-4-433-438
35. Tarutta EP, Proskurina OV, Tarasova NA, et al. Myopia predictors as a starting point for active prevention of myopia development. *Russian Ophthalmological Journal.* 2018;11(3):107–112. EDN: RWPLJZ doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-3-107-112
36. Tarutta EP, Proskurina OV, Tarasova NA, Markosyan GA. Analysis of risk factors that cause myopia in pre-school children and primary school students. *Health Risk Analysis.* 2019;(3):26–33. EDN: XZMFZQ doi: 10.21668/health.risk/2019.3.03
37. Tarutta EP, Proskurina OV, Tarasova NA, et al. Long-term results of perifocal defocus spectacle lens correction in children with progressive myopia. *Russian Annals of ophthalmology = Vestnik oftalmologii.* 2019;135(5):46–53. EDN: HPZNZC doi: 10.17116/oftalma201913505146
38. Patent RUS № RU 2367333 C1. Byul. № 26. Tarutta EP, Iomdina EN, Kvaratskhelia NG. *Method of studying peripheral refraction.* (In Russ.) Available from: <http://www.freepatent.ru/patents/2367333>. Accessed: 15.10.2024.
39. Clinical guidelines. *Myopia.* Approved by the Ministry of Health of the Russian Federation. Association of Ophthalmologists; 2017. 46 p. (In Russ.)
40. Proskurina OV, Tarutta EP, Tarasova NA, et al. Annual results of the use of spectacle lenses with embedded rings of high-spherical microlenses Steltest for the control of myopia. *Russian pediatric ophthalmology.* 2023;18(4):191–203. EDN: QZANVF doi: 10.17816/rpoj567973
41. Proskurina OV, Tarutta EP, Tarasova NA, et al. Effect of Steltest spectacle lenses on the refractive dynamics of children with myopia. Results of observation during 1 year. *Russian national ophthalmological forum.* 2023;1:195–198. (In Russ.) EDN: LYSTOS
42. Li X, Huang Y, Yin Z, et al. Myopia control efficacy of spectacle lenses with aspherical lenslets: results of a 3-year follow-up study. *Am J Ophthalmol.* 2023;253:160–168. doi: 10.1016/j.ajo.2023.03.030
43. Guo H, Li X, Zhang X, et al. Comparing the effects of highly aspherical lenslets versus defocus incorporated multiple segment spectacle lenses on myopia control. *Sci Rep.* 2023;13(1):3048. doi: 10.1038/s41598-023-30157-2
44. Tarutta EP, Milash SV, Tarasova NA, et al. Peripheral refraction and retinal contour in children with myopia by results of refractometry and partial coherence interferometry. *Russian Annals of ophthalmology.* 2014;130(6):44–49. EDN: THPQSJ
45. Tarutta EP, Iomdina EN, Kvaratskhelia NG, Filinova OB. *Method of peripheral eye refraction research.* In: Russian National Ophthalmological Forum: proceedings of the scientific-practical conference with international participation. Moscow; 2008. P. 582–586. (In Russ.)

ОБ АВТОРАХ

Тарутта Елена Петровна, д.м.н., профессор;
ORCID: 0000-0002-8864-4518;
e-mail: elenatarutta@mail.ru

* **Тарасова Наталья Алексеевна**, к.м.н.;
адрес: Россия, 105062, Москва,
ул. Садовая-Черногрозская, 14/19;
ORCID: 0000-0002-3164-4306;
SPIN: 3056-4316;
e-mail: tar221@yandex.ru

AUTHORS' INFO

Elena P. Tarutta, MD, Dr. Sci. (Medicine), professor;
ORCID: 0000-0002-8864-4518;
e-mail: elenatarutta@mail.ru

* **Natalia A. Tarasova**, MD, Cand. Sci. (Medicine);
address: 14/19, Sadovaya Chernogryazskaya Str., 105062
Moscow, Russia;
ORCID: 0000-0002-3164-4306;
SPIN: 3056-4316;
e-mail: tar221@yandex.ru

* Автор, ответственный за переписку / Corresponding author

Проскурина Ольга Владимировна, д.м.н.,

ORCID: 0000-0002-2496-2533;

SPIN: 1057-5866;

e-mail: proskourina@mail.ru

Кондратова Светлана Эдуардовна, врач-офтальмолог;

ORCID: 0000-0002-6522-5310;

SPIN: 9095-2169;

e-mail: svetlana26.03@mail.ru

Olga V. Proskurina, MD, Dr. Sci. (Medicine);

ORCID: 0000-0002-2496-2533;

SPIN: 1057-5866;

e-mail: proskourina@mail.ru

Svetlana Ed. Kondratova, MD, ophthalmologist;

ORCID: 0000-0002-6522-5310;

SPIN: 9095-2169;

e-mail: svetlana26.03@mail.ru