Вестник офтальмологии
2025, Т. 141, №6, с. 69–74
https://doi.org/10.17116/oftalma202514106169

Russian Annals of Ophthalmology
2025, vol. 141, №6, pp. 69–74
https://doi.org/10.17116/oftalma202514106169

Роль ранних изменений толщины хориоидеи на фоне ношения очков с линзами HAL в прогнозе эффективности оптической терапии прогрессирующей близорукости у детей

© Е.П. ТАРУТТА[1], С.Э. КОНДРАТОВА[2], С.В. МИЛАШ[1]

[1]ФГБУ «Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, Москва, Россия;
[2]НИИ педиатрии и охраны здоровья детей ФГБНУ «Российский научный центр хирургии им. Б.В. Петровского», Москва, Россия

РЕЗЮМЕ

Изменение толщины хориоидеи (ТХ) в ранние сроки после начала оптической или медикаментозной терапии может служить предиктором дальнейшей скорости удлинения переднезадней оси (ПЗО) глаза и прогрессирования миопии, а также биомаркером чувствительности данного конкретного пациента к предлагаемому воздействию.

Цель исследования. Изучение связи динамики миопии у детей на фоне ношения впервые назначенных очков с высокоасферическими микролинзами (highly aspherical lenslets, HAL) с ранним ответом хориоидеи на указанную коррекцию.

Материал и методы. В исследование включены 36 детей (72 глаза) в возрасте 7—13 (в среднем 10,41±1,14) лет с миопией 3,74±0,64 дптр, которые в течение 12 мес носили впервые назначенные очки с линзами HAL. В зависимости от реакции хориоидеи в 1-й месяц оптической коррекции пациенты разделены на 2 группы: 1-я группа включала 24 пациента (48 глаз), у которых ТХ за 1 мес увеличилась на 5 мкм и более, 2-я группа состояла из 12 детей (24 глаза), у которых ТХ не изменилась или уменьшилась. Динамика ПЗО и рефракции оценена через 1 год.

Результаты. В 1-й группе (с увеличением ТХ) усиление рефракции составило 0,03 ±0,3 дптр за 1 год, а удлинение ПЗО — 0,04 ±0,16 мм; во 2-й группе 0,12 ± 0,2 дптр и 0,18 ± 0,2 мм соответственно (p<0,05).

Заключение. Увеличение ТХ в ранние сроки ассоциируется с более стабильной рефракцией и длиной ПЗО в течение одного года наблюдения. Ранний ответ хориоидеи может служить критерием дальнейшей эффективности лечения и выбора метода контроля миопии.

Ключевые слова: *миопия, хориоидея, оптический дефокус, линзы HAL.*

ИНФОРМАЦИЯ ОБ АВТОРАХ:
Тарутта Е.П. — e-mail: elenatarutta@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-8864-4518
Кондратова С.Э. — e-mail: svetlana26.03@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-6522-5310
Милаш С.В. — e-mail: sergey_milash@yahoo.com; https://orcid.org/0000-0002-3553-9896
Автор, ответственный за переписку: Кондратова Светлана Эдуардовна — e-mail: svetlana26.03@mail.ru

КАК ЦИТИРОВАТЬ:
Тарутта Е.П., Кондратова С.Э., Милаш С.В. Роль ранних изменений толщины хориоидеи на фоне ношения очков с линзами HAL в прогнозе эффективности оптической терапии прогрессирующей близорукости у детей. *Вестник офтальмологии*. 2025;141(6):69–74. https://doi.org/10.17116/oftalma202514106169

Prognostic role of early changes in choroidal thickness during optical therapy with HAL lenses in children with progressive myopia

© E.P. TARUTTA[1], S.E. KONDRATOVA[2], S.V. MILASH[1]

[1]Helmholtz National Medical Research Center of Eye Diseases, Moscow, Russia;
[2]Research Institute of Pediatrics and Child Health Protection of the Petrovsky National Research Centre of Surgery, Moscow, Russia

ABSTRACT

Early changes in choroidal thickness (CT) following the initiation of optical or pharmacological therapy may serve as a predictor of the subsequent rate of axial length (AL) increase and progression of myopia, as well as a biomarker of individual sensitivity to the treatment.

Purpose. This study aimed to investigate the relationship between the dynamics of myopia progression in children wearing newly prescribed spectacles with highly aspherical lenslets (HAL) and the early choroidal response to this optical correction.

Material and methods. The study included 36 children (72 eyes) aged 7—13 years (mean age 10.41±1.14 years) with myopia of 3.74±0.64 D who wore HAL spectacle lenses for 12 months. Based on the choroidal response after the first month of optical correction, patients were divided into two groups: group 1 included 24 children (48 eyes) with an increase in CT of ≥5 μm, and group 2 consisted of 12 children (24 eyes) in which CT either did not change or decreased. Changes in AL and refractive error were assessed after one year.

Results. In group 1 (CT increase), refractive progression was 0.03±0.3 D and axial elongation was 0.04±0.16 mm after one year; in group 2, these values were 0.12±0.2 D and 0.18±0.2 mm, respectively (p<0.05).
Conclusion. Early increase in CT was associated with greater stability of refractive error and AL during one year of follow-up. The early response of the choroid may serve as a predictor of further treatment effectiveness and a criterion for selecting myopia control strategies.

Keywords: *myopia, choroid, optical defocus, HAL lenses.*

INFORMATION ABOUT THE AUTHORS:
Tarutta E.P. — e-mail: elenatarutta@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-8864-4518
Kondratova S.E. — e-mail: svetlana26.03@mail.ru; https://orcid.org/0000-0002-6522-5310
Milash S.V. — e-mail: sergey_milash@yahoo.com; https://orcid.org/0000-0002-3553-9896
Corresponding author: Kondratova S.E. — e-male: svetlana26.03@mail.ru

TO CITE THIS ARTICLE:
Tarutta EP, Kondratova SE, Milash SV. Prognostic role of early changes in choroidal thickness during optical therapy with HAL lenses in children with progressive myopia. *Russian Annals of Ophthalmology = Vestnik oftal'mologii*. 2025;141(6):69–74. (In Russ.).
https://doi.org/10.17116/oftalma202514106169

Изучение морфофункциональных изменений глаз под влиянием наведенного периферического миопического дефокуса открывает широкие возможности для оценки и прогнозирования терапевтического эффекта оптических методов лечения близорукости [1].

Многочисленные исследования показывают, что рост глаза, управляемый зрительной системой, контролируется каскадом локальных химических процессов, которые начинаются в сетчатке и в конечном итоге приводят к ремоделированию внеклеточного матрикса склеры. Сосудистая оболочка, богатая кровеносными сосудами и расположенная непосредственно под склерой, участвует в регуляции метаболизма склеры во время роста глаза под контролем визуальной обратной связи [2].

J. Wallman и соавт. [3, 4] продемонстрировали существование быстрой реакции хориоидеи у цыплят на наведенный миопический (увеличение толщины хориоидеи (ТХ)) или гиперметропический (уменьшение ТХ) дефокус. Изменения положения сетчатки, происходящие за счет модуляции толщины сосудистой оболочки, описываются так же, как хориоидальная аккомодация.

Четкая связь между характером наведенного на сетчатку дефокуса и изменением аксиальной длины глаза доказана во множестве экспериментальных исследований [5, 6]. В зависимости от направления и ориентации оптического сигнала, наведенного на сетчатку в виде миопического, гиперметропического или астигматического дефокуса, изменяется ТХ и осевая длина глаза. Миопический дефокус вызывает увеличение ТХ и уменьшение аксиальной длины переднезадней оси (ПЗО) глаза, а гиперметропический приводит к уменьшению ТХ и удлинению ПЗО. Астигматический дефокус, в соответствии с положением оптических плоскостей, индуцирует разнонаправленную реакцию сосудистой оболочки. В эксперименте реакция хориоидеи на дефокус была быстрой, обратимой, могла быть локальной, зависела от степени расфокусировки, коррелировала с изменением ПЗО глаза и предшествовала долгосрочным изменениям в структуре склеры [7]. Эти процессы предполагают существование каскада клеточных сигналов, исходящих от сетчатки, который модулирует биохимизм склеры и регулирует рост глаза. Молекулярные изменения экспрессии генов в сетчатке, ретинальном пигментном эпителии, сосудистой оболочке и склере подтверждают гипотезу сигнального каскада и предполагают, что сетчатка сигнализирует разными путями о гиперметропической или миопической расфокусировке для изменения роста глаза [8].

Высказываются предположения, что увеличение ТХ и изменение ее физиологических функций после воздействия дефокуса может являться протективным фактором, сдерживающим рост глаза [1].

Толщина сосудистой оболочки человека в норме составляет в среднем 330 ± 65 нм (от 189 до 538 нм) в возрастной группе 4—12 лет [9], увеличивается от 16 до 23 лет, в дальнейшем постепенно снижается в средне, на 2,99 мкм в каждый год жизни и может достигать 80 мкм к возрасту 90 лет [10].

Уменьшение ТХ четко прослеживается и по мере усиления рефракции и роста ПЗО глаза. Ю.С. Астахов и соавт. [10] обнаружили уменьшение ТХ в среднем на 18,03 мкм при усилении рефракции на 1,0 дптр. По мнению P. Jin и соавт. [11], истончение хориоидеи при прогрессирующей миопии предшествует истончению сетчатки. Однако до настоящего времени неизвестно, может ли уменьшение толщины хориоидеи служить предиктором развития и прогрессирования миопии. По данным M. H. Hansen и соавт. [12], большая исходная ТХ ассоциировалась с большим удлинением ПЗО за 5 лет в немиопических глазах, в то время как при миопии этого не отмечено, т. е. исходная ТХ в 11 лет не может служить предиктором возникновения миопии в дальнейшем, в возрасте 16 лет. А вот более длинная исходная

ПЗО, как оказалось, может играть роль предиктора: она ассоциировалась с большим пятилетним удлинением глаза. В то же время авторы цитируемой работы не исключают, что изначальная толщина сосудистой оболочки предсказывает последующие изменения ее толщины в нормальных глазах, а также в глазах, подвергшихся оптическим манипуляциям: депривации зрения или воздействию отрицательных линз.

Изменения ТХ в ответ на индуцированный оптический дефокус у человека активно изучаются. S. Read и соавторы сообщали, что наведенный монокулярно дефокус может в течение 60 мин изменить величину ПЗО и ТХ [13]. Аналогичные реакции на дефокус, наведенный с помощью очков или контактных линз, описывали и другие авторы [14].

На сегодняшний день относительно мало работ, посвященных изучению динамики ТХ в долгосрочном периоде наблюдений на фоне оптических средств коррекции, наводящих периферический миопический дефокус. Так, описано значительное (на 15 — 20 мкм) увеличение ТХ уже через 3—4 нед ношения ортокератологических линз (ОКЛ) [15]. В то же время D. Gardner и соавторы не обнаружили существенных изменений ТХ у детей с миопией на фоне длительного, в течение 9 мес, ношения ОКЛ, несмотря на сформировавшийся значительный миопический дефокус [16].

Было также показано, что ношение очковых линз с высокоасферическими микролинзами (highly aspherical lenslets, HAL) уменьшало или устраняло истончение хориоидеи в долгосрочной перспективе, что еще раз доказывает возможную связь реакции сосудистой оболочки на индуцированный дефокус с контролем миопии [17].

В продольных исследованиях у детей была подтверждена взаимосвязь между изменениями ТХ и темпами роста аксиальной длины глаза [19,20].

В последнее время высказываются предположения, что изменение толщины хориоидеи в ранние сроки после начала оптической или медикаментозной терапии может служить предиктором дальнейшей скорости удлинения ПЗО и прогрессирования миопии, а также биомаркером чувствительности данного конкретного пациента к предлагаемому воздействию [21].

Недавно проведенное нами исследование показало, что у детей с впервые выявленной миопией ношение в течение месяца монофокальных очков вызывало достоверное уменьшение ТХ и удлинение ПЗО, в то время как в сопоставимой группе детей, носивших очки с линзами HAL, ТХ за тот же период достоверно увеличилась, а аксиальная длина глаза, соответственно, уменьшилась [22].

При этом была выявлена отрицательная корреляция ТХ и длины ПЗО глаз: истончение хориоидеи слабо коррелировало с увеличением аксиальной длины глаза и наоборот. Представляло большой интерес изучение дальнейшей динамики миопии в описанных группах и выявление возможной связи этой динамики с характером раннего ответа хориоидеи на дефокус.

Цель исследования — изучение связи динамики миопии у детей на фоне ношения впервые назначенных очков с линзами HAL с ранним ответом хориоидеи на указанную коррекцию.

Материал и методы

В исследовании приняли участие 36 пациентов (72 глаза) с миопией, средний возраст — 10,41±1,14 года (от 7 до 13 лет). Средний сфероэквивалент рефракции составлял (–) 3,74±0,64 дптр. Все дети в течение 12 мес носили впервые назначенные очки с высокоасферическими микролинзами (highly aspherical lenslets, HAL). В зависимости от реакции хориоидеи в 1-й месяц оптической терапии пациенты были разделены на 2 группы: 1-я группа состояла из 24 пациентов (48 глаз), у которых ТХ увеличилась за 1 мес на 5 мкм и более, вторая — из 12 детей (24 глаза), у которых ТХ через 1 мес от начала ношения очков увеличилась менее чем на 5 мкм, не изменилась или уменьшилась.

Через 12 мес у пациентов каждой группы была оценена динамика биометрических параметров (ТХ и ПЗО) и сфероэквивалента рефракции.

Исследование проводилось в строгом соответствии с принципами Хельсинкской декларации и было одобрено этическим комитетом НМИЦ ГБ им. Гельмгольца. Информированное письменное согласие было получено от родителей /законных представителей всех участников исследования.

Рефракцию оценивали с помощью авторефрактометра открытого поля WAM5500 в условиях циклоплегии. Оптическую когерентную томографию (ОКТ) выполняли на мультимодальной платформе SLO/OCT Mirante (Nidek, Япония) с использованием программного обеспечения Navis-EX 1.8.0. Изображения хориоидеи в макулярной области были получены с использованием протокола сканирования Macula radial в режиме Choroidal шести радиальных сканов длиной 12 мм, центрированных в фовеа. Каждое радиальное ОКТ-изображение представляло собой среднее значение из 30 сканов с настройками Fine. Для каждого полученного радиального изображения один и тот же опытный оператор мануально определял границы хориосклерального интерфейса; внутренняя граница сосудистой оболочки и пигментного эпителия сетчатки (ПЭС) (граница между ПЭС и мембраной Бруха) определяли автоматически программным обеспечением прибора. ТХ оценивали как расстояние от границы ПЭС и мембраны Бруха до хориосклерального интерфейса с получением карты диаметром 6 мм в соответствии с Early Treatment Diabetic Retinopathy Study (ETDRS) [23].

Таблица 1. **Ранний ответ хориоидеи и динамика анатомо-оптических показателей у детей, носивших в течение 1 года очки с линзами HAL**
Table 1. **Early choroidal response and dynamics of anatomical and optical parameters in children wearing HAL lenses for one year**

Группа	ТХ1 (исходная, мкм)	ТХ2– (1 мес, мкм)	ТХ3 (12 мес, мкм)	ПЗО 1 (исходная, мм)	ПЗО 2 (1 мес, мм)	ПЗО 3 (12 мес, мм)	SER1 (исходный, дптр)	SER 2 (1 мес, дптр)	SER 3 (12 мес, дптр)
1-я (ТХ+) n =48 (M±σ)	271,56 ±68,99	289,08 ±72,39*	292,86 ±80,09*	25,05 ±0,77	25,0 ±0,74*	25,09 ±1,63	3,84 ±1,75	3,82 ±1,75	3,87 ±1,69
2-я (ТХ–\=) n =24 (M±σ)	251,58 ±49,82	241,47 ±45,73*	244,12 ±49,12*	24,62 ±1,18**	24,71 ±1,21*	24,8 ±1,23◊	3,62 ±1,77**	3,73 ±1,86	3,74 ±1,96**
Всего n =72 (M±σ)	264,9 ±64,64**	273,2 ±69,25	276,6 ±75,69**	24,9 ±0,95	24,8 ±0,94	25,0 ±0,93	3,75 ±1,66**	3,81 ±1,77	3,83 ±1,76**

Примечание. * — достоверность различий параметров между 1-й и 2-й группой (p<0,05); ** — достоверность между исходным и итоговым (через 1 год) параметром внутри групп (p<0,05); 1-я группа (ТХ+) — группа детей, у которых в 1-й месяц ношения очков HAL увеличилась ТХ; 2-я группа (ТХ–) — группа детей, у которых в 1-й месяц ношения очков HAL ТХ уменьшилась или не изменилась.

Таблица 2. **Динамика исследованных показателей в течение года наблюдения**
Table 2. **Changes in the studied parameters during one year of follow-up**

Группа	ТХ/3-ТХ/1	ПЗО/3-ПЗО/1	SER/3-SER/1
1-я (ТХ+) (M±σ)	+21,24±26,1	+0,04±0,16	+0,03±0,3
2-я ТХ(–) (M±σ)	–7,46±29,04*	+0.18±0,2**	0,12 ±0,2**

Примечание. * — достоверность различий параметров между группами (p<0,01); ** — достоверность результатов внутри группы (p<0,05)

Повторные измерения проводили с использованием режима Follow up, за эталон было принято первое исследование. Для изучения зависимости аксиальной длины глаза и ТХ были выбраны показатели только в одной, субфовеальной, зоне. Аксиальную длину глаза измеряли с помощью оптического биометра LenStar LS900 Myopia (Haag-Streit, Швейцария). Осевую длину определяли на основе технологии оптической низкокогерентной рефлектометрии (длина волны 880 нм) как расстояние от передней поверхности роговицы до ПЭС.

Стандартную статистическую обработку осуществляли при помощи программы Statistica 12.0, в качестве основных показателей для сравнительного анализа применяли среднее значение (M) и стандартное отклонение (σ). Уровень значимости различий определяли по критерию Стьюдента для независимых групп и зависимых параметров.

Результаты

Результаты измерения ТХ, ПЗО и рефракции до подбора очков, через 1 мес и через 1 год их постоянного ношения представлены в **табл. 1**. В целом по всей группе из 36 детей, носивших в течение 1 года впервые назначенные очки с линзами HAL, отмечалась практически стабилизация миопии: усиление рефракции за год составило 0,08 дптр, удлинение ПЗО — 0,09 мм (p<0.05). Толщина хориоидеи (ТХ) на фоне постоянного ношения очков увеличилась за год на 11,7 мкм (p<0,05) **(см. табл. 1)**.

По раннему, через 1 мес ношения очков, ответу хориоидеи пациенты разделились на 2 группы: у 24 детей (48 глаз, 1-я группа) ТХ увеличилась на 8 — 32 мкм (в среднем 17,52 мкм), у 12 детей (24 глаза, 2-я группа) уменьшилась либо не изменилась (изменения колебались от +2 мкм до –15 мкм и составили в среднем — 10,11мкм).

К концу года наблюдения ТХ в 1-й группе достоверно увеличилась на 21,24 мкм по сравнению с исходным состоянием. Во 2-й группе, несмотря на незначительное, в 3 мкм, увеличение этого показателя по сравнению с полученным через 1 мес ношения монофокальных очков, ТХ оставалась достоверно сниженной на 7,46 мкм по отношению к исходному значению. Разница динамики ТХ между 1-м и 3-м визитом в двух группах (+21,24 мкм в 1-й и –7,46 мкм во 2-й) высоко достоверна (p<0,01, **табл.2**).

В согласии с этой динамикой находились и прослеженные нами изменения длины ПЗО и рефракции. В 1-й группе через 1 мес от начала ношения очков HAL ПЗО, очевидно, вследствие увеличения ТХ, укоротилась на 0,05 мм. Через 1 год аксиальная длина глаза в этой группе составила в среднем 25,09±1,63 мм, т. е. увеличилась по сравнению с первым визитом на 0,04 мм (p>0,05). Усиление рефракции в этой группе было также незначительным и составило за 1 год наблюдения в среднем 0,03 дптр (p>0,05).

Во 2-й группе ПЗО через 1 мес увеличилась на 0,09 мм, через 1 год увеличилась на 0,18 мм по сравнению с исходным значением. Разница динамики показателей между группами (+0,04 и +0,18 мм) достоверна (p<0,05). Усиление рефракции во 2-й группе к году наблюдения составило 0,12 дптр и было достоверным (p<0,05).

Обсуждение

В современной мировой офтальмологической практике применяются следующие нехирургические стратегии контроля (т. е. профилактики прогрессирования) миопии: инстилляции малых доз атропина, ортокератология, различные «антимиопические» очки и контактные линзы и появившееся недавно «лечение красным светом» [24, 25]. Сообщают, что ношение оптических средств коррекции, наводящих миопический дефокус на периферию сетчатки, приводит к увеличению толщины хориоидеи. Этот эффект обнаруживается в ранние сроки от начала ношения и уже назван ранним ответом хориоидеи. Следует отметить, что, по отдельным сообщениям, применение атропина и терапия красным светом, похоже, вызывают такой же, хотя и менее выраженный, эффект.

Предполагают, что увеличение ТХ является предвестником замедления роста ПЗО и прогрессирования миопии. Так, было показано увеличение ТХ на фоне двух лет ношения очков HAL, особенно в 1-й год их использования. При этом у детей, носивших монофокальные очки, за этот же период отмечено достоверное уменьшение ТХ [21, 26]. Таким образом, увеличение ТХ является благоприятным признаком в течении миопического процесса. Это подтверждает и множественный регрессионный анализ, доказавший связь более тонкой хориоидеи с большей длиной ПЗО и степенью миопии [27].

В последнее время ранний ответ хориоидеи (увеличение или отсутствие увеличения ее толщины) предлагают использовать в качестве предиктора дальнейшей скорости удлинения ПЗО и прогрессирования миопии, а также биомаркера чувствительности данного конкретного пациента к предлагаемому воздействию [21]. H. Wu и соавторы показали, что раннее, через 1 мес от начала лечения, увеличение толщины хориоидеи в ответ на ОК-терапию с высокой достоверностью (наряду с некоторыми другими показателями хориоидального кровообращения, возрастом и полом) позволяло прогнозировать дальнейшее быстрое или медленное удлинение глаза у детей [28].

Полученные в нашем исследовании результаты подтверждают справедливость этих предположений. В группе детей, где в ранние (1 мес) сроки от начала оптической терапии очками с высокоасферическими микролинзами (HAL) ТХ увеличилась, дальнейшее, в течение года, наблюдение выявило более стабильные показатели рефракции и аксиальной длины глаза, чем в группе с отсутствием увеличения или даже снижением ТХ. В первом случае усиление рефракции составило 0,03±0,3 дптр за 1 год, а удлинение ПЗО — 0,04±0,16 мм; во втором — 0,12±0,2 дптр и 0,18±0,2 мм соответственно (разница достоверна, $p<0,05$). Эти результаты согласуются с данными литературы и позволяют рекомендовать ранние изменения толщины хориоидеи (ее увеличение или уменьшение после начала оптической или иной терапии) в качестве прогностического критерия дальнейшей эффективности лечения и выбора индивидуально совместимого метода.

Выводы

1. Выявлена различная реакция хориоидеи на начало оптической терапии прогрессирующей близорукости у детей с помощью постоянного ношения очков с линзами HAL: увеличение ее толщины в 2/3 случаев и отсутствие увеличения или незначительное снижение в 1/3 случаев.
2. У детей с увеличением ТХ в ранние сроки отмечена более стабильная рефракция и длина ПЗО в течение года наблюдения по сравнению с детьми, у которых ТХ не увеличилась.
3. Ранний ответ хориоидеи может служить критерием дальнейшей эффективности лечения и выбора метода контроля миопии.

Участие авторов:
Концепция и дизайн исследования: Тарутта Е.П.
Сбор и обработка материала: Кондратова С.Э., Милаш С.В.
Статистическая обработка: Кондратова С.Э
Написание текста: Тарутта Е.П., Кондратова С.Э., Милаш С.В.
Редактирование: Тарутта Е.П.

Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.
The authors declare no conflict of interests.

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Summers JA. The choroid as a sclera growth regulator. *Experimental eye research*. 2013;114:120-127. https://doi.org/10.1016/j.exer.2013.03.008
2. Wallman J, Wildsoet C, Xu A, Gottlieb MD, Nickla DL, Marran L, Krebs W, Christensen AM. Moving the retina: choroidal modulation of refractive state. *Vis Res*. 1995;35:37-50. https://doi.org/10.1016/0042-6989(94)e0049-q
3. Wallman J, Adams JI. Developmental aspects of experimental myopia in chicks: susceptibility, recovery and relation to emmetropization. Vision Res. 1987;27(7):1139-1163. https://doi.org/10.1016/0042-6989(87)90027-7
4. Nickla D, Wallman J. The multifunctional choroid. *Progress in Retinal and Eye Research*. 2010;29(2):144-168. https://doi.org/10.1016/j.preteyeres.2009.12.002
5. Chakraborty R, Read SA, Collins MJ. Hyperopic defocus and diurnal changes in human choroid and axial length. *Optom Vis Sci*. 2013;90:1187-1198. https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000035
6. Chakraborty R, Read SA, Collins MJ. Monocular myopic defocus and daily changes in axial length and choroidal thickness of human eyes. *Exp Eye Res*. 2012;103:47-54. https://doi.org/10.1016/j.exer.2012.08.002

7. Vyas SA, Kee CS. Early Astigmatism Can Alter Myopia Development in Chickens. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2021;62(2):27. https://doi.org/10.1167/iovs.62.2.27
8. David Troilo; Earl L. Smith, III; Debora L. Nickla; Regan Ashby; Andrei V. Tkatchenko; Lisa A. Ostrin; Timothy J. Gawne; Machelle T. Pardue; Jody A. Summers; Chea-su Kee; Falk Schroedl; Siegfried Wahl; Lyndon Jones. IMI — Report on Experimental Models of Emmetropization and Myopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2019;60: M31-M88. https://doi.org/10.1167/iovs.18-25967
9. Read SA, Collins MJ, Vincent SJ, Alonso-Caneiro D. Choroidal thickness in myopia and nonmyopic children assessed with enhanced depth imaging optical coherence tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2013;54:7578-7586. https://doi.org/10.1167/iovs.13-12772
10. Астахов Ю.С., Белехова С.Г., Даль Н.Ю. Толщина хориоидеи в норме и при возрастной макулярной дегенерации. *Офтальмологические ведомости*. 2014; 7 (1): 4-7. Astakhov YuS, Belekhova SG, Dal N.Y. Choroidal thickness in normal and age-related macular degeneration. *Ophthalmologicheskie vedomosti*. 2014; 7(1):4-7. (In Russ.).
11. Jin P, Zou H, Zhu J, et al. Choroidal and retinal thickness in children with different refractive status measured by Swept-Source Optical Coherence Tomography. *Am J Ophthalmol.* 2016 (Aug); 168: 164-76. https://doi.org/10.1016/j.ajo.2016.05.008
12. Hansen MH, Kessel L, Li XQ et al. Axial length change and its relationship with baseline choroidal thickness — a five-year longitudinal study in Danish adolescents: the CCC2000 eye study. *BMC Ophthalmol.* 2020;20:152. https://doi.org/10.1186/s12886-020-01427-8
13. Read SA, Collins MJ, Vincent SJ, Alonso-Caneiro D. Choroidal Thickness in Myopic and Nonmyopic Children Assessed With Enhanced Depth Imaging Optical Coherence Tomography. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2013;54: 7578-7586. https://doi.org/10.1167/iovs.13-12772
14. Chiang ST, Chen TL, Phillips JR. Effect of Optical Defocus on Choroidal Thickness in Healthy Adults With Presbyopia. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2018;59(12):5188-5193. https://doi.org/10.1167/iovs.18-24815
15. Chen Z, Xue F, Zhou J, Qu X, Zhou X. Effects of orthokeratology on choroidal thickness and axial length. *Optom Vis Sci.* 2016;93 (9):1064-1071. https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000894
16. Li Z, Cui D, Hu Y, et al. Choroidal thickness and axial length changes in myopic children treated with orthokeratology. *Contact Lens and Anterior Eye.* 2017;40(6):417-23. https://doi.org/10.1016/j.clae.2017.09.010
17. Gardner DJ, Walline JJ, Mutti DO. Choroidal thickness and peripheral myopic defocus during orthokeratology. *Optom Vis Sci*. 2015;92(5):579-88. https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000000573
18. Huang Y, Li X, Zhuo Z, Zhang J, Que T, Yang A, Drobe B, Chen H, Bao J. Effect of spectacle lenses with aspherical lenslets on choroidal thickness in myopic children: a 3-year follow-up study. *Eye Vis (Lond)*. 2024 Apr 25; 11(1):16. https://doi.org/10.1186/s40662-024-00383-4
19. Read SA, Alonso-Caneiro D, Vincent SJ, Collins MJ. Longitudinal changes in choroidal thickness and eye growth in childhood. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2015;56:3103-3112. https://doi.org/10.1167/iovs.15-16446
20. Fontaine M, Gaucher D, Sauer A, Speeg-Schatz C. Choroidal thickness and ametropia in children: a longitudinal study. *Eur J Ophthalmol.* 2017;27(6): 730-734. https://doi.org/10.5301/ejo.5000965
21. Ruamviboonsuk V, Lanca C, Grzybowski A. Biomarkers: Promising Tools Towards the Diagnosis, Prognosis, and Treatment of Myopia. *J Clin Med*. 2024;13(22):6754. https://doi.org/10.3390/jcm13226754
22. Тарутта Е.П., Кондратова С.Э., Милаш С.В. Ранние изменения толщины хориоидеи и аксиальной длины глаза при использовании очков с монофокальными линзами и линзами с высокоасферичными микролинзами у детей с впервые выявленной миопией. *Вестник офтальмологии*. 2024;140(5):18-24. Tarutta EP, Kondratova SE, Milash SV. Early changes in choroidal thickness and axial length in the use glasses of monofocal lenses and highly aspherical lenslets in children with newly diagnosed myopia. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2024;140(5):18-24. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma202414005118
23. Тарутта Е.П., Милаш С.В., Маркосян Г.А., Тарасова Н.А. Хориоидея и оптический дефокус. *Вестник офтальмологии*. 2020;136(4):124-129. Tarutta EP, Milash SV, Markosyan GA, Tarasova NA. Choroid and optical defocus. *Russian Annals of Ophthalmology*. 2020;136(4):124-129. (In Russ.). https://doi.org/10.17116/oftalma2020136041124
24. Lanca C, Pang C P, Grzybowski A. (2023). Effectiveness of myopia control interventions: A systematic review of 12 randomized control trials published between 2019 and 2021. *Front Public Health*. 11:1125000. https://doi.org/10.3389/fpubh.2023.1125000
25. Dong J, Zhu Z, Xu H, He M. Myopia Control Effect of Repeated Low-Level Red-Light Therapy in Chinese Children: A Randomized, Double-Blind, Controlled Clinical Trial. *Ophthalmology*. 2023;130(2):198-204. https://doi.org/10.1016/j.ophtha.2022.08.024
26. Huang Y, Li X, Wu J, Huo J, Zhou F, Zhang J, Yang A, Spiegel D P, Chen H, Bao J. Effect of spectacle lenses with aspherical lenslets on choroidal thickness in myopic children: a 2-year randomised clinical trial. *The British journal of ophthalmology*. 2023;107(12):1806-1811. https://doi.org/10.1136/bjo-2022-321815
27. Kobia-Acquah E, Flitcroft DI, Lingham G, Paudel N, Loughman J. Choroidal Thickness Profiles and Associated Factors in Myopic Children. *Optometry and Vision Science*. 2023;100(1):57-66. https://doi.org/10.1097/OPX.0000000000001973
28. Wu H, Peng T, Zhou W, Huang Z, Li H, Wang T, Zhang J, Zhang K, Li H, Zhao Y, Qu J, Lu F, Zhou X, Jiang J. Choroidal vasculature act as predictive biomarkers of long-term ocular elongation in myopic children treated with orthokeratology: a prospective cohort study. *Eye Vis (Lond)*. 2023;10(1):27. https://doi.org/10.1186/s40662-023-00345-2

Поступила 03.03.2025
Received 03.03.2025
Принята в печать 09.04.2025
Accepted 09.04.2025