

© КОЛЛЕКТИВ АВТОРОВ, 2019

Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А.

ФАКТОРЫ РИСКА РАЗВИТИЯ МИОПИИ В ДОШКОЛЬНОМ И РАННЕМ ШКОЛЬНОМ ВОЗРАСТАХ И МЕРЫ ЕЕ ПРОФИЛАКТИКИ

ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России,
105062, Москва, Российская Федерация

Среди факторов риска развития миопии наибольшее значение имеет наследственность, особенно, если оба родителя близоруки. К факторам высокого риска также следует отнести псевдомиопию. Большое значение имеют рефракция сильнее +0,75 дптр в возрасте до 6 лет, эметропия в возрасте 7–10 лет, длина передне-задней оси глаза более 23,5 мм, значения запасов относительной аккомодации менее 1,0 дптр, отношение аккомодативной конвергенции и аккомодации (АК/А) более 4 пр.дптр/дптр, относительная периферическая гиперметропия и асимметрия внеосевой рефракции (рефракция носовой половины глаза сильнее височной). Влияние этих факторов на развитие миопии тесно связано с окружающей средой, урбанизацией, уровнем образования, физическим здоровьем. Особо выделяются устранимые факторы риска: гиподинамия при высокой зрительной нагрузке, время пребывания на открытом воздухе менее 10 часов в неделю. Надежными мерами профилактики признаны следующие: ограничение зрительной нагрузки, активное пребывание на открытом воздухе не менее 10–14 часов в неделю, занятия физкультурой и некоторыми видами спорта, домашние тренировки аккомодации, коррекция периферической гиперметропии, наведение миопического дефокуса на периферии сетчатки, функциональное лечение, местная медикаментозная терапия.

Ключевые слова: миопия у детей; развитие миопии; контроль миопии; предикторы миопии; периферическая рефракция.

Для цитирования: Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А. Факторы риска развития миопии в дошкольном и раннем школьном возрастах и меры ее профилактики. // *Российская педиатрическая офтальмология*. 2019;14(1-4):25-33. DOI: <http://doi.org/10.17816/1993-1859-2019-14-1-4-25-33>

Для корреспонденции: Проскурина Ольга Владимировна — д.м.н., ведущий научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, E-mail: proskurina@mail.ru

Tarutta E.P., Proskurina O. V., Tarasova N.A., Markosian G.A.

RISK FACTORS FOR MYOPIA IN PRESCHOOL AND EARLY SCHOOL AGE AND ITS PREVENTION

Helmholtz's National Medical Research Center of Eye Diseases, 105062, Moscow, Russian Federation

Heredity is the most important risk factor for myopia, especially if both parents are nearsighted. Pseudomyopia should also be considered a high-risk factor. Other factors include refraction less than + 0.75 D up to 6 years, emmetropia at the age of 7–10 years, the length of the anterior-posterior axis of the eye more than 23.5 mm, values of relative accommodation resources lower than 1.0 D, an AC/A ratio more than 4 PD/D, and relative peripheral hyperopia. Also, the presence of asymmetry of off-axis refraction, refraction of the nasal half of the eye that is stronger than the temporal half. The influence of these factors on the development of myopia is closely related to the environment, urbanization, level of education, level of fitness, and general health. Disposable risk factors are highlighted, including hypodynamia with a high visual load, and the time spent less than 10 hours a week outdoors. The reliable prevention measures that are recognized include limiting the visual load, perform active outdoor activities for at least 10–14 hours a week, and participate in physical education and some sports. In addition, it is essential to have some form of accommodative training, correction of peripheral hyperopia, and induction of myopic defocus on the periphery of the retina, along with functional treatment and local drug therapy.

Keywords: myopia in children; myopia onset; myopia control; myopia predictors; peripheral refraction.

For citation: Tarutta EP, Proskurina OV, Tarasova NA, Markosian GA. Risk factors for myopia in preschool and early school age and its prevention. *Russian pediatric ophthalmology*. 2019;14(1-4):25-33. DOI: <http://doi.org/10.17816/1993-1859-2019-14-1-4-25-33>

For correspondence: Proskurina O. V., doctor of medical sciences, leading researcher of the Department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoeconomic Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, E-mail: proskurina@mail.ru

Acknowledgements. The study had no sponsorship.

Conflict of interest. The authors declare no conflict of interest.

Received: 5 October 2019

Accepted: 11 October 2019

Развитие приобретенной миопии обычно связано с началом школьного обучения, но часто ее старт приходится на дошкольный возраст [1, 2]. Последнее обстоятельство служит неблагоприятным фактором, поскольку ранний возраст возникновения миопии — самый достоверный предиктор формирования в последующем миопии высокой степени [3], которая повышает риск развития рано приобретенной катаракты в 3 раза, разрывов сетчатки — в 8 раз, глаукомы — в 18 раз [4].

Задачи прогнозирования и профилактики рано приобретенной миопии являются весьма актуальными, поскольку частота миопии растет год от года [5]. В некоторых регионах России 2,4% детей уже близоруки при поступлении в первый класс. К 11 классу школы распространенность миопии увеличивается в 15 раз! и составляет 36,8%, а среди учеников лицеев и гимназий — более 50% [2]. Известно, что уменьшение скорости прогрессирования миопии на 33% снижает частоту близорукости высокой степени на 73%, а уменьшение прогрессирования на 50% приводит к 90% уменьшению близорукости высокой степени [6].

Цель. Обобщение данных литературы и личного опыта авторов относительно факторов риска развития миопии и эффективности мер профилактики ее раннего развития. Предложен алгоритм для врачей-офтальмологов, педиатров, семейных врачей, медицинских оптиков-оптометристов по формированию групп риска по миопии, динамическому наблюдению и осуществлению комплекса лечебно-профилактических мер по предупреждению ее развития.

Факторы риска развития миопии

1. *Наследственность.* Именно наследственный фактор в значительной степени увеличивает вероятность возникновения миопии [1,7]. Развитие близорукости у детей, родители которых ее не имели, возможно. Шансы на развитие миопии в этом случае небольшие — 0,28. Шансы развития миопии увеличиваются до 0,84, если оба родителя близоруки, и возрастают с каждым следующим поколением [8]. Риск развития миопии у ребенка, имеющего одного близорукого родителя, в 2–3 раза выше, чем у детей, родители которых не имеют близорукости. Большинство исследователей подтверждают, что два близоруких родителя увеличивают вероятность развития миопии у ребенка еще в 1,5–2 раза [3, 8, 9]. Возможно и обратное — у близоруких родителей могут быть неблизорукие дети, но это явление довольно редкое. Простой расчет показывает, что их шансы не более 0,12.

2. *Этническая принадлежность.* Среди лиц восточно-азиатского происхождения и, в част-

ности, китайцев, распространенность миопии существенно выше, чем среди европейцев и иных этнических групп [10, 11].

3. *Урбанизация, окружающая среда, образование.* Существует взаимосвязь между генетическими факторами и влиянием окружающей среды [7, 9, 10]. Сравнение рефракции детей шерпов, проживающих в сельской местности, и тибетских детей, проживающих в Катманду (столице Непала), имеющих общих предков, но разное образование и экологические условия, показало значительно меньшую распространенность миопии среди детей Sherpa (2,9%) по сравнению с их городскими сверстниками (21,7%) [12]. Низкая частота миопии, лишь 2,7%, отмечена среди коренных жителей Амазонки, причем половина из них были единственными образованными в своей семье. Среди бразильцев из небольшого города по соседству распространенность миопии составила уже 6,4%, а среди молодых лиц, получивших базовое образование — 11,3% [13]. Высокая распространенность миопии является результатом адаптации к влиянию экологических изменений, росту образования, косвенно связанного с образованием социально-экономического статуса и урбанизации [10, 14]. Урбанизация, в свою очередь, связана со многими факторами окружающей среды, влияющими на частоту распространения миопии. Исследования причин развития миопии у китайских детей показали, что в ее развитии преобладают многофакторные модели, где генетический вклад остаётся постоянным, а влияние окружающей среды все больше усиливается в течение трех последних поколений [9].

4. *Продолжительность работы вблизи, гигиена зрения, семья.* Уменьшение рабочего расстояния при чтении до 29 см и менее увеличивает риск развития миопии в 2,5 раза, а время непрерывного чтения более 30 минут повышает этот риск в 1,5 раза [15]. Работа на близком расстоянии более 1 часа в день для детей до 6 лет увеличивает риск развития миопии в 1,26 раза [16]. Дети с миопией не только чаще эметропов имели близоруких родителей, но и тратили значительно больше времени на учебу и чтение и меньше времени на занятия спортом; набирали более высокие баллы по учебным тестам [17]; обучались в частных гимназиях; более 2 часов в день смотрели TV или играли в видеоигры, компьютерные игры, игры на смартфоне; происходили из семей с более высоким социальным статусом, чем дети с эметропией [18]. Проведенные нами ранее исследования также выявили большую частоту распространения миопии среди учащихся гимназий, по сравнению с детьми, посещающими обычные общеобразовательные школы [2].

Внимание родителей к зрительной деятельности детей может существенно снижать риск развития близорукости. Так, контроль за использованием электронных устройств снижал риск возникновения близорукости более, чем в 2 раза. Значимыми факторами также является контроль за достаточным временем сна, позой ребенка при подготовке домашних заданий, прогулками на свежем воздухе. Чем раньше родители обращали внимание на эти факторы, тем меньше был риск развития миопии в раннем детском возрасте и тем лучше был рефракционный и функциональный результат у старших детей [14]. Особое внимание уделяется низкому наклону головы при работе на близком расстоянии [1, 15].

5. *Время, проведенное на открытом воздухе.* Научные работы последних лет подтверждают результаты более ранних исследований, проведенных Э.С. Аветисовым [1], которые доказывают, что достаточное пребывание детей на свежем воздухе существенно уменьшает риск развития миопии. Баланс между временем нагрузки вблизи и временем, активно проведенным на свежем воздухе, имеет решающее значение [10, 19]. Дети, проводящие на открытом воздухе менее 1,6 час. в день и имеющие дополнительную внешкольную нагрузку более 3 часов в день, в 2–3 раза чаще становятся близорукими, чем их сверстники, проводящие на открытом воздухе более 2,8 час. в день и имеющие дополнительную внешкольную нагрузку менее 2 часов в день [20]. Обобщенный показатель — увеличение времени пребывания на свежем воздухе — снижает риск развития миопии в 2 раза, а также способствует замедлению роста уже имеющейся миопии [21]. Такая простая мера, как проведение перемен на свежем воздухе, более чем в 2 раза уменьшает риск развития близорукости у детей 7–11 лет [22]. Продолжительность занятий на открытом воздухе в светлое время суток от 10 до 14 часов в неделю считается одним из надежных факторов, способствующих профилактике развития миопии [18, 23].

6. *Длина передне-задней оси (ПЗО) глаза и сила преломления роговицы.* ПЗО более 23,5 мм связана с высоким риском развития миопии у детей с эметропией в возрасте 6 лет независимо от генетического фона [24]. У детей 10–14 лет фактором риска развития миопии может служить длина ПЗО более 24,33 мм [25]. Соотношение между осевой длиной глаза (мм) и радиусом кривизны роговицы (мм) (AL/CR) более 3 может также является фактором риска развития миопии у детей 6–12 лет, при этом более информативна величина радиуса кривизны горизонтального меридиана [26].

7. *Осевая рефракция.* Данные обсервационного когортного исследования показывают, что циклоплегическая рефракция сильнее гиперметропии в 0,75 дптр у детей до 6 лет является самым высоко достоверным прогностическим признаком развития миопии в будущем (вероятность 95%). Для детей 6 лет прогностический признак развития миопии — это рефракция сильнее гиперметропии в 0,5 дптр, для детей 7–10 лет — эметропия [27]. Данные рефрактометрии в условиях циклоплегии могут служить достаточным основанием для включения ребенка в группу риска развития миопии.

8. *Внеосевая рефракция (периферическая рефракция).* Исходная форма глаза может быть фактором риска развития близорукости. Относительная периферическая гиперметропия рассматривается как надежный предиктор миопии. Дети, впоследствии ставшие близорукими, имели большую относительную периферическую гиперметропию за 2–5 лет до начала близорукости, чем те, кто остался эметропом [24, 27].

9. *Внеосевая длина глаза.* Исследование контура сетчатки путём определения разницы осевой и внеосевой длины глаза в 20° зоне у 140 детей в возрасте от 7 до 11 лет с интервалом в 30 месяцев выявило значительную корреляцию между развитием миопии и изначально более крутым контуром сетчатки с височной стороны. Более крутой контур сетчатки с височной стороны предполагает относительную периферическую дальнозоркость этой половины сетчатки — более слабую рефракцию в височной зоне по сравнению с носовой [28].

10. *Аккомодация.* Данные о снижении аккомодационного ответа, как фактора риска развития миопии, неоднозначны [29, 30, 31]. Снижение запасов относительной аккомодации (ЗОА) может рассматриваться как прогностический критерий [1]. Так, у детей, ставших впоследствии миопами, значения ЗОА были ниже (1,46 дптр), чем у тех, кто остался эметропом (2,04 дптр) [31].

11. *Псевдомиопия* — состояние, при котором манифестная рефракция эметропическая, а циклоплегическая — эметропическая или даже гиперметропическая. Этот симптом рассматривается в качестве особого предиктора миопии в основном отечественными исследователями. А.И. Дашевский (1988) полагал, что псевдомиопия всегда предшествует близорукости [32]. Псевдомиопия увеличивает риск развития миопии в 3,03 раза. У 77,8% детей с псевдомиопией впоследствии развивается осевая миопия [25].

12. *Гетерофория и соотношение АК/А.* Эзофория более 3 призмических диоптрий (пр.дптр), по-видимому, является фактором риска воз-

никновения близорукости у детей [31, 33]. Более информативным показателем является отношение аккомодативной конвергенции к аккомодации (АК/А). У детей с величиной соотношения АК/А 5,84 пр.дптр/дптр и более риск развития миопии в течение 1 года повышается в 22,5 раза, а в сочетании с осевой рефракцией сильнее гиперметропии в 0,75 дптр — дополнительно еще в 3,21 раза [34]. Увеличение соотношения АК/А может выявляться и за 4 года до развития миопии и составлять у детей с высоким риском развития миопии в среднем 7 пр.дптр/дптр, что, вероятно, связано с большим отставанием аккомодации у детей — кандидатов в миопы. У потенциальных эметропов это соотношение достоверно меньше и сохраняется на уровне 4 пр.дптр/дптр [33].

13. *Состояние здоровья.* Исследования 3504 школьников показали, что миопия чаще всего встречается у детей с нарушениями опорно-двигательного аппарата, болезнями органов дыхания, ожирением и болезнями желудочно-кишечного тракта [1]. Установлено, что удельный вес миопии средней и высокой степени значительно возрастает по мере перехода от «эталонной» по здоровью группы к практически здоровым и к группе лиц с хроническими заболеваниями.

У 96,0% детей разных возрастных групп с близорукостью выявляются соматические заболевания, а у детей без близорукости — в 31% случаев. При этом у школьников с близорукостью одно соматическое заболевание выявляется в 56% случаях, а в 40% случаях наблюдались два и более соматических заболевания [35].

В качестве других факторов риска развития миопии в детском возрасте упоминаются также толщина и преломляющая сила хрусталика [27], величина и тип астигматизма [25, 27], знак сферической аберрации и другие факторы.

Таким образом, все факторы риска развития миопии в раннем детском возрасте условно можно разделить на факторы особо высокого риска, факторы высокого риска и устранимые факторы риска. К факторам особо высокого риска следует относить наличие миопии у обоих родителей и/или миопии высокой степени хотя бы у одного из них и псевдомиопию. К факторам высокого риска относятся: наличие одного близорукого родителя с миопией слабой или средней степени, рефракцию сильнее гиперметропии в 0,75 дптр в возрасте до 6 лет, эметропию в возрасте 7–10 лет, значения длины ПЗО более 23,5 мм, ЗОА 1,0 дптр и менее, наличие соматических заболеваний. К устранимым факторам риска следует отнести пребывание детей на свежем воздухе менее 10 часов в неделю,

ежедневную нагрузку вблизи более 2 часов у дошкольников и более 2 часов внешкольных занятий у детей 7–10 лет.

Меры профилактики развития миопии

Очевидно, что борьба с детской миопией должна начинаться с выявления факторов риска её развития в дошкольном возрасте и в начальной школе, а также с оценки возможностей влияния на эти факторы.

1. Гигиена зрения, режим зрительной нагрузки

Увеличение продолжительности пребывания детей на свежем воздухе до 10–14 часов в неделю и более, занятия физкультурой, сокращение внешкольной нагрузки до 2 часов в день и менее — весьма эффективная мера профилактики близорукости [18, 20, 22, 23, 36], особенно актуальная для детей с отягощенным семейным анамнезом. Контроль родителей за зрительной деятельностью детей, использованием гаджетов, просмотром телепередач, позой ребенка при работе на близком расстоянии, продолжительностью сна, достаточной продолжительностью отдыха позволяет уменьшить риск развития миопии более, чем в 2 раза [14].

Физкультура и игровые виды спорта вносят весомый вклад в профилактику развития миопии [1, 37].

2. Оптическая коррекция

На центральную и периферическую рефракцию, аккомодацию, конвергенцию и их взаимодействие, а также некоторые другие факторы может быть оказано влияние с помощью оптических средств [38].

Детям дошкольного возраста с высоким риском развития миопии, в особенности детям с псевдомиопией, целесообразно назначение постоянной слабомиопической дефокусировки в бинокулярном очковом формате. Метод заключается в назначении плюсовых очков для постоянного ношения, индуцирующих в глазу миопию в 1,0 дптр. Постоянное ношение таких очков устраняет псевдомиопию и предотвращает ее переход в истинную близорукость за счет торможения аксиального роста глаза. Уже через 1 месяц у всех пациентов происходит сдвиг манифестной рефракции в сторону ее ослабления. В течение всего периода ношения таких очков рефракция остается слабой гиперметропической, а некорригированная острота зрения — высокой (1,0 и выше). В отдаленном периоде до 10 лет не отмечено ни одного случая возникновения миопии. За весь период отмечено увеличение аксиальной длины глаза, в среднем на $0,34 \pm 0,04$ мм, и значительное увеличение его

поперечного размера, в среднем на $1,2 \pm 0,08$ мм [39–40].

Предлагается также метод альтернирующей слабомыопической дефокусировки, при котором перед одним глазом устанавливается линза +1,0 дптр, перед другим — линза planum, выписывают две пары очков для ношения через день [41]. Метод позволяет наводить центральный миопический дефокус при сохранении высокой бинокулярной остроты зрения вдаль и бинокулярного зрения.

Детям дошкольного и школьного возраста с высоким риском развития миопии возможно назначение коррекции перифокальными очками, индуцирующими периферическую миопию в глазах с высоким риском развития близорукости. Назначают профилактические очки для постоянного ношения с центральной рефракцией от 0 до +0,75 дптр (в зависимости от рефракции пациента) и аддидацией в горизонтальном меридиане +2,0 дптр — +2,5 дптр. Перифокальная очковая линза индуцирует миопический дефокус в горизонтальном меридиане, что служит сдерживающим рост глаза фактором. При значительном снижении аккомодации рекомендуется перифокальная линза с аддидацией для близи в 1,25 дптр. Такая коррекция представляется наиболее перспективной в отношении риска развития рано приобретенной миопии [38].

3. Иные способы профилактики

С целью профилактики развития миопии могут использоваться тренировки аккомодации в домашних условиях и оптико-рефлекторные тренировки, аппаратное лечение, физиотерапия, массаж [1].

Предлагается использовать специальные очки-тренажеры, содержащие оптические элементы в виде асферических линз с нулевой (или иной необходимой) рефракцией в геометрическом центре, постепенным усилением рефракции с одной стороны от центра и ослаблением с другой. Такие очки могут быть изготовлены с разницей между рефракцией в центре линзы и на ее периферии в $\pm 0,25$ дптр, $\pm 0,5$ дптр, $\pm 0,75$ дптр. Сумма величин прогрессии и дегрессии составляет величину динамического изменения рефракции линзы. Так, для линзы с прогрессией в одну сторону на 0,5 дптр и дегрессией в другую сторону на 0,5 дптр от геометрического центра изменение рефракции линзы составит 1,0 дптр. При чтении содружественные движения глаз вынуждают смотреть вдоль горизонтального меридиана асферической линзы, рефракция в котором попеременно плавно изменяется, вызывая поочередное расслабление и напряжение аккомодации, оказывающее тренировочное действие. При ношении таких оч-

ков-тренажеров 2 часа в день уже через 2 недели происходит ослабление рефракции при псевдомиопии на 0,81 дптр, увеличение объема абсолютной аккомодации (ОАА) на 2,0 дптр, ЗОА на 1,1 дптр. Такое тренировочное действие способствует снижению риска развития миопии. Очки можно использовать 2 и более часов в день во время любой зрительной нагрузки в течение всего периода риска развития и прогрессирования близорукости [42, 43].

Используют также специальные очки-тренажеры оптические дезаккомодационные, содержащие сферопризматические элементы, обеспечивающие тренировочный эффект, основанный на принципах дивергентной дезаккомодации и микрозатуманивания. Упражнения повышают ЗОА на 0,4–0,6 дптр. Упражнения проводят по 5–10 минут курсами 2 раза в год в течение всего периода риска развития близорукости [44].

Для улучшения функции аккомодации и преодоления симптома псевдомиопии прибегают к медикаментозному лечению с использованием: α -адреномиметиков, М-холиноблокаторов и их комбинаций [45, 46]. Через 1 месяц после использования комбинированной терапии α -адреномиметиком и М-холиноблокатором у детей с псевдомиопией отмечается устойчивый сдвиг рефракции на 0,25 дптр в сторону ее ослабления, увеличение объема абсолютной аккомодации на 0,83 дптр, в основном за счет отдаления дальнейшей точки ясного зрения от глаза [46].

Алгоритм действий врача представлен в рис. 1.

Заключение

Отягощенная наследственность и псевдомиопия — наиболее значимые факторы развития миопии в дошкольном и раннем школьном возрасте. Особое значение имеют рефракция сильнее гиперметропии в 0,75 дптр возрасте до 6 лет, эмметропия в 7–10 лет, увеличение переднее-задней оси, высокие значения АК/А. Существенно влияние образования, урбанизации и окружающей среды, состояния здоровья. Имеют значение также поведенческие факторы: время активного пребывания на открытом воздухе, длительность и интенсивность зрительной нагрузки вблизи.

Раннее обнаружение факторов риска и прямое или косвенное влияние на них позволяет предотвратить развитие близорукости или отсрочить ее старт на более поздний возраст. Это неизменно приводит к уменьшению частоты миопии высокой степени и сокращает число ее осложненных форм.

К мерам профилактики миопии следует отнести коррекцию режима зрительной нагрузки и увеличение пребывания на открытом воздухе до 10–14 часов в неделю, занятия физкультурой и игровыми видами спорта, оптическую коррек-

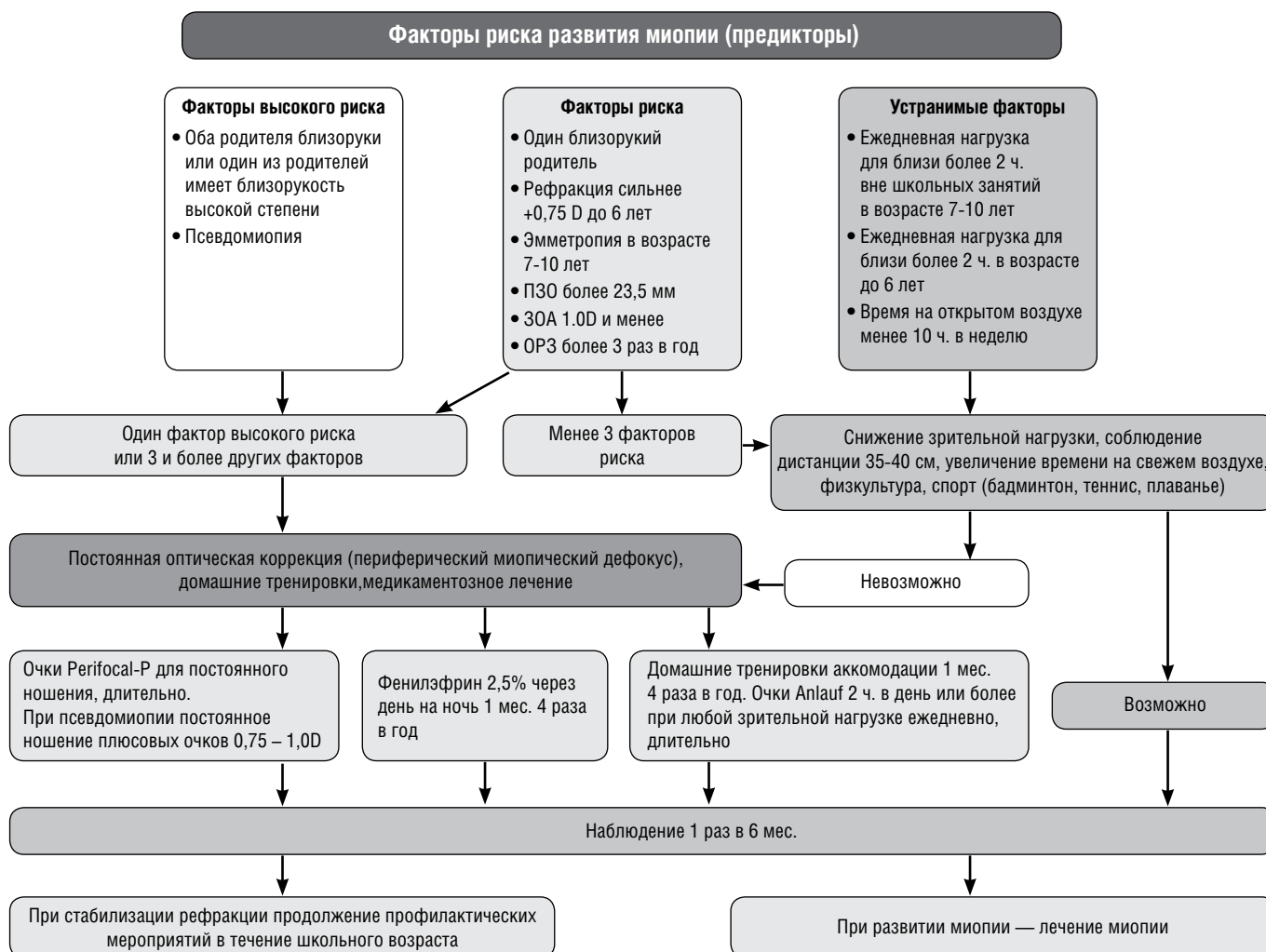


Рис. 1. Алгоритм для врачей-офтальмологов и других специалистов по формированию групп риска по миопии, динамическому наблюдению и осуществлению комплекса лечебно-профилактических мер по предупреждению ее развития

Fig. 1. Algorithm for ophthalmologists and other specialists on the formation of risk groups for myopia, dynamic monitoring and implementation of a set of therapeutic and preventive measures to prevent its development

цию, индуцирующую центральный и/или периферический миопический дефокус, тренировочные упражнения, направленные на улучшения аккомодации, конвергенции и их взаимодействия, медикаментозную терапию.

Дополнительная информация

Финансирование. Исследование не имело спонсорской поддержки.

Конфликт интересов. Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

ЛИТЕРАТУРА

1. Аветисов Э.С. *Близорукость*. М.: Медицина; 1999.
2. Проскурина О.В., Маркова Е.Ю., Бржеский В.В., Ефимова Е.Л., Ефимова М.Н., Хватова Н.В. и др. Распространенность миопии у школьников некоторых регионов России. *Офтальмология*. 2018;15(3):348-53. Doi: 10.18008/1816-5095-2018-3-348-353.

3. Jones-Jordan L.A., Sinnott L.T., Manny R.E., Cotter S.A., Kleinstei R.N., Mutti D.O. et al. Early childhood refractive error and parental history of myopia as predictors of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2010;51(1):115-21. Doi: 10.1167/iovs.08-3210.
4. Tano Y. Pathologic myopia: where are we now? *Am. J. Ophthalmol.* 2002;134(5):645-60. Doi: 10.1016/S0002-9394(02)01883-4.
5. Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A., Jong M., Naidoo K.S., Sankaridurg P. et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*. 2016;123(5):1036-42. Doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
6. Brennan N.A. Predicted reduction in high myopia for various degrees of myopia control. *Cont. Lens Anterior Eye*. 2012; 350(1):14-5. Doi: 10.1016/j.clae.2012.08.046.
7. Wojciechowski R. Nature and nurture: the complex genetics of myopia and refractive error. *Clin. Genet.* 2011;79(4):301-20. Doi: 10.1111/j.1399-0004.2010.01592.x.
8. Wu M.M., Edwards M.H. The effect of having myopic parents: an analysis of myopia in three generations. *Optom. Vis. Sci.* 1999;76(6):387-92. Doi: 10.1097/00006324-199906000-00018.

9. Zadnik K., Satariano W.A., Mutti D.O., Sholtz R.I., Adams A.J. The effect of parental history of myopia on children's eye size. *JAMA*. 1994;271(17):1323-7. Doi: 10.1001/jama.1994.03510410035029.
10. Foster P.J., Jiang Y. Epidemiology of myopia. *Eye (Lond)*. 2014;28(2):202-8. Doi: 10.1038/eye.2013.280.
11. Morgan I.G., French A.N., Ashby R.S., Guo X., Ding X., He M., Rose K.A. The epidemics of myopia: etiology and prevention. *Prog. Retin. Eye Res.* 2018;62(1):134-49. Doi: 10.1016/j.preteyeres.2017.09.004.
12. Garner L.F., Owens H., Kinnear R.F., Frith M.J. Prevalence of myopia in Sherpa and Tibetan children in Nepal. *Optom. Vis. Sci.* 1999;76(5):282-5. Doi: 10.1097/00006324-199905000-00014.
13. Thorn F., Cruz A.A., Machado A.J., Carvalho R.A. Refractive status of indigenous people in the northwestern amazon region of Brazil. *Optom. Vis. Sci.* 2005;82(4):267-72. Doi: 10.1097/01.OPX.0000159371.25986.67.
14. Zhou S., Yang L., Lu B., Wang H., Xu T., Du D. et al. Association between parents' attitudes and behaviors toward children's visual care and myopia risk in school-aged children (meta-analysis). *Medicine*. 2017;96(52):e9270. Doi: 10.1097/MD.00000000000009270.
15. Huang H.M., Chang D.S.T., Wu P.C. The Association between near work activities and myopia in children — a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015;10(10):e0140419. Doi: 10.1371/journal.pone.0140419.
16. Holton V., Hinterlong J.E., Tsai C.Y., Tsai J.C., Wu J.S., Liou Y.M. A nationwide study of myopia in Taiwanese school children: family, activity, and school-related factors. *J. Sch. Nurs.* 2019; 1059840519850619. Doi: 10.1177/1059840519850619.
17. Mutti D.O., Mitchell G.L., Moeschberger M.L., Jones L.A., Zadnik K. Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2002;43(12):3633-40.
18. Saxena R., Vashist P., Tandon R., Pandey R.M., Bhardwaj A., Menon V., Mani K. Prevalence of myopia and its risk factors in urban school children in Delhi: the North India Myopia Study (NIM Study). *PLoS One*. 2015;10(2):e0117349. Doi: 10.1371/journal.pone.0117349.
19. Gray C., Gibbons R., Larouche R., Sandseter E.B., Bienenstock A., Brussoni M. et al. What is the relationship between outdoor time and physical activity, sedentary behaviour, and physical fitness in children? A systematic review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2015;12(6):6455-74. Doi: 10.3390/ijerph120606455.
20. Rose K.A., Morgan I.G., Ip J., Kifley A., Huynh S., Smith W., Mitchell P. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology*. 2008;115(8):1279-85. Doi: 10.1016/j.ophtha.2007.12.019.
21. Deng L., Pang Y. Effect of outdoor activities in myopia control: meta-analysis of clinical studies. *Optom. Vis. Sci.* 2019;96(4):276-82. Doi: 10.1097/OPX.0000000000001357.
22. Wu P.C., Tsai C.L., Wu H.L., Yang Y.H., Kuo H.K. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children. *Ophthalmology*. 2013;120(5):1080-85. Doi: 10.1016/j.ophtha.2012.11.009.
23. Rose K.A., Morgan I.G., Smith W., Burlutsky G., Mitchell P., Saw S.M. Myopia, lifestyle, and schooling in students of Chinese ethnicity in Singapore and Sydney. *Arch. Ophthalmol.* 2008;126(4):527-30. Doi: 10.1001/archophth.126.4.527.
24. Mutti D.O., Hayes J.R., Mitchell G.L., Jones L.A., Moeschberger M.L., Cotter S.A. et al. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2007;48(6):2510-19. Doi: 10.1167/iovs.06-0562.
25. Онуфрийчук О.Н., Розенблюм Ю.З. Закономерности рефрактогенеза и критерии прогнозирования школьной миопии. *Вестник офтальмологии*. 2007;6:22-4.
26. He X., Zou H., Lu L., Zhao R., Zhao H., Li Q., Zhu J. Axial length/corneal radius ratio: association with refractive state and role on myopia detection combined with visual acuity in Chinese schoolchildren. *PLoS One*. 2015;10(2):e0111766. Doi: 10.1371/journal.pone.0111766.
27. Zadnik K., Sinnott L.T., Cotter S.A., Jones-Jordan L.A., Kleinstein R.N., Manny R.E. et al. Prediction of juvenile-onset myopia. *JAMA Ophthalmol.* 2015;133(6):683-9. Doi: 10.1001/jamaophthalmol.2015.0471.
28. Schmid G.F. Association between retinal steepness and central myopic shift in children. *Opt. Vis. Sci.* 2011;88(6):684-90. Doi: 10.1097/OPX.0b013e3182152646.
29. Mutti D.O., Mitchell G.L., Hayes J.R., Jones L.A., Moeschberger M.L., Cotter S.A. et al. Accommodative lag before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2006;47:837-46. Doi: 10.1167/iovs.05-0888.
30. Charman W.N. Near vision, lags of accommodation and myopia. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 1999;19(2):126-33. Doi: 10.1046/j.1475-1313.1999.00414.x.
31. Goss D.A., Jackson T.W. Clinical findings before the onset of myopia in youth: 2. Zone of clear single binocular vision. *Optom. Vis. Sci.* 1996;73(4):263-8. Doi: 10.1097/00006324-199604000-00008.
32. Дашевский А.И. Развитие псевдомиопии и миопии и их профилактика. *Вестник офтальмологии*. 1988;3:132-6.
33. Sreenivasan V., Irving E.L., Bobier W.R. Effect of heterophoria type and myopia on accommodative and vergence responses during sustained near activity in children. *Vision Res.* 2012;57:9-17. Doi: 10.1016/j.visres.2012.01.011.
34. Mutti D.O., Mitchell G.L., Jones-Jordan L.A., Cotter S.A., Kleinstein R.N., Manny R.E. et al. The response AC/A ratio before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2017;58(3):1594-602. Doi: 10.1167/iovs.16-19093.
35. Четыз Р.Р., Соболева Л.К. Роль системных поражений детского организма в возникновении близорукости. *Успехи современного естествознания*. 2004;16(27):101.
36. Deng L., Pang Y. Effect of outdoor activities in myopia control: meta-analysis of clinical studies. *Optom. Vis. Sci.* 2019;96(4):276-82. Doi: 10.1097/OPX.0000000000001357.
37. Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., Милаш С.В., Маркосян Г.А., Рамазанова К.А. Влияние занятий бадминтоном на рефракцию, аккомодацию и гемодинамику глаз с миопией. *Современная оптометрия*. 2019;1:22-9.
38. Ибатулин Р.А., Проскурина О.В., Тарутта Е.П. Многофакторные механизмы терапевтического воздействия перифокальных очков (Perifocal-M) на прогрессирование миопии у детей. *Офтальмология*. 2018;15(4):433-8. Doi: 10.18008/1816-5095-2018-4-433-438.
39. Тарутта Е.П., Ходжабекян Н.В., Филинова О.Б., Кружкова Г.В. Влияние постоянной дозированной слабмиопической дефокусировки на постнатальный рефрактогенез. *Вестник офтальмологии*. 2008;124(6):21-4.
40. Ходжабекян Н.В., Тарутта Е.П., Филинова О.Б., Тарасова Н.А. Бинокулярные функции, соотношение сенсорного и моторного глазного доминирования, объективный акко-

DOI: <http://doi.org/10.17816/1993-1859-2019-14-1-4-25-33>

- модационный ответ у пациентов с приобретенной, врожденной и индуцированной анизометропической миопией. *Российский офтальмологический журнал*. 2012;5(1):80-2.
41. Тарутта Е.П., Ходжабеян Н.В. Способ профилактики и лечения начальной миопии и спазма аккомодации у детей. Патент РФ № 2271781; 2006.
 42. Проскурина О.В., Тарасова Н.А., Тарутта Е.П. Применение асферических очков-тренажеров с динамическим изменением рефракции в горизонтальном меридиане в комплексном лечении нарушений аккомодации у детей. *Современная оптометрия*. 2018;(8):25-9.
 43. Корнюшина Т.А., Ибатуллин Р.А., Ковычев А.С. Очки «Anlauf» — профилактика и лечение функциональных расстройств зрения. *Оправы и линзы*. 2015;(1):34-8.
 44. Лялин А.Н., Корепанов А.В., Черных Н.А., Чермак С.Б. Результаты профилактики и лечения приобретенной близорукости с применением тренажеров «Зеница» у школьников. *Вестник Оренбургского государственного университета*. 2015;(12):126-9.
 45. Воронцова Т.Н. Результаты медикаментозной терапии привычно-избыточного напряжения аккомодации у детей и студентов. *Российский офтальмологический журнал*. 2016;9(2):18-21.
 46. Заяни Н., Воронцова Т.Н., Бржеский В.В. Комбинированная терапия спазма аккомодации у детей. *Офтальмологические ведомости*. 2011;4(1):23-7.

REFERENCES

1. Avetisov ES. *Myopia*. Moscow: Meditsine. 1999. (in Russian)
2. Proskurina OP, Markova EYu, Brzheshkij VV, et al. The prevalence of myopia in schoolchildren in some regions of Russia. *Ophthalmology*. 2018;15(3):348-353. (in Russian) Doi: 10.18008/1816-5095-2018-3-348-353.
3. Jones-Jordan LA, Sinnott LT, Manny RE, et al. Early childhood refractive error and parental history of myopia as predictors of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2010;51(1):115-21. Doi: 10.1167/iovs.08-3210.
4. Tano Y. Pathologic myopia: where are we now? *Am. J. Ophthalmol*. 2002;134(5):645-60. Doi: 10.1016/S0002-9394(02)01883-4.
5. 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):1036-42. Doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006.
6. Brennan NA. Predicted reduction in high myopia for various degrees of myopia control. *Cont. Lens Anterior Eye*. 2012;350(1):14-5. Doi: 10.1016/j.clae.2012.08.046.
7. Wojciechowski R. Nature and nurture: the complex genetics of myopia and refractive error. *Clin. Genet*. 2011;79(4):301-20. Doi: 10.1111/j.1399-0004.2010.01592.x.
8. Wu MM, Edwards MH. The effect of having myopic parents: an analysis of myopia in three generations. *Optom. Vis. Sci*. 1999;76(6):387-92. Doi: 10.1097/00006324-199906000-00018.
9. Zadnik K, Satariano WA, Mutti DO, et al. The effect of parental history of myopia on children's eye size. *JAMA*. 1994;271(17):1323-7. Doi: 10.1001/jama.1994.03510410035029.
10. Foster PJ, Jiang Y. Epidemiology of myopia. *Eye (Lond)*. 2014;28(2):202-8. Doi: 10.1038/eye.2013.280.
11. Morgan IG, French AN, Ashby RS, et al. The epidemics of myopia: etiology and prevention. *Prog. Retin. Eye Res*. 2018;62(1):134-49. Doi: 10.1016/j.preteyeres.2017.09.004.
12. Garner LF, Owens H, Kinnear RF, Frith MJ. Prevalence of myopia in Sherpa and Tibetan children in Nepal. *Optom. Vis. Sci*. 1999;76(5):282-5. Doi: 10.1097/00006324-199905000-00014.
13. Thorn F, Cruz AA, Machado AJ, Carvalho RA. Refractive status of indigenous people in the northwestern amazon region of Brazil. *Optom. Vis. Sci*. 2005;82(4):267-72. Doi: 10.1097/01.OPX.0000159371.25986.67.
14. Zhou S, Yang L, Lu B, et al. Association between parents' attitudes and behaviors toward children's visual care and myopia risk in school-aged children (meta-analysis). *Medicine*. 2017;96(52):e9270. Doi: 10.1097/MD.00000000000009270.
15. Huang HM, Chang DST, Wu PC. The Association between near work activities and myopia in children — a systematic review and meta-analysis. *PLoS One*. 2015;10(10):e0140419. Doi: 10.1371/journal.pone.0140419.
16. Holton V, Hinterlong JE, Tsai CY, et al. A nationwide study of myopia in Taiwanese school children: family, activity, and school-related factors. *J. Sch. Nurs*. 2019; 1059840519850619. Doi: 10.1177/1059840519850619.
17. Mutti DO, Mitchell GL, Moeschberger ML, et al. Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2002;43(12):3633-40.
18. Saxena R, Vashist P, Tandon R, et al. Prevalence of myopia and its risk factors in urban school children in Delhi: the North India Myopia Study (NIM Study). *PLoS One*. 2015;10(2):e0117349. Doi: 10.1371/journal.pone.0117349.
19. Gray C, Gibbons R, Larouche R, et al. What is the relationship between outdoor time and physical activity, sedentary behaviour, and physical fitness in children? A systematic review. *Int. J. Environ. Res. Public Health*. 2015;12(6):6455-74. Doi: 10.3390/ijerph120606455.
20. Rose KA, Morgan IG, Ip J, et al. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology*. 2008;115(8):1279-85. Doi: 10.1016/j.ophtha.2007.12.019.
21. Deng L, Pang Y. Effect of outdoor activities in myopia control: meta-analysis of clinical studies. *Optom. Vis. Sci*. 2019;96(4):276-82. Doi: 10.1097/OPX.0000000000001357.
22. Wu PC, Tsai CL, Wu HL, et al. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children. *Ophthalmology*. 2013;120(5):1080-85. Doi: 10.1016/j.ophtha.2012.11.009.
23. Rose KA, Morgan IG, Smith W, et al. Myopia, lifestyle, and schooling in students of Chinese ethnicity in Singapore and Sydney. *Arch. Ophthalmol*. 2008;126(4):527-30. Doi: 10.1001/archophth.126.4.527.
24. Mutti DO, Hayes JR, Mitchell GL, et al. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*. 2007;48(6):2510-19. Doi: 10.1167/iovs.06-0562.
25. Onufriychuk ON, Rozenblyum YuZ. Patterns of refractogenesis and criteria for the prediction of school myopia. *Vestnik oftalmologii*. 2007;123(6):22-4. (in Russian)
26. He X, Zou H, Lu L, et al. Axial length/corneal radius ratio: association with refractive state and role on myopia detection combined with visual acuity in Chinese schoolchildren. *PLoS One*. 2015;10(2):e011766. Doi: 10.1371/journal.pone.011766.
27. Zadnik K, Sinnott LT, Cotter SA, et al. Prediction of juvenile-onset myopia. *JAMA Ophthalmol*. 2015;133(6):683-9. Doi: 10.1001/jamaophthol.2015.0471.

28. Schmid GF. Association between retinal steepness and central myopic shift in children. *Opt. Vis. Sci.* 2011;88(6):684-90. Doi: 10.1097/OPX.0b013e3182152646.
29. Mutti DO, Mitchell GL, Hayes JR, et al. Accommodative lag before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2006;47:837-46. Doi: 10.1167/iops.05-0888.
30. Charman WN. Near vision, lags of accommodation and myopia. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 1999;19(2):126-33. Doi: 10.1046/j.1475-1313.1999.00414.x.
31. Goss DA, Jackson TW. Clinical findings before the onset of myopia in youth: 2. Zone of clear single binocular vision. *Optom. Vis. Sci.* 1996;73(4):263-8. Doi: 10.1097/00006324-199604000-00008.
32. Dashevskiy AI. Development of pseudomyopia and myopia and their prevention. *Vestnik oftal'mologii.* 1988;(3):132-6. (in Russian)
33. Sreenivasan V, Irving EL, Bobier WR. Effect of heterophoria type and myopia on accommodative and vergence responses during sustained near activity in children. *Vision Res.* 2012;57:9-17. Doi: 10.1016/j.visres.2012.01.011.
34. Mutti DO, Mitchell GL, Jones-Jordan LA, et al. The response AC/A ratio before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2017;58(3):1594-602. Doi: 10.1167/iops.16-19093.
35. Chetyz PP, Soboleva LK. The role of systemic lesions in the child's body in the development of myopia. *Uspekhi sovremen-nogo estestvoznaniya.* 2004;16(27):101. (in Russian)
36. Deng L, Pang Y. Effect of outdoor activities in myopia control: meta-analysis of clinical studies. *Optom. Vis. Sci.* 2019;96(4):276-82. Doi: 10.1097/OPX.0000000000001357.
37. Tarutta EP, Tarasova NA, Milash SV, et al. The influence of badminton on refraction, accommodation and hemodynamics of eyes with myopia. *Sovremennaya optometriya.* 2019;(1):22-9. (in Russian)
38. Ibatulin RA, Proskurina OV, Tarutta EP. Multi-fac-toral mechanisms of therapeutic effect of perifocal spec-tacles (Perifocal-M) on progressive myopia in chil-dren. *Oftal'mologiya.* 2018;15(4):433-8. (in Russian) Doi: 10.18008/1816-5095-2018-4-433-438.
39. Tarutta EP, Khodzhabekyan NV, Filinova OB, Kruzhkova GV. Influence of constant dosed weak myopic defocusing on post-natal refractogenesis. *Vestnik oftal'mologii.* 2008;124(6):21-4. (in Russian)
40. Khodzhabekyan NV, Tarutta EP, Filinova OB, Tarasova NA. Binocular functions, ratio of sensory and motor ocular domi-nance, objective accommodative response in patients with ac-quired, congenital and induced anisometropic myopia. *Rossiyskiy oftal'mologicheskii zhurnal.* 2012;5(1):80-2. (in Russian)
41. Tarutta EP, Khodzhabekyan NV. A Method for the Prevention and Treatment of Initial Myopia and Accommodation Spasm in Children. Patent RF № 2271781; 2006. (in Russian)
42. Proskurina OV, Tarasova NA, Tarutta EP. Accommodation disorders often precede the development and progression of myopia in children. *Sovremennaya optometriya.* 2018;(8):25-9. (in Russian)
43. Korniyushina TA, Ibatulin RA, Kovychev AS. Glasses «An-lauf» — prevention and treatment of functional visual disor-ders. *Opravy i linzy.* 2015;(1):34-8. (in Russian)
44. Lyalin AN, Korepanov AV, Chernykh NA, Chermak SB. Results of prevention and treatment of the acquired myopia using simulators «Zenica» at the school. *Vestnik Orenburgskogo gosudarstvennogo universiteta.* 2015;(12):126-9. (in Russian)
45. Vorontsova TN. Results of medication therapy of habitu-ally excessive tension of accommodation in children and higher-school students. *Rossiyskiy oftal'mologicheskii zhurnal.* 2016;9(2):18-21. (in Russian)
46. Zayani N, Vorontsova TN, Brzheskiy VV. Combined treatment of spasm of accommodation in children. *Oftal'mologicheskie vedomosti.* 2011;4(1):23-7. (in Russian)

Поступила 5.10.2019
Принята в печать 11.10.2019

Информация об авторах:

Тарутта Елена Петровна (Elena P. Tarutta, MD, PhD, Professor) — профессор, доктор медицинских наук, начальник отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмоэргономики. ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, 105062, Москва, E-mail: tar221@yandex.ru

Проскурина Ольга Владимировна (Olga V. Proskurina, MD, PhD) — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, E-mail: proskurina@mail.ru

Тарасова Наталья Алексеевна (Natalia A. Tarasova, MD, PhD) — кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела патологии рефракции бинокулярного зрения и офтальмоэргономики. ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, 105062, Москва, E-mail: tar221@yandex.ru.

Маркосян Гаянэ Айказовна (Gajane A. Markosian, MD, PhD) — доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики. ФГБУ «НМИЦ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, 105062, Москва