

<https://doi.org/10.33791/2222-4408-2020-3-26-32>

УДК 617.753

Перспективы управления периферическим дефокусом у детей с гиперметропией: обзор литературы

Маркова Елена Ю.^{1,*}, Мягков Александр В.², Авакянц Гоар В.¹¹ ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации,

127486, Российская Федерация, Москва, Бескудниковский бульвар, д. 59а

² АНО «Национальный институт миопии»,

125438, Российская Федерация, Москва, Михалковская ул., д. 63-б, стр. 4

Резюме

В последние годы проблема использования контактных линз в детской офтальмологической практике приобретает все большую актуальность, что связано с возрастающей комплаентностью коррекции зрения у детей, с одной стороны, и совершенствованием возможностей средств коррекции, расширением показаний к назначению контактной коррекции применительно к детской

офтальмологической практике — с другой. В настоящее время применение контактных линз у детей проводится по тем же показаниям, что и у взрослых (с определенными особенностями и ограничениями), а также имеет ряд показаний, специфических для детской практики. В связи с этим цель обзора – изучить влияние КЛ при гиперметропии средней и высокой степени у детей младшего возраста с помощью наведенного гиперметропического дефокуса.

Ключевые слова: гиперметропия у детей, контактные линзы, периферическая дефокусировка**Конфликт интересов:** Маркова Е.Ю. и Мягков А.В. являются членами редколлегии журнала и были отстранены от процесса коллегиального рассмотрения и вынесения решения о принятии этой статьи.**Финансирование:** авторы не получали финансирование при проведении исследования и написании статьи.**Для цитирования:** Маркова Е.Ю., Мягков А.В., Авакянц Г.В. Перспективы управления периферическим дефокусом у детей с гиперметропией: обзор литературы. The EYE GLAZ. 2020;22(3):26–32. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2020-3-26-32>

Поступила: 21.07.2020

Принята после доработки: 25.08.2020

Опубликована: 30.09.2020

© Маркова Е.Ю., Мягков А.В., Авакянц Г.В., 2020.

Prospects for manipulating peripheral defocus in hyperopic children: a literature review

Elena Yu. Markova^{1,*}, Alexander V. Myagkov², Goar V. Avakyants¹¹ S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution, 59A, Beskudnikovsky Blvd, Moscow, 127486, Russian Federation² National Myopia Institute,

63B, bld. 4, Mikhalkovskaya St., Moscow, 125438, Russian Federation

Abstract

In recent years, the use of contact lenses (CL) in pediatric ophthalmology practice has become increasingly relevant. It is, on the one hand, associated with an increasing compliance with guidelines for using contact lenses and the improvement of lenses' capabilities, on the other hand. Currently, the indica-

tions to contact lens wear in children are the same as for the adults, although with certain specific limitations. In addition, there is also a number of specific indications for using contact lenses in children. In this regard, the purpose of this review was to study the effect of using hyperopic defocus inducing CLs in young children with moderate and high hyperopia.

Keywords: hyperopia in children, contact lenses, peripheral defocus**Conflict of interest:** Elena Yu. Markova and Alexander V. Myagkov, being members of the editorial board of the journal, were excluded from the process of peer review and making a decision on the acceptance of this article.**Funding:** the authors did not receive funding when conducting the research and writing the article.**For citation:** Markova E.Yu., Myagkov A.V., Avakyants G.V. Prospects for manipulating peripheral defocus in hyperopic children: a literature review. The EYE GLAZ. 2020;22(3):26–32. <https://doi.org/10.33791/2222-4408-2020-3-26-32>

Received: 21.07.2020

Accepted: 25.08.2020

Published: 30.09.2020

© Markova E.Yu., Myagkov A.V., Avakyants G.V., 2020.

Вопросы сохранения и укрепления здоровья населения всегда находились в центре внимания общества и являлись важнейшими задачами государства.

Одна из актуальных задач для здравоохранения – сохранение зрения у детей, профилактика слепоты и слабовидения, снижение уровня инвалидности [1]. По данным ВОЗ в мире около 1,5 млн слепых детей. В Российской Федерации (РФ) распространенность зрительных нарушений у детей составляет 16,0 на 10 тыс. детского населения, слепоты на один и оба глаза – 5,0 и 2,0 соответственно [2, 3].

По мировым данным в структуре причин нарушения зрения первое место (42%) занимают аномалии рефракции (миопия, гиперметропия, астигматизм) [1, 4]. В России по результатам отчетных форм федерального статистического наблюдения за 2011–2017 гг. более 1 миллиона детей страдают нарушениями зрения: миопией, гиперметропией, астигматизмом, амблиопией и косоглазием [5–12].

Особенности рефрактогенеза ребенка

Развитие зрительного анализатора и нервной системы сопровождается формированием зрительных функций. С ростом глаза аксоны ганглиозных клеток сетчатки выходят из глаза и через зрительный нерв и зрительные пути достигают корковых центров зрения. С развитием глазного яблока у ребенка меняются его оптические характеристики, и в норме развивается эметропизация. Ретинальные клетки, перемещаясь, выстилают расширяющуюся периферическую сетчатку и формируют центральную ямку, которая, созревая, обеспечивает оптическое разрешение. Миелинизация волокон зрительного нерва продолжается приблизительно до возраста 2–3 лет. Также после рождения продолжается миелинизация головного мозга, увеличивается его объем, структура достигает зрелости [13, 14].

Формирование органа зрения, развитие и совершенствование зрительных функций, возрастное повышение остроты зрения и способности глубинной и панорамной оценки окружающего пространства продолжается до 16–18 лет. Основным моментом такого развития является формирование оптической системы глаза, остроты зрения и бинокулярных функций. Детальное знание возрастных особенностей необходимо для раннего выявления патологий, поскольку они требуют незамедлительного лечения и в случае несвоевременной диагностики приводят к необратимым нарушениям [15, 16].

Более 90% доношенных новорожденных в норме имеют гиперметрическую рефракцию от 1,8 до 3,6 дптр (в среднем 2,0–3,0 дптр), что связано с коротким передне-задним размером глазного яблока (17–18 мм), также с тем, что роговица и хрусталик имеют более выпуклую форму и большую преломляющую силу – 48 и 43 дптр соответственно.

В возрасте до 3 лет гиперметропия встречается у 90,0–92,8% детей, а от 7 до 12 лет – в 41–64% случаев среди всех аметропий у детей [15, 16].

Рефрактогенез не ограничивается только периодом внутриутробного развития и активно продол-

жается в постнатальном онтогенезе. В этот период срыв нормальных механизмов, регулирующих рост глаза, может приводить к формированию аномалий рефракции [15, 17, 18].

Частота аномалий рефракции

Миопия продолжает оставаться одним из самых распространенных в мире глазных заболеваний и наиболее частой причиной снижения зрения. По данным Всемирной организации здравоохранения (ВОЗ) число людей, страдающих миопией, в развитых странах варьирует от 10 до 90%. В России у 10% населения имеется миопия, в то время как в США и Европе таких пациентов более 25%, а в странах Азии – 80% [19, 20].

В возрасте до 1 года врожденная миопическая рефракция встречается у 4–6% детей, а в дошкольном возрасте частота возникновения миопии не превышает 2–3% [13, 21, 22].

В структуре аномалий рефракции у детей дошкольного возраста на долю гиперметропии приходится в среднем 27%, при этом гиперметропия свыше 4,0 дптр составляет около 1%, сопровождаясь значительным нарушением зрительных функций [23–25].

При гиперметропии высокой степени дети не могут успешно справиться с фокусировкой рассматриваемых объектов с любого расстояния. В отсутствии оптической коррекции они находятся в условиях зрительной депривации, что ведет к недоразвитию механизмов анализа изображений и, как следствие, к амблиопии. Кроме того, это постоянно провоцирует попытки усилить аккомодацию и автоматически конвергенцию глазных осей. Перенапряжение и отсутствие успеха могут привести к нарушению координации в работе двух глаз и косоглазию [15, 26].

Аномалии рефракции могут сопровождаться астигматизмом, различным по величине и направленности. По данным мировой литературы распространенность астигматизма более 0,75 дптр в среднем превышает 30% [21, 22, 27]. При миопии астигматизм встречается в 61,4% случаев, при гиперметропической рефракции – в 51,5%, смешанный – в 8,5% [26].

Гиперметропия и миопия могут сопровождаться анизометропией. Анизометропия вызывает стойкие функциональные расстройства, такие как: анизометризм, анизейкония и ослабление стереопсиса, амблиопия и косоглазие.

Несвоевременная и неполноценная коррекция аномалий рефракции приводит к развитию амблиопии, нарушению бинокулярного зрения, косоглазию. Подобные осложнения снижают качество жизни ребенка, резко ограничивают в дальнейшем его профессиональный выбор [26].

При анализе экономических аспектов обращает на себя внимание тот факт, что диагностика аномалий рефракции у детей в более позднем возрасте сопряжена с повышением прямых медицинских затрат, связанных с увеличением количества

курсов плеопто-ортоптического лечения. Позднее выявление и отсутствие своевременной коррекции аномалий рефракции у детей обуславливает высокий уровень экономического и социального бремени. Анализ влияния на бюджет в среднесрочной перспективе (продолжительность наблюдения в среднем составила 5 лет) показал, что своевременное выявление аномалий рефракции позволяет сократить расходы, связанные с возникшими осложнениями [28].

Методы коррекции аметропий

Коррекция аномалий рефракции у детей имеет свои особенности, которые вытекают из природы этих дефектов, их развития и клинических проявлений.

Следует отметить, что показания к оптической коррекции во многом зависят от культурных традиций, экономических условий и развития самих корригирующих средств [29]. В настоящее время существуют несколько способов коррекции аметропии, а именно: с помощью очков, контактных линз (КЛ) и в разных случаях при наличии медицинских показаний рефракционных хирургических вмешательств.

Принято считать, что ношение очков является средством первого выбора для коррекции рефракционных нарушений у детей, однако важно понимать и недостатки этого вида коррекции: изменение величины проекции ретинального изображения и формирование искажений на периферии сетчатки; особенности строения детского лица (широкая низкая переносица); необходимость частой смены оправ и оптической силы линзы в связи с быстрым ростом глаза, изменением рефракции и стратегии коррекции; формирование неблагоприятного психоэмоционального и социального фона; замедление развития когнитивных функций; ограничение физической активности. Есть состояния, при которых применение очков нецелесообразно: сферические аметропии высокой степени, посттравматический индуцированный астигматизм, гетерофория и гетеротропия, односторонняя афакия, анизометропия высокой степени, амблиопия, астигматизм высокой степени [30–33].

Так, например, при миопии высокой степени очковая коррекция, как правило, плохо переносится из-за изменений геометрических параметров оптической системы «глаз – очковое стекло», что нарушает мышечный баланс глаза, увеличивает экзофорию, приводит к напряжению фузии, способствует появлению астигматизма. Имеет также значение призматический эффект очковых стекол, который может вызывать индуцированную гетерофорию. Аберрации оптического аппарата глаза, в том числе и астигматические, не компенсируются полностью с помощью очков. Кроме того, очки с высокой диоптрийностью будут довольно массивными и неудобными для ребенка, что может спровоцировать отказ от их ношения [30–34]. Допустимая разница между линзами у ребенка

при анизометропии больше, чем у взрослых, и составляет до 6 дптр.

При гиперметропии положительные очковые линзы увеличивают изображение на сетчатке (линза +10,0 дптр – на 33%), что может вызывать проблемы переносимости очков при коррекции гиперметропии высоких степеней, особенно в сочетании с анизометропией [30, 31].

Контактная коррекция зрения становится все более популярной: правильно подобранные контактные линзы создают более физиологическое по качеству изображение на сетчатке глаза. Кроме того, пользование контактными линзами уменьшает явления зрительного утомления, повышает показатели запаса относительной и объема абсолютной аккомодации, а также нормализует объективные показатели аккомодационного ответа, что позволяет говорить о повышении зрительной работоспособности [32, 35]. Все это, несомненно, положительно влияет на общее и эмоциональное состояние, повышает качество жизни, расширяет зону интересов и возможностей пациентов. К сожалению, при массе достоинств контактные линзы имеют и недостатки: КЛ является инородным телом в глазу и требует строгого соблюдения комплаенса.

В последнее десятилетие наблюдается повышенный интерес к ортокератологии (ОК) как альтернативному методу коррекции близорукости, особенно для детей и подростков. Результаты исследований, выполненных в разных странах, убедительно доказали, что ОК тормозит истинное прогрессирование миопии, т.е. существенно замедляет увеличение аксиальной длины глаза. Подтверждено, что механизмом торможения прогрессирования миопии при ОК-терапии является изменение характера периферической рефракции. Данный феномен мы решили экстраполировать на гиперметропию у детей.

Зоной наших научных интересов явилось изучение эффективности влияния контактных линз при гиперметропии с помощью наведенного гиперметропического дефокуса у детей.

В 1988 году Schaeffel et al. впервые показали, что воздействие линз плюс или минус может изменить процесс эмметропизации: навязанный гиперметропический дефокус (фокальная плоскость, смещенная от роговицы, позади сетчатки) является равномерным стимулом для осевого удлинения [36].

Визуальная обратная связь, связанная с эффективным рефракционным состоянием глаза, регулирует эмметропизацию. У многих видов, включая приматов, влияние зрения на развитие рефракции, по-видимому, опосредовано главным образом локальными ретинальными механизмами, которые интегрируют зрительные сигналы пространственно ограниченным образом и избирательно оказывают влияние на нижележащую склеру. Хотя обычно предполагалось, что визуальные сигналы от фovea или центральной сетчатки преобладают в рефракционном развитии у приматов, ряд работ доказывает, что периферические зрительные сигналы могут

оказывать существенное влияние на осевой рост и развитие центральной рефракции у людей [37]. Изменения в росте глаз, приводящие к компенсаторным изменениям рефракции, происходят после наложения гиперметропического расфокусирования [37–39].

Выдвинутая в 2007 году гипотеза G.K. Hung и K.J.A. Ciuffreda [40–42] о роли ретинального периферического дефокуса в регулировании осевого роста глаза является сегодня наиболее обсуждаемой [43, 44]. Согласно данной теории создание периферического гиперметропического дефокуса на сетчатке глаза пациента вызывает уменьшение скорости высвобождения нейромодуляторов, уменьшение скорости синтеза протеогликанов, изменение уровня экспрессии различных белковых факторов роста, изменение активности белков-металлопротеиназ и их ингибиторов, а также изменение содержания трансмембранных белков в тканях глаза, что приводит к ослаблению структурной целостности склеры и, как следствие, ускорению роста осевой длины глаза и уменьшению степени существующей гиперметропии [40].

На основании этой теории были проведены многочисленные исследования, где было показано, что ростом и рефракционным состоянием глаза можно управлять, контролируя дефокусированную сетчатку. Так, например, A. Benavente-Pérez, A. Nour и D. Troilo использовали бифокальные контактные линзы для наложения гиперметропической и миопической дефокусировки на периферическую сетчатку мартышек. Тридцать ювенильных мартышек носили одну из трех экспериментальных контактных бифокальных контактных линз на своих правых глазах и однофокальную контактную линзу на левом глазу в качестве контроля в течение 10 недель с 70-дневного возраста (10 мартышек/группа). В экспериментальных схемах были плоские центральные зоны (1,5 или 3 мм) и +5,0 или –5,0 дптр на периферии (обозначаемые как +5,0 дптр/1,5 мм, +5,0 дптр/3 мм и –5,0 дптр/3 мм). Ученные измерили среднюю и периферическую среднюю сферическую рефракционную ошибку, глубину стекловидного тела, диаметр зрачка, рассчитанный рост глаза и показатели прогрессирования миопии до и во время лечения. В конце лечения у животных в группе –5,0 дптр/3 мм был бóльшим рост глаза ($P < 0,01$) и более близорукие глаза ($P < 0,05$), чем у животных в группе +5,0 дптр/1,5 мм. Существовала дозозависимая связь между областью периферической зоны лечения и вызванными лечением изменениями роста глаз и рефракционного состояния [45].

Чтобы исследовать возможную роль дефокуса в регуляции роста глаза, Li-Fang Hung et al. использовали очковые линзы для оптического моделирования рефракционных аномалий у молодых обезьян. Как положительные, так и отрицательные линзы приводили к росту глаза, уменьшению индуцированной линзой ошибки преломления и, по крайней мере при низкой диоптрийности линз, своди-

ли к минимуму любые различия рефракционной ошибки между двумя глазами. Эти результаты подтверждают гипотезу о том, что очковые линзы могут влиять на передне-задний размер глаз у маленьких детей [46].

В то же время Yue Liu и C. Wildsoeto описали влияние развития рефракционной ошибки и роста глаз у молодых цыплят с двухзонными концентрическими линзами, которые по-разному влияют на дефокусировку центральной и периферической областей сетчатки [47].

I.G. Beasley et al. также изучили влияние периферической расфокусировки на осевой рост у детей с дальнозоркостью. В исследовании приняли участие дети с дальнозоркостью в возрасте от 8 до 15 лет включительно с гиперметропией от 2,0 до 6,0 дптр. Участники исследования были разделены на две группы: в первую группу ($n = 10$) вошли пациенты с ношением своей обычной коррекции, с наблюдением за ростом осевой длины глаза в течение 24 месяцев; вторая группа ($n = 10$) включала пациентов, которые первые 6 месяцев пользовались своей обычной коррекцией, а затем они носили мультифокальные мягкие контактные линзы в течение 18 месяцев для наложения формирования наведенного относительного периферического гиперметропического дефокуса. В обеих группах в течение всего периода наблюдения контролировали аксиальную длину глаза с помощью прибора Zeiss IOLMaster 500 с интервалом в 6 месяцев. Полученные результаты показали, что общий средний осевой рост от 6- до 24-месячного периода составил 0,05 и 0,12 мм для первой и второй групп соответственно. Таким образом, авторы выяснили, что аксиальный рост может быть ускорен у детей с дальнозоркостью путем наведения относительной периферической гиперметропической дефокусировки с использованием мультифокальных контактных линз [48].

Согласно данным, представленным в отечественной и зарубежной литературе, эффективность коррекции гиперметропии у детей с помощью наведенного гиперметропического дефокуса может стимулировать рост передне-заднего размера глаза, что, в свою очередь, улучшит полноценное формирование зрительных функций ребенка и тем самым, возможно, станет эффективным средством профилактики слепоты и слабослыхания.

Вклад авторов: все авторы внесли равный вклад в эту работу.

Е.Ю. Маркова (33,3%), А.В. Мягков (33,3%) и Г.В. Авакянц (33,3%): обзор литературы, сбор данных, анализ и интерпретация данных, написание статьи, финальное редактирование.

Authors' contributions: all authors have contributed equally to this work.

Е.Ю. Markova (33.3%), А.В. Myagkov (33.3%), G.V. Avakyants (33.3%): literature review, data collection, data analysis and interpretation, manuscript editing, final editing.

Литература

1. Катаргина Л.А., Михайлова Л.А. Состояние детской офтальмологической службы в Российской Федерации (2012–2013 гг.). Российская педиатрическая офтальмология. 2015;10(1):5–10.
2. Нероев В.В. Организация офтальмологической помощи населению Российской Федерации. Вестник офтальмологии. 2014;30(6):8–12.
3. Нероев В.В. Современный этап в работе Российского национального комитета по предупреждению слепоты. Развитие целевой программы по ликвидации устранимой слепоты, связанной с патологией сетчатки и зрительного нерва. В кн.: Материалы V Российского межрегионального симпозиума «Ликвидация устранимой слепоты: Всемирная инициатива ВОЗ. Ликвидация устранимой слепоты, связанной с патологией сетчатки и зрительного нерва», 7 октября 2010.
4. Сайдашева Э.И. Современные подходы к лечению зрительных расстройств у детей раннего возраста. Российская педиатрическая офтальмология. 2012;1:37–40.
5. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А. и др. Заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2011 году. Статистические материалы. Часть V. М.; 2012:51–53.
6. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А. и др. Заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2012 году. Статистические материалы. Часть V. М.; 2013:51–53.
7. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А. и др. Заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2013 году. Статистические материалы. Часть V. М.; 2014:51–53.
8. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А. и др. Заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2014 году. Статистические материалы. Часть V. М.; 2015:51–53.
9. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А. и др. Заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2015 году. Статистические материалы. Часть V. М.; 2016:49–51.
10. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А. и др. Заболеваемость детского населения России (0–14 лет) в 2016 году. Статистические материалы. Часть V. М.; 2017:49–51.
11. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А. и др. Заболеваемость всего населения России в 2016 году. Статистические материалы. Часть I. М.; 2017:47–49.
12. Александрова Г.А., Поликарпов А.В., Голубев Н.А. и др. Заболеваемость всего населения России в 2016 году. Статистические материалы. Часть II. М.; 2017:49–51.
13. Аветисов Э.С., Розенблюм Ю.З. Биологические и социальные факторы развития рефракции глаза человека. В кн.: Соотношение биологического и социального развития человека. М.; 1974:3–6.
14. Гусева Е.И., Коновалова А.Н., Скворцова В.И. Неврология: национальное руководство: в 2-х т. 2-е изд., доп. и перераб. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019. Т. 2. 432 с. (Серия «Национальные руководства»).
15. Аветисов Э.С., Розенблюм Ю.З. Динамическая рефракция глаза и ее основные понятия. В кн.: Динамическая рефракция глаза в норме и при патологии. Сборник научных работ. М.; 1981:73–84.
16. Проскурина О.В. Динамика рефракции, диагностика и принципы очковой коррекции аметропии у детей и подростков: дис. ... докт. мед. наук: 14.00.08. М.; 2007:12–29.
17. Проскурина О.В. Развитие рефракции в детском возрасте. Вестник офтальмологии. 2003;6:51–53.
18. Аветисов Э.С., Мац К.А., Шамшинова А.М. Клинические, патофизиологические особенности врожденной близорукости и возможности улучшения зрительных функций. Офтальмологический журнал. 1988;7:385–387.
19. Baltussen, R., Naus J., Limburg H. Cost-effectiveness of screening and correcting refractive errors in school children in Africa, Asia, America and Europe. Health Policy. 2009;89(2):201–215.

References

1. Katargina L.A., Mikhailova L.A. The current state of ophthalmological care service in the Russian Federation (2012–2013). Russian Pediatric Ophthalmology. 2015;10(1):5–10. (In Russ.)
2. Neroyev V.V. Eye care management in Russian Federation. The Russian Annals of Ophthalmology. 2014;30(6):8–12. (In Russ.)
3. Neroyev V.V. Modern stage in the work of the Russian national Committee for the prevention of blindness. Development of a targeted program to eliminate avoidable blindness associated with retinal and optic nerve pathology. In: Proceedings of the Russian interregional Symposium “Elimination of avoidable blindness: WHO world initiative. Elimination of avoidable blindness associated with retinal and optic nerve pathology”, October 7, 2010. (In Russ.)
4. Saidasheva E.I. Modern approaches to the treatment of visual disorders in young children. Russian Pediatric Ophthalmology. 2012;1:37–40. (In Russ.)
5. Alexandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., et al. Disease incidence in children in Russia (0–14 years) in 2011. Statistical data. Part V. Moscow; 2012:51–53. (In Russ.)
6. Alexandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., et al. Disease incidence in children in Russia (0–14 years) in 2012. Statistical data. Part V. Moscow; 2013:51–53. (In Russ.)
7. Alexandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., et al. Disease incidence in children in Russia (0–14 years) in 2013. Statistical data. Part V. Moscow; 2014:51–53. (In Russ.)
8. Alexandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., et al. Disease incidence in children in Russia (0–14 years) in 2014. Statistical data. Part V. Moscow; 2015:51–53. (In Russ.)
9. Alexandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., et al. Disease incidence in children in Russia (0–14 years) in 2015. Statistical data. Part V. Moscow; 2016:49–51. (In Russ.)
10. Alexandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., et al. Disease incidence in children in Russia (0–14 years) in 2016. Statistical data. Part V. Moscow; 2017:49–51. (In Russ.)
11. Alexandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., et al. Disease incidence in the entire population of Russia in 2016. Statistical data. Part I. Moscow; 2017:47–49. (In Russ.)
12. Alexandrova G.A., Polikarpov A.V., Golubev N.A., et al. Disease incidence in the entire population of Russia in 2016. Statistical data. Part II. Moscow; 2017:49–51. (In Russ.)
13. Avetisov E.S., Rosenblum Yu.Z. Biological and social factors in the development of human eye refraction. In: Correlation of biological and social development of an individual. Moscow; 1974:3–6. (In Russ.)
14. Guseva E.I., Konovalova A.N., Skvortsova V.I. Neurology: national guide: in 2 volumes. 2nd ed., corrected and revised. Moscow: GEOTAR-Media; 2019. Vol. 2. 432 p. (Series “National guidelines”). (In Russ.)
15. Avetisov E.S., Rosenblum Yu.Z. Dynamic refraction of the eye and its basic concepts. In: Dynamic refraction of the eye in normal and pathological conditions. Collection of Scientific Papers. Moscow, 1981:73–84. (In Russ.)
16. Proskurina O.V. Dynamics of refraction, diagnostics and principles of ocular correction of ametropia in children and adolescents: dis. ... Dr. Sci. (Med.): 14.00.08. Moscow; 2007:12–29. (In Russ.)
17. Proskurina O.V. Development of refraction in childhood. The Russian Annals of Ophthalmology. 2003;6:51–53. (In Russ.)
18. Avetisov E.S., Matz K.A., Shamshinova A.M. Clinical and pathophysiologic characteristics of congenital myopia and possibilities for improving visual function. Ophthalmological Journal. 1988;7:385–387. (In Russ.)
19. Baltussen, R., Naus J., Limburg H. Cost-effectiveness of screening and correcting refractive errors in school children in Africa, Asia, America and Europe. Health Policy. 2009;89(2):201–215.

20. Аветисов С.Э. Современные аспекты коррекции рефракционных нарушений. Вестник офтальмологии. 2004;1:19–22.
21. Аветисов С.Э. Современные подходы к коррекции рефракционных нарушений. Вестник офтальмологии. 2006;1:3–8.
22. Маркова Е.Ю., Сидоренко Е.Е. Хирургическое лечение анизометропий, обусловленных гиперметропией у детей. Российская педиатрическая офтальмология. 2009;4:35–37.
23. Сайдашева Э.И. и др. Современные подходы к лечению зрительных расстройств у детей раннего возраста. Российская педиатрическая офтальмология. 2012;1:37–40.
24. Сайдашева Э.И., Бабенко О.Д. Основные причины формирования инвалидности по зрению у детей раннего возраста в Санкт-Петербурге. Вестник Российской военно-медицинской академии. 2010;29(1):163–166.
25. Гончарова С.А., Пантелеев Г.В., Тырлова Е.И. Амблиопия. Луганск; 2013:172–193.
26. Лобанова И.В., Лещенко И.А., Маркова Е.Ю., Хащенко И.Е. Влияние полноты и вида коррекции у детей и подростков с аномалиями рефракции на формирование зрительных вызванных потенциалов. Вестник офтальмологии. 2013;129(4):44–53.
27. Аветисов С.Э., Кащенко Т.П., Шамшинова А.М. Зрительные функции и их коррекция у детей. М.: Медицина; 2005:80–92.
28. Маркова Е. Ю., Курганова О.В., Безмельницына Л.Ю., Мешков Д.О., Венедиктова Л.В. Медико-социальная роль коррекции аметропий у детей. Офтальмология. 2015;12(2):83–87.
29. Розенблюм Ю.З. Оптометрия. СПб.: Гипократ; 1996. 248 с.
30. Лещенко И.А., Лобанова И.В., Рыбакова Е.Г. Показания к подбору контактных линз у детей и подростков. Российская детская офтальмология. 2016;3:33–45.
31. Белевитин А.Б., ред. Офтальмоконтактология. СПб.: ВМедА; 2010. 520 с.
32. Нероев В.В., ред. Офтальмология: клинические рекомендации. М.: ГЭОТАР-Медиа; 2019. 496 с.
33. Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г., Милаш С.В. Коррекция волнового фронта глаза с помощью контактных линз и их влияние на аккомодационный ответ. Российский офтальмологический журнал. 2016;2:1–6.
34. Аветисов С.Э., Мягков А.В., Егорова А.В. Коррекция прогрессирующей миопии бифокальными контактными линзами с центральной зоной для дали: изменения аккомодации и передне-задней оси (предварительное сообщение). Вестник офтальмологии. 2019;135(1):42–46.
35. Prousalis E., Haidich A.B., Fontalis A., Ziakas N., Brazitikos P., Mataftsi A. Efficacy and safety of interventions to control myopia progression in children: an overview of systematic reviews and meta-analyses. BMC Ophthalmology. 2019;19:106. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1112-3>
36. Schaeffel F., Glasser A., Howland H.C. Accommodation, refractive error and eye growth in chickens. Vision Res. 1988;28:639–657.
37. Norton T.T., Zigvar J.T. Animal models of emmetropization: matching the axial length with the focal plane. J Am Optom Assoc. 1995;66:405–414.
38. Troilo D., Quinn N., Baker K. Accommodation and induced myopia in monkeys. Vision Rus. 2007;47:1228–1244.
39. Howlett M.H., McFadden S.A. Compensation of spectacle lenses in pigmented Guinea pigs. Vision Rus. 2009;49:219–227.
40. Lagos Zh.P. Theory of retinal defocus change and myopia progression. Vestnik Optometry. 2011;1:48–57.
41. Hung G.K., Ciuffreda K.J.A. Differential retinal-defocus magnitude during eye growth provides the appropriate direction signal. Med Sci Monit. Jul-Aug. 2000;6(4):791–795.
20. Avetisov S.E. Modern aspects of correction of refractive disorders. The Russian Annals of Ophthalmology. 2004;1:19–22. (In Russ.)
21. Avetisov S.E. Modern approaches to correction of refractive disorders. The Russian Annals of Ophthalmology. 2006;1:3–8. (In Russ.)
22. Markova E.Yu., Sidorenko E.E. Surgical treatment of anisometropia caused by hyperopia in children. Russian Pediatric Ophthalmology. 2009;4:35–37. (In Russ.)
23. Saydasheva E.I., et al. Modern approaches to the treatment of visual disorders in young children. Russian Pediatric Ophthalmology. 2012;1:37–40. (In Russ.)
24. Saidasheva E.I., Babenko O.D. The main reasons for development of visual disability in young children in St. Petersburg. Bulletin of the Russian Military Medical Academy. 2010;29(1):163–166. (In Russ.)
25. Goncharova S A., Panteleev G.V., Tyrlova E.I. Amblyopia. Luhansk; 2013:172–193. (In Russ.)
26. Lobanova I.V., Leshchenko I.A., Markova E.Yu., Khatsenko I.E. Influence of the completeness correction in children and adolescents with refractive errors on the formation of visual evoked potentials. The Russian Annals of Ophthalmology. 2013;129(4):44–53. (In Russ.)
27. Avetisov S.E., Kashchenko T.P., Shamshinova A.M. Visual functions and their correction in children. Moscow: Meditsina; 2005:80–92. (In Russ.)
28. Markova E.Yu., Kurganova O.V., Bezmelnitsyna L.Yu., Meshkov D.O., Venediktova L.V. Medical and social role of ametropia correction in children. Ophthalmology. 2015;12(2):83–87. (In Russ.)
29. Rosenblum Yu.Z. Optometry. Saint Petersburg: Hypocrates; 1996. 248 p. (In Russ.)
30. Leshchenko I.A., Lobanova I.V., Rybakova E.G. Indications for selection of contact lenses in children and teenagers. Russian Pediatric Ophthalmology. 2016;3:33–45. (In Russ.)
31. Belevitin A.B., ed. Ophthalmococontactology. Saint Petersburg: Vmeda; 2010. 520 p. (In Russ.)
32. Neroyev V.V., ed. Ophthalmology: clinical guidelines. Moscow: GEOTAR-Media; 2019. 496 p. (In Russ.)
33. Tarutta E.P., Harutyunyan S.G., Milash S.V. The Correction of Eye Wavefront Using Contact Lenses and Their Impact on the Accommodative Response. Russian Ophthalmological Journal. 2016;2:1–6. (In Russ.)
34. Avetisov S.E., Myagkov A.V., Egorova A.V. Correcting progressive myopia with bifocal contact lenses with central zone for distant vision: changes in accommodation and axial length (a preliminary report). The Russian Annals of Ophthalmology. 2019;135(1):42–46. (In Russ.)
35. Prousalis E., Haidich A.B., Fontalis A., Ziakas N., Brazitikos P., Mataftsi A. Efficacy and safety of interventions to control myopia progression in children: an overview of systematic reviews and meta-analyses. BMC Ophthalmology. 2019;19:106. <https://doi.org/10.1186/s12886-019-1112-3>
36. Schaeffel F., Glasser A., Howland H.C. Accommodation, refractive error and eye growth in chickens. Vision Res. 1988;28:639–657.
37. Norton T.T., Zigvar J.T. Animal models of emmetropization: matching the axial length with the focal plane. J Am Optom Assoc. 1995;66:405–414.
38. Troilo D., Quinn N., Baker K. Accommodation and induced myopia in monkeys. Vision Rus. 2007;47:1228–1244.
39. Howlett M.H., McFadden S.A. Compensation of spectacle lenses in pigmented Guinea pigs. Vision Rus. 2009;49:219–227.
40. Lagos Zh.P. Theory of retinal defocus change and myopia progression. Vestnik Optometry. 2011;1:48–57.
41. Hung G.K., Ciuffreda K.J.A. Differential retinal-defocus magnitude during eye growth provides the appropriate direction signal. Med Sci Monit. Jul-Aug. 2000;6(4):791–795.

42. Hung G.K., Ciuffreda K.J. Incremental retinal-defocus theory of myopia development – schematic analysis and computer simulation. *Comput Biol Med.* 2007;37(7):930–946. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2006.10.004>
43. Лялин А.Н., Блинова О.В., Корепанов А.В. Ретинальный дефокус и вергенционно-аккомодационные напряжения как механизмы регулирования процесса рефрактогенеза. *Современные технологии в офтальмологии.* 2015;2:139–140.
44. Тарутта Е.П., Милаш С.В., Тарасова Н.А., Епишина М.В., Аджемян Н.А. Индуцированный периферический дефокус и форма заднего полюса глаза на фоне ортокератологической коррекции миопии. *Российский офтальмологический журнал.* 2015;8(3):52–56.
45. Benavente-Pérez 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.
46. Li-Fang Hung, Crawford M.L.J., Smith E.L. Spectacle lenses alter eye growth and the refractive status of young monkeys. *Nature Medicine.* 1995;1:761–765.
47. Liu Y., Wildsoet C. The Effect of Two-Zone Concentric Bifocal Spectacle Lenses on Refractive Error Development and Eye Growth in Young Chicks. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52(2):1078–1086.
48. Beasley I.G., Davies L.N., Logan N.S. Effect of Peripheral Defocus on Axial Eye Growth and Modulation of Refractive Error in Hyperopes: Protocol for a Nonrandomized Clinical Trial. *JMIR Res Protoc.* 2018 Sep 5;7(9):e173. <https://doi.org/10.2196/resprot.9320>
42. Hung G.K., Ciuffreda K.J. Incremental retinal-defocus theory of myopia development – schematic analysis and computer simulation. *Comput Biol Med.* 2007;37(7):930–946. <https://doi.org/10.1016/j.compbiomed.2006.10.004>
43. Lyalin A.N., Blinova O.V., Korepanov A.V. Retinal defocus and vergence-accommodative conflicts as mechanisms of regulation of the refraction genesis. *Modern Technologies in Ophthalmology.* 2015; 2:139–140. (In Russ.)
44. Tarutta E.P., Milash S.V., Tarasova N.A., Epishina M.V., Ajemyan N.A. Induced peripheral defocus and the shape of the posterior pole of the eye in the view of orthokeratology treatment of myopia. *Russian Ophthalmological Journal.* 2015;8(3):52–56. (In Russ.)
45. Benavente-Pérez 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.
46. Li-Fang Hung, Crawford M.L.J., Smith E.L. Spectacle lenses alter eye growth and the refractive status of young monkeys. *Nature Medicine.* 1995;1:761–765.
47. Liu Y., Wildsoet C. The Effect of Two-Zone Concentric Bifocal Spectacle Lenses on Refractive Error Development and Eye Growth in Young Chicks. *Invest Ophthalmol Vis Sci.* 2011;52(2):1078–1086.
48. Beasley I.G., Davies L.N., Logan N.S. Effect of Peripheral Defocus on Axial Eye Growth and Modulation of Refractive Error in Hyperopes: Protocol for a Nonrandomized Clinical Trial. *JMIR Res Protoc.* 2018 Sep 5;7(9):e173. <https://doi.org/10.2196/resprot.9320>

Информация об авторах

Маркова Елена Юрьевна, доктор медицинских наук, заведующая отделом микрохирургии глаза и функциональной реабилитации у детей ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации; markova_ej@mail.ru

Мягков Александр Владимирович, доктор медицинских наук, профессор, директор АНО «Национальный институт миопии».

Авакянц Гоар Вардановна, врач-офтальмолог, аспирант отдела микрохирургии глаза и функциональной реабилитации у детей ФГАУ «МНТК «Микрохирургия глаза» им. академика С.Н. Федорова» Министерства здравоохранения Российской Федерации.

Information about the authors

Elena Yu. Markova, Dr. Sci. (Med.), Head of the Department of Eye Microsurgery and Functional Rehabilitation in Children, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution; markova_ej@mail.ru

Alexander V. Myagkov, Dr. Sci. (Med.), Professor, Director of the National Myopia Institute.

Goar V. Avakyants, Ophthalmologist, Post-Graduate Student of the Department of Eye Microsurgery and Functional Rehabilitation in Children, S. Fyodorov Eye Microsurgery Federal State Institution.

«Академия медицинской оптики и оптометрии» приглашает вас стать членом «Российской ассоциации оптометристов»

РАМОО
АКАДЕМИЯ
МЕДИЦИНСКОЙ
ОПТИКИ И ОПТОМЕТРИИ



РАО - общероссийская общественная организация, целью которой является некоммерческое объединение специалистов и единомышленников, ставящих своей основной целью развитие оптометрии в России, как полноценной специальности, повышение ее престижа, создание и развитие образовательных программ, организация аккредитации и правовой защиты оптометристов

Более подробная информация на сайте ramoo.ru