



## АНАЛИЗ ФАКТОРОВ РИСКА РАЗВИТИЯ БЛИЗОРУКОСТИ В ДОШКОЛЬНОМ И РАННЕМ ШКОЛЬНОМ ВОЗРАСТЕ

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

Национальный медицинский исследовательский центр глазных болезней им. Гельмгольца, Россия, 105062,  
г. Москва, ул. Садовая-Черногрозская, 14/19

*Обобщаются имеющиеся литературные данные об особо значимых факторах риска развития миопии в детском возрасте, статья поможет врачам-офтальмологам, педиатрам, семейным врачам, медицинским оптикам-оптометристам в формировании групп риска по миопии, динамическом наблюдении и осуществлении комплекса лечебно-профилактических мер по предупреждению ее развития. Наследственный фактор при близорукости представлен как наиболее значимый. Значение имеют также рефракция сильнее +0,75 диоптрий (дптр) в возрасте 6–10 лет, длина переднезадней оси глаза более 23,5 мм, псевдомиопия, значения запасов относительной аккомодации менее 1,0 дптр, соотношение длины глаза и радиуса роговицы (AL/CR) более 3, соотношение аккомодативной конвергенции и аккомодации (AK/A) более 4 пр.дптр/дптр, относительная периферическая гиперметропия и асимметрия внеосевой рефракции: рефракция носовой половины глаза выше височной. Особо отмечено влияние окружающей среды и урбанизации. Высокий уровень образования и социальный статус семьи повышают риск развития миопии. Выделены устранимые факторы риска: гиподинамия при высокой зрительной нагрузке, время пребывания на открытом воздухе менее 10 часов в неделю. К надежным мерам профилактики отнесены: контроль родителей за зрительной деятельностью ребенка, 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, компенсирующая периферическую гиперметропию, и/или индуцирующая миопический дефокус, местная медикаментозная терапия. Раннее обнаружение факторов риска и влияние на них прямо или косвенно позволяет предотвратить развитие близорукости или отсрочить ее старт на более поздний возраст, что уменьшает частоту миопии высокой степени, сокращает число осложненных форм близорукости и их тяжесть.*

**Ключевые слова:** миопия у детей, факторы риска, развитие миопии, профилактика миопии, предикторы миопии, рефракционные нарушения, периферическая рефракция.

Миопия как наиболее часто встречающийся вид несоразмерной рефракции чаще бывает приобретенной. Развитие миопии обычно связано с началом школьного обучения, но все чаще ее старт приходится на дошкольный возраст [1, 2]. Частота распространения миопии существенно различается в разных странах. Наиболее часто этот вид рефракции встречается в странах Юго-Восточной Азии, где, по данным некоторых источников, распространенность миопии превышает 90 % [3, 4]. В Европе миопия встречается реже, но все же частота ее в популяции превышает 35 % [5]. В некоторых регионах России 2,4 % детей уже близоруки при поступлении в пер-

вый класс. К пятому классу число близоруких детей увеличивается в 8 раз (!), достигая 19,7 %. К 11-му классу школы распространенность миопии приближается к европейским значениям – 36,8 % [2]. Появился термин «эпидемия миопии» [3, 4]. Программа Всемирной организации здравоохранения «Профилактика слепоты в мире к 2020 году» определяет близорукость как одно из пяти приоритетных заболеваний, при которых требуется активная профилактика устранимой слепоты.

Метаанализ, проведенный Brien Holden Vision Institute, охватывающий 2,1 млн участников, показал, что с 2000 по 2050 г. произойдет значительное

© Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Тарасова Н.А., Маркосян Г.А., 2019

**Тарутта Елена Петровна** – доктор медицинских наук, профессор, начальник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики (e-mail: kanc@igb.ru; тел.: 8 (495) 608-42-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8864-4518>).

**Проскурина Ольга Владимировна** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики (e-mail: [proskourina@mail.ru](mailto:proskourina@mail.ru); тел.: 8 (916) 169-11-14; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2496-2533>).

**Тарасова Наталья Алексеевна** – кандидат медицинских наук, старший научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики (e-mail: kanc@igb.ru; тел.: 8 (495) 608-42-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3164-4306>).

**Маркосян Гаяне Айказовна** – доктор медицинских наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики (e-mail: kanc@igb.ru; тел.: 8 (495) 608-42-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2841-6396>).

увеличение количества близоруких во всем мире. По прогнозам в 2050 г. число близоруких составит 4,8 млрд человек. Это значит, что 49,8 % населения мира будут близорукими. При этом почти 1 млрд человек будет иметь близорукость высокой степени [6]. Миопия повышает риск развития рано приобретенной катаракты в три раза, разрывов сетчатки в восемь раз, глаукомы в 18 раз [7]. При этом ранний возраст возникновения миопии – самый достоверный фактор формирования в последующем миопии высокой степени [1, 8].

Несмотря на то что современные методы контроля близорукости весьма эффективны в части противодействия миопизации, больше внимания следует уделять выявлению факторов риска возникновения близорукости среди детей дошкольного и младшего школьного возраста и профилактике ее развития, в особенности раннего.

В настоящей статье содержится обобщение имеющихся литературных данных о факторах риска развития миопии и их ранжирование, статья поможет врачам-офтальмологам, педиатрам, семейным врачам, медицинским оптикам-оптометристам в формировании групп риска по миопии, динамическом наблюдении и осуществлении комплекса лечебно-профилактических мер по предупреждению ее развития.

Определению рисков развития миопии в детском возрасте посвящено большое количество работ, особенно зарубежных. Тщательный анализ этих работ позволил выявить наиболее значимые и убедительные факторы риска развития миопии.

**Наследственность.** Возникновение близорукости у детей, родители и иные родственники которых не имеют близорукости, возможно. Шансы на развитие миопии у таких детей оцениваются как 0,28, шансы увеличиваются до 0,84, если оба родителя близоруки, и возрастают с каждым следующим поколением [9]. Очевидно, что 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. Именно наследственный фактор в значительной степени увеличивает вероятность развития миопии. Так, 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 1,5–2,0 раза [1, 8–10].

**Пол.** Убедительных данных о роли пола как фактора, увеличивающего риск развития миопии, не найдено.

**Этническая принадлежность.** Многочисленными исследованиями подтверждено, что среди лиц восточно-азиатского происхождения, в частности китайского, распространенность миопии существенно выше, чем среди европейцев (kaukasian) и иных этнических групп [1, 3–5, 11].

**Окружающая среда, образование, урбанизация.** Имеется множество убедительных доказательств существования тесной зависимости между генетическими факторами и влиянием окружающей среды [1, 3, 10]. Сравнение рефракции детей Sherpa, проживающих в сельской местности, и тибетских детей, проживающих в Катманду (столице Непала), имеющих общих предков, но при этом значительно контрастирующие образовательные и экологические условия, показало значительно меньшую распространенность миопии среди детей Sherpa (2,9 %) по сравнению с их городскими сверстниками (21,7 %) [12]. Можно утверждать, что высокая распространенность миопии является результатом адаптации к влиянию экологических изменений, росту образования, косвенно связанного с образованием социально-экономического статуса и урбанизации [1, 3, 13]. Последняя, в свою очередь, связана со многими факторами окружающей среды, прямо или косвенно влияющими на частоту распространения миопии. Исследования причин развития миопии у китайских детей показали, что в этом случае преобладают многофакторные и полигенные модели, где генетический вклад остается постоянным, а влияние окружающей среды все более усиливается в течение трех последних поколений [10]. В разных этнических группах, подвергшихся воздействию одинаковых условий окружающей среды, несмотря на значительные генетические различия, уровень близорукости оставался идентичным.

**Время, проведенное ребенком на открытом воздухе, продолжительность работы вблизи, гигиена зрения, семья.** Работы последних лет подтверждают результаты более ранних исследований, проведенных Э.С. Аветисовым [14]: достаточное пребывание детей на свежем воздухе уменьшает риск развития миопии. Баланс между временем нагрузки на зрительный аппарат вблизи и временем, активно проведенным на свежем воздухе, имеет решающее значение [3, 15]. Так, двенадцатилетние дети, проводящие на открытом воздухе менее 1,6 часа 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 часа в день и имеющие дополнительную внешкольную нагрузку менее 2 часов в день [16]. Простая мера – проведение перемен на свежем воздухе – более чем в два раза снижает риск развития близорукости у детей в возрасте 7–11 лет: 8,41 % – в группе детей, активно проводящих перемены на открытом воздухе; 17,65 % – в группе детей, в отношении которых не применялось каких-либо специальных программ [17]. Обобщенный показатель – увеличение времени пребывания на свежем воздухе – снижает риск развития миопии в два раза, а также способствует замедлению роста уже имеющейся миопии [18]. Значения от 7 до 14 часов в неделю занятий на открытом воздухе в светлое время суток описываются как

один из надежных факторов, способствующих профилактике развития миопии [19, 20].

Для детей в возрасте 7–9 лет, читающих более двух книг в неделю, риск развития миопии увеличивается в три раза по сравнению с теми, кто читает две книги в неделю или менее [21, 22]. У детей 12–13 лет 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 риск развития миопии в 1,5 раза [21]; работа на близком расстоянии более часа в день для детей до 6 лет увеличивает риск развития миопии в 1,26 раза [23]. Однако с учетом иных значимых факторов (таких, как, например, этническая принадлежность) уточняется, что определяющим фактором является интенсивность, а не продолжительность работы на близком расстоянии. Дети с миопией чаще имели родителей с миопией; тратили значительно больше времени на учебу, больше времени на чтение и меньше времени на занятия спортом; набирали более высокие баллы по чтению ITBS и общим языковым субтестам [24]; обучались в частных гимназиях; более двух часов в день смотрели телевизор или играли в компьютерные игры, видеоигры или игры на смартфоне; происходили из семей с более высоким социальным статусом, чем дети с эмметропией [19]. 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 ребенка может существенно снижать риск развития близорукости. Контроль за использованием электронных устройств снижал риск развития миопии более чем в два раза. Значимыми факторами также служили контроль за достаточным временем сна, позой ребенка во время выполнения домашних заданий, прогулками на свежем воздухе. При этом 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 [13].

**Осевая рефракция.** Данные обсервационного когортного исследования показывают, что циклоплегический сферэквивалент рефракции сильнее, чем гиперметропия в 0,75 диоптрии (дптр), у детей до 6 лет является самым высоко достоверным прогностическим признаком развития миопии в будущем с вероятностью 95 %. Для шестилетних детей прогностическим признаком развития миопии служит рефракция сильнее гиперметропии в 0,5 дптр, для детей в возрасте 7–8 лет – эмметропия [25]. По другим данным значения гиперметропии менее 0,75 дптр является актуальным фактором риска развития миопии вплоть до 11 лет [8, 11]. Данные рефрактометрии в условиях циклоплегии могут служить достаточным основанием для включения ребенка в группу риска развития миопии.

**Осевая длина глаза и сила преломления роговицы.** Осевая длина глаза более 23,5 мм связана с высоким риском развития миопии у детей эмметропов в возрасте 6 лет независимо от генетического фона [11]. У детей 10–14 лет фактором риска развития миопии может служить длина переднезадней оси более 24,33 мм [26]. Соотношение между осевой длиной глаза (мм) и радиусом кривизны роговицы (мм) (AL/CR) более 3 может служить более надежным фактором риска развития миопии у детей в возрасте 6–12 лет [27]. При таком расчете более информативна величина радиуса кривизны горизонтального меридиана.

**Внеосевые рефракция (периферическая рефракция) и длина глаза.** Исходная форма глаза может быть фактором риска развития близорукости. Относительная периферическая гиперметропическая рефракция 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 эмметропом [11, 25]. Исследование контура сетчатки путем определения разницы осевой и внеосевой длины глаза в 20°-ной 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 дальность зрения этой половины сетчатки – более слабую рефракцию в височной зоне по сравнению с носовой [28]. Различную степень вовлеченности в процесс развития миопии носовой и височной половин глаза поддерживают результаты измерений внеосевой рефракции при аккомодации. Внеосевая рефракция в 40°-ной зоне сетчатки близорукого глаза при аккомодационной задаче на расстоянии 25 см изменяется слабее, чем у эмметропов, на 1,1 дптр в носовой половине и на 1,7–2,0 дптр в височной. Предполагается, что риск развития миопии возрастает, если во время работы вблизи глаз не меняет кривизну сетчатки [29].

**Аккомодация.** Сниженный аккомодационный ответ может рассматриваться как самостоятельный предиктор миопии [30–32]. Особое внимание уделяется низкому наклону головы при работе на близком расстоянии [14, 21] и снижению запасов относительной аккомодации (ЗОА): у детей, ставших впоследствии миопами, значения ЗОА были ниже (1,46 дптр), чем у тех, кто остался эмметропом (2,04 дптр) [32].

**Псевдомиопия** – симптом, который рассматривается в качестве особого предиктора миопии в основном отечественными исследователями. Экспертный совет по аккомодации и рефракции (ЭСАР) дает следующую формулировку. Псевдомиопия – состояние, при котором манифестная рефракция эмметропическая, а циклоплегическая – эмметропи-

ческая или даже гиперметропическая. А.И. Дашевский (1988) полагал, что псевдомиопия всегда предшествует близорукости [33]. Наличие псевдомиопии увеличивает риск развития миопии в 3,03 раза, и у 77,8 % детей с псевдомиопией впоследствии развивается осевая миопия [26].

**Гетерофория и соотношение АК/А.** Гетерофория более 3 призмных диоптрий (пр. дптр), по видимому, является фактором риска возникновения близорукости у детей, при этом большее значение придается эзофории [32, 34]. Более информативно соотношение аккомодативной конвергенции к аккомодации (АК/А). Увеличение соотношения АК/А может выявляться за четыре года до развития миопии и составляет у детей с высоким риском развития миопии в среднем 7 пр.дптр/дптр. У детей, потенциальных эметропов, это соотношение достоверно меньше и сохраняется на уровне 4 пр.дптр/дптр, что, вероятно, связано с большим отставанием аккомодации у детей-кандидатов в миопы [34]. В более раннем исследовании выявлено, что у детей с величиной соотношения АК/А 5,84 пр.дптр/дптр и более риск развития миопии в течение года повышается в 22,5 раза, а в сочетании с осевой рефракцией +0,75 и сильнее – дополнительно еще в 3,21 раза [35]. Об увеличенных значениях АК/А как о факторе риска развития миопии в течение последующих 1–4 лет упоминается и в других исследованиях.

**Внутриглазное давление.** Убедительных данных о влиянии внутриглазного давления на развитие близорукости не найдено.

В качестве других факторов риска развития миопии в детском возрасте упоминаются также толщина и преломляющая сила хрусталика [25], величина и тип астигматизма [25, 26], знак сферической аберрации и другие факторы.

Предупреждение или отсрочка развития миопии могут снижать риски развития миопии высокой степени [1, 8]. Известно, что чем позже начало близорукости, тем меньше ее конечная величина [26, 36], а воздействие на миопический процесс с эффективностью 33 % снижает частоту близорукости высокой степени на 73 %, а 50 % эффективности приведет к 90%-ному уменьшению близорукости высокой степени [36].

Очевидно, что борьба с детской миопией должна начинаться с выявления и анализа факторов риска ее развития в дошкольном возрасте и в начальной школе. Некоторые факторы риска развития миопии, такие как наследственность и длина переднезадней оси, не могут быть изменены. Другие, такие как недостаточное время, проведенное на открытом воздухе, значительная длительность и интенсивность зрительной нагрузки вблизи, могут корректироваться. Увеличение времени пребывания

детей на свежем воздухе до 10–14 часов в неделю и более, занятия физкультурой, сокращение внешкольной нагрузки до двух часов в день и менее – весьма эффективная мера профилактики близорукости, особо актуальная для детей с отягощенным семейным анамнезом [16, 17, 19, 20]. 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 два раза [13].

На центральную и периферическую рефракцию, аккомодацию, конвергенцию и их взаимодействие и некоторые другие факторы можно оказывать влияние с помощью перифокальной оптической коррекции, исправляющей относительную периферическую дальность [37], коррекции, компенсирующей недостаточную аккомодацию и индуцирующей в глазу миопический дефокус [38], использования тренировок аккомодации, в том числе предназначенных для этой цели очковых-тренажеров в домашних условиях [39], применения местной медикаментозной терапии:  $\alpha$ -адреномиметиков, М-холиноблокаторов и их комбинаций [40].

**Выводы.** Частота распространения близорукости в популяции нарастает с каждым последующим поколением. Общая тенденция к увеличению числа близоруких людей, в том числе лиц с близорукостью высокой степени, отмечается во всем мире.

К наиболее значимым факторам следует отнести отягощенную наследственность (особенно, если оба родителя близоруки или один из них имеет близорукость высокой степени), псевдомиопию, рефракцию сильнее гиперметропии в 0,75 дптр, увеличение переднезадней оси, высокие значения АК/А. Велико влияние окружающей среды, образования, урбанизации. Имеется множество убедительных доказательств существования тесной зависимости между генетическими факторами и влиянием окружающей среды. Особое значение имеют поведенческие факторы: время активного пребывания на открытом воздухе, длительность и интенсивность зрительной нагрузки вблизи.

Раннее обнаружение факторов риска и влияние на них прямо или косвенно позволяет предотвратить развитие близорукости или отсрочить ее старт на более поздний возраст, что приводит к уменьшению частоты миопии высокой степени, сокращает число осложненных форм близорукости и их тяжесть.

**Финансирование.** Исследование не имело спонсорской поддержки.

**Конфликт интересов.** Авторы данной статьи сообщают об отсутствии конфликта интересов.

### Список литературы

1. Wojciechowski R. Nature and nurture: the complex genetics of myopia and refractive error // Clin. Genet. – 2011. – Vol. 79, № 4. – P. 301–320. DOI: 10.1111/j.1399-0004.2010.01592.x

2. Распространенность миопии у школьников некоторых регионов России / О.В. Проскурина, Е.Ю. Маркова, В.В. Бржеский, Е.Л. Ефимова, М.Н. Ефимова, Н.В. Хватова, Н.Н. Слышалова, А.В. Егорова // *Офтальмология*. – 2018. – Т. 15, № 3. – С. 348–353. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-3-348-353
3. Foster P.J., Jiang Y. Epidemiology of myopia // *Eye (Lond)*. – 2014. – Vol. 28, № 2. – P. 202–208. DOI: 10.1038/eye.2013.280
4. The epidemics of myopia: Aetiology and prevention / I.G. Morgan, A.N. French, R.S. Ashby, X. Guo, X. Ding, M. He, K.A. Rose // *Prog. Retin. Eye Res.* – 2018. – Vol. 62, № 1. – P. 134–149. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2017.09.004
5. Prevalence of refractive errors in the European adult population: the Gutenberg Health Study (GHS) / C. Wolfram, R. Höhn, U. Kottler, P. Wild, M. Blettner, J. Bühren, N. Pfeiffer, A. Mirshahi // *Br. J. Ophthalmol.* – 2014. – Vol. 98, № 7. – P. 857–861. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2013-304228
6. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050 / B.A. Holden, T.R. Fricke, D.A. Wilson, M. Jong, K.S. Naidoo, P. Sankaridurg, T.Y. Wong, T.J. Naduvilath, S. Resnikoff // *Ophthalmology*. – 2016. – Vol. 123, № 5. – P. 1036–1042. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
7. Tano Y. Pathologic myopia: where are we now? // *Am. J. Ophthalmol.* – 2002. – Vol. 134, № 5. – P. 645–660. DOI: 10.1016/S0002-9394(02)01883-4
8. Early childhood refractive error and parental history of myopia as predictors of myopia / L.A. Jones-Jordan, L.T. Sinnott, R.E. Manny, S.A. Cotter, R.N. Kleinstein, D.O. Mutti, J.D. Twelker, K. Zadnik [et al.] // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2010. – Vol. 51, № 1. – P. 115–121. DOI: 10.1167/iovs.08-3210
9. Wu M.M., Edwards M.H. The effect of having myopic parents: an analysis of myopia in three generations // *Optom. Vis. Sci.* – 1999. – Vol. 76, № 6. – P. 387–392.
10. The effect of parental history of myopia on children's eye size / K. Zadnik, W.A. Satariano, D.O. Mutti, R.I. Sholtz, A.J. Adams // *JAMA*. – 1994. – Vol. 271, № 17. – P. 1323–1327.
11. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia / D.O. Mutti, J.R. Hayes, G.L. Mitchell, L.A. Jones, M.L. Moeschberger, S.A. Cotter, R.N. Kleinstein, R.E. Manny [et al.] // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2007. – Vol. 48, № 6. – P. 2510–2519. DOI: 10.1167/iovs.06-0562
12. Prevalence of myopia in Sherpa and Tibetan children in Nepal / L.F. Garner, H. Owens, R.F. Kinnear, M.J. Frith // *Optom. Vis. Sci.* – 1999. – Vol. 76, № 5. – P. 282–285.
13. Association between parents' attitudes and behaviors toward children's visual care and myopia risk in school-aged children (meta-analysis) / S. Zhou, L. Yang, B. Lu, H. Wang, T. Xu, D. Du, S. Wu, X. Li, M. Lu // *Medicine*. – 2017. – Vol. 96, № 52. – P. e9270. DOI: 10.1097/MD.00000000000009270
14. Аветисов Э.С. Близорукость: монография. – М.: Медицина, 1999. – 186 с.
15. What is the relationship between outdoor time and physical activity, sedentary behaviour, and physical fitness in children? A systematic review / C. Gray, R. Gibbons, R. Larouche, E.B. Sandseter, A. Bienenstock, M. Brussoni, G. Chabot, S. Herrington [et al.] // *Int. J. Environ Res. Public Health*. – 2015. – Vol. 12, № 6. – P. 6455–6474. DOI: 10.3390/ijerph120606455
16. Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children / K.A. Rose, I.G. Morgan, J. Ip, A. Kifley, S. Huynh, W. Smith, P. Mitchell // *Ophthalmology*. – 2008. – Vol. 115, № 8. – P. 1279–1285. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.12.019
17. Outdoor activity during class recess reduces myopia onset and progression in school children / P.C. Wu, C.L. Tsai, H.L. Wu, Y.H. Yang, H.K. Kuo // *Ophthalmology*. – 2013. – Vol. 120, № 5. – P. 1080–1085. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.11.009
18. Deng L., Pang Y. Effect of outdoor activities in myopia control: meta-analysis of clinical studies // *Optom. Vis. Sci.* – 2019. – Vol. 96, № 4. – P. 276–282. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001357
19. Prevalence of myopia and its risk factors in urban school children in Delhi: the North India Myopia Study (NIM Study) / R. Saxena, P. Vashist, R. Tandon, R.M. Pandey, A. Bhardawaj, V. Menon, K. Mani // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10, № 2. – P. e0117349. DOI: 10.1371/journal.pone.0117349
20. Myopia, lifestyle, and schooling in students of Chinese ethnicity in Singapore and Sydney / K.A. Rose, I.G. Morgan, W. Smith, G. Burlutsky, P. Mitchell, S.M. Saw // *Arch. Ophthalmol.* – 2008. – Vol. 126, № 4. – P. 527–530. DOI: 10.1001/archophth.126.4.527
21. 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. – Vol. 10, № 10. – P. e0140419. DOI: 10.1371/journal.pone.0140419
22. Nearwork in early-onset myopia / S.M. Saw, W.H. Chua, C.Y. Hong, H.M. Wu, W.Y. Chan, K.S. Chia, R.A. Stone, D. Tan // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2002. – Vol. 43, № 2. – P. 332–339.
23. A nationwide study of myopia in taiwanese school children: family, activity, and school-related factors / V. Holton, J.E. Hinterlong, C.Y. Tsai, J.C. Tsai, J.S. Wu, Y.M. Liou // *J. Sch. Nurs.* – 2019. – Vol. 13. – P. 1059840519850619. DOI: 10.1177/1059840519850619
24. Parental myopia, near work, school achievement, and children's refractive error / D.O. Mutti, G.L. Mitchell, M.L. Moeschberger, L.A. Jones, K. Zadnik // *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* – 2002. – Vol. 43, № 12. – P. 3633–3640.
25. Prediction of juvenile-onset myopia / K. Zadnik, L.T. Sinnott, S.A. Cotter, L.A. Jones-Jordan, R.N. Kleinstein, R.E. Manny, J.D. Twelker, D.O. Mutti [et al.] // *JAMA Ophthalmol.* – 2015. – Vol. 133, № 6. – P. 683–689. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2015.0471
26. Онуфрийчук О.Н., Розенблюм Ю.З. Закономерности рефрактогенеза и критерии прогнозирования школьной миопии // *Вестник офтальмологии*. – 2007. – № 6. – С. 22–24.
27. Axial length/corneal radius ratio: association with refractive state and role on myopia detection combined with visual acuity in Chinese schoolchildren / X. He, H. Zou, L. Lu, R. Zhao, H. Zhao, Q. Li, J. Zhu // *PLoS One*. – 2015. – Vol. 10, № 2. – P. e0111766. DOI: 10.1371/journal.pone.0111766
28. Schmid G.F. Association between retinal steepness and central myopic shift in children // *Opt. Vis. Sci.* – 2011. – Vol. 88, № 6. – P. 684–690. DOI: 10.1097/OPX.0b013e3182152646
29. Lundström L., Mira-Agudelo A., Artal P. Peripheral optical errors and their change with accommodation differ between emmetropic and myopic eyes // *Journal of vision*. – 2009. – Vol. 9, № 6. – P. 1–11. DOI: 10.1167/9.6.17

30. Accommodative lag before and after the onset of myopia / D.O. Mutti, G.L. Mitchell, J.R. Hayes, L.A. Jones, M.L. Moeschberger, S.A. Cotter, R.N. Kleinstein, R.E. Manny [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2006. – Vol. 47. – P. 837–846. DOI: 10.1167/iov.05-0888
31. Charman W.N. Near vision, lags of accommodation and myopia // Ophthalmic Physiol. Opt. – 1999. – Vol. 19, № 2. – P. 126–133.
32. 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. – Vol. 73, № 4. – P. 263–268.
33. Дашевский А.И. Развитие псевдомиопии и миопии и их профилактика // Вестник офтальмологии. – 1988. – № 3. – С. 132–136.
34. 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 Research. – 2012. – Vol. 57. – P. 9–17. DOI: 10.1016/j.visres.2012.01.011
35. The response AC/A ratio before and after the onset of myopia / D.O. Mutti, G.L. Mitchell, L.A. Jones-Jordan, S.A. Cotter, R.N. Kleinstein, R.E. Manny, J.D. Twelker, K. Zadnik [et al.] // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. – 2017. – Vol. 58, № 3. – P. 1594–1602. DOI: 10.1167/iov.16-19093
36. Brennan N.A. Predicted reduction in high myopia for various degrees of myopia control // Cont. Lens. Anterior. Eye. – 2012. – Vol. 35, № 1. – P. 14–15. DOI: 10.1016/j.clae.2012.08.046
37. Ибатуллин Р.А. Проскурина О.В., Тарутта Е.П. Многофакторные механизмы терапевтического воздействия перифокальных очков (Perifocal-M) на прогрессирование миопии у детей // Офтальмология. – 2018. – Т. 15, № 4. – С. 433–438. DOI: 10.18008/1816-5095-2018-4-433-438
38. Филинова О.Б. Динамика рефракции и мышечного баланса у детей на фоне постоянной слабомииопической дефокусировки в бинокулярном и монокулярном альтернирующем формате // Российская педиатрическая офтальмология. – 2009. – № 1. – С. 31–33.
39. 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. – Т. 118, № 8. – С. 25–29.
40. Воронцова Т.Н. Результаты медикаментозной терапии привычно-избыточного напряжения аккомодации у детей и студентов // Российский офтальмологический журнал. – 2016. – Т. 9, № 2. – С. 18–21. DOI: 10.21516/2072-0076-2016-9-2-18-21

*Анализ факторов риска развития близорукости в дошкольном и раннем школьном возрасте / Е.П. Тарутта, О.В. Проскурина, Н.А. Тарасова, Г.А. Маркосян // Анализ риска здоровью. – 2019. – № 3. – С. 26–33. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.03*

UDC 617.753.2

DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.03.eng



## ANALYSIS OF RISK FACTORS THAT CAUSE MYOPIA IN PRE-SCHOOL CHILDREN AND PRIMARY SCHOOL STUDENTS

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

Helmholtz's National Medical Research Center of Eye Diseases, 14/19 Sadovaya-Chernogryazskaya Str., Moscow, 105062, Russian Federation

*The article summarizes literature data on significant risk factors that cause myopia in children; it also dwells on an algorithm that can be applied by ophthalmologists, pediatricians, family doctors, and medical optometrists to determine risk groups as per myopia, to accomplish dynamic observation, and to implement medical and prophylaxis activities aimed at its prevention. A hereditary factor in myopia development is considered to be the most significant one. There are also several other significant factors such as refraction being greater than +0.75 diopter at an age 6-10; an anterior-posterior axis of the eye being longer than 23.5 mm; pseudo-myopia; relative accommodation resources being lower than 1.0 diopter; axial length over cornea radius ratio (AL/CR) being higher than 3; accommodative convergence over accommodation ratio (AC/A) being higher than 4 pr.diopter / diopter; relative peripheral hypermetropia and off-axis refraction asymmetry when the nasal side of the eye is higher than the temporal one. We paid special attention to influences exerted by the environment and urbanization. High educational and social status of a family results in elevated risks of myopia. We also spotted out several risk factors that could be eliminated; they were hypodynamia under great visual loads and a period of time spent outdoors being shorter than 10 hours a week. Reliable preventive measures include parents' control over visual activities of a child; imposing limits on visual loads; outdoor activities for not less than 10-14 hours a week; physical exercises and doing some sports; home training to improve accommodation; correction aimed at compensating peripheral hypermetropia and*

/or inducing myopic defocus; local medical treatment. Early detection of risk factors and direct or indirect influence on them allow preventing myopia or postponing its development for an older age; it results in lower frequency of significant myopia and reduces a number of complicated and severe myopia cases.

**Key words:** myopia in children, risk factors, myopia development, myopia prevention, myopia predictors, refraction disorders, peripheral refraction.

## References

1. Wojciechowski R. Nature and nurture: the complex genetics of myopia and refractive error. *Clin. Genet*, 2011, vol. 79, no. 4, pp. 301–320. DOI: 10.1111/j.1399-0004.2010.01592.x
2. Proskurina O.V., Markova E.Y., Brzheskij V.V., Efimova E.L., Efimova M.N., Chvatova N.N., Slychalova N.N., Egorova A.V. Prevalence of Myopia in Schoolchildren in Some Regions of Russia. *The Ophthalmology in Russia*, 2018, vol. 15, no. 3, pp. 348–353 (in Russian). DOI: 10.18008/1816-5095-2018-3-348-353
3. Foster P.J., Jiang Y. Epidemiology of myopia. *Eye (Lond)*, 2014, vol. 28, no. 2, pp. 202–208. DOI: 10.1038/eye.2013.280
4. Morgan I.G., French A.N., Ashby R.S., Guo X., Ding X., He M., Rose K.A. The epidemics of myopia: Aetiology and prevention. *Prog. Retin. Eye Res*, 2018, vol. 62, no. 1, pp. 134–149. DOI: 10.1016/j.preteyeres.2017.09.004
5. Wolfram C., Höhn R., Kottler U., Wild P., Blettner M., Bühren J., Pfeiffer N., Mirshahi A. Prevalence of refractive errors in the European adult population: the Gutenberg Health Study (GHS). *Br. J. Ophthalmol*, 2014, vol. 98, no. 7, pp. 857–861. DOI: 10.1136/bjophthalmol-2013-304228
6. Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A., Jong M., Naidoo K.S., Sankaridurg P., Wong T.Y., Naduvilath T.J., Resnikoff S. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. *Ophthalmology*, 2016, vol. 123, no. 5, pp. 1036–1042. DOI: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
7. Tano Y. Pathologic myopia: where are we now? *Am. J. Ophthalmol*, 2002, vol. 134, no. 5, pp. 645–660. DOI: 10.1016/S0002-9394(02)01883-4
8. Jones-Jordan L.A., Sinnott L.T., Manny R.E., Cotter S.A., Kleinstein R.N., Mutti D.O., Twelker J.D., Zadnik K. [et al.]. Early childhood refractive error and parental history of myopia as predictors of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*, 2010, vol. 51, no. 1, pp. 115–121. DOI: 10.1167/iovs.08-3210
9. Wu M.M., Edwards M.H. The effect of having myopic parents: an analysis of myopia in three generations. *Optom. Vis. Sci*, 1999, vol. 76, no. 6, pp. 387–392.
10. 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, vol. 271, no. 17, pp. 1323–1327.
11. Mutti D.O., Hayes J.R., Mitchell G.L., Jones L.A., Moeschberger M.L., Cotter S.A., Kleinstein R.N., Manny R.E., Twelker J.D., Zadnik K. [et al.]. Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*, 2007, vol. 48, no. 6, pp. 2510–2519. DOI: 10.1167/iovs.06-0562
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, vol. 76, no. 5, pp. 282–285.
13. Zhou S., Yang L., Lu B., Wang H., Xu T., Du D., Wu S., Li X., Lu M. Association between parents' attitudes and behaviors toward children's visual care and myopia risk in school-aged children (meta-analysis). *Medicine*, 2017, vol. 96, no. 52, pp. e9270. DOI: 10.1097/MD.00000000000009270
14. Avetisov E.S. Blizorukost': monografiya [Myopia: a monograph]. Moscow, Meditsina Publ., 1999, 186 p. (in Russian).
15. Gray C., Gibbons R., Larouche R., Sandseter E.B., Bienenstock A., Brussoni M., Chabot G., Herrington S. [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, vol. 12, no. 6, pp. 6455–6474. DOI: 10.3390/ijerph120606455
16. 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, vol. 115, no. 8, pp. 1279–1285. DOI: 10.1016/j.ophtha.2007.12.019
17. 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, vol. 120, no. 5, pp. 1080–1085. DOI: 10.1016/j.ophtha.2012.11.009
18. Deng L., Pang Y. Effect of outdoor activities in myopia control: meta-analysis of clinical studies. *Optom. Vis. Sci*, 2019, vol. 96, no. 4, pp. 276–282. DOI: 10.1097/OPX.0000000000001357

© Tarutta E.P., Proskurina O.V., Tarasova N.A., Markosyan G.A., 2019

**Elena P. Tarutta** – Doctor of Medical Sciences, Professor, Head of the Department for Refraction Pathologies, Binocular Eyesight, and Ophthalmologic Ergonomics (e-mail: kanc@igb.ru; tel.: +7 (495) 608-42-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8864-4518>).

**Ol'ga V. Proskurina** – Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher at the Department for Refraction Pathologies, Binocular Eyesight, and Ophthalmologic Ergonomics (e-mail: proskourina@mail.ru; tel.: +7 (916) 169-11-14; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2496-2533>).

**Natalya A. Tarasova** – Candidate of Medical Sciences, Senior Researcher at the Department for Refraction Pathologies, Binocular Eyesight, and Ophthalmologic Ergonomics (e-mail: kanc@igb.ru; tel.: +7 (495) 608-42-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3164-4306>).

**Gayane A. Markosyan** – Doctor of Medical Sciences, Leading Researcher at the Department for Refraction Pathologies, Binocular Eyesight, and Ophthalmologic Ergonomics (e-mail: kanc@igb.ru; tel.: +7 (495) 608-42-00; ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2841-6396>).

19. Saxena R., Vashist\_P., Tandon\_R., Pandey R.M., Bhardawaj 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, vol.10, no. 2, pp. e0117349. DOI: 10.1371/journal.pone.0117349
20. 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, vol. 126, no. 4, pp. 527–530. DOI: 10.1001/archophth.126.4.527
21. 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, vol. 10, no. 10, pp. e0140419. DOI: 10.1371/journal.pone.0140419
22. Saw S.M., Chua W.H., Hong C.Y., Wu H.M., Chan W.Y., Chia K.S., Stone R.A., Tan D. Nearwork in early-onset myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*, 2002, vol. 43, no. 2, pp.332–339.
23. 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, vol. 13, p. 1059840519850619. DOI: 10.1177/1059840519850619
24. 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, vol. 43, no. 12, pp. 3633–3640.
25. Zadnik K., Sinnott L.T., Cotter S.A., Jones-Jordan L.A., Kleinstein R.N., Manny R.E., Twelker J.D., Mutti D.O. [et al.]. Prediction of juvenile-onset myopia. *JAMA Ophthalmol*, 2015, vol. 133, no. 6, pp. 683–689. DOI: 10.1001/jamaophthalmol.2015.0471
26. Onufriychuk O.N., Rozenblum Yu.Z. Regularities of the refractive genesis of school myopathy and criteria for its prediction. *Vestnik oftal'mologii*, 2007, no. 6, pp. 22–24.
27. 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, vol. 10, no. 2, pp. e0111766. DOI: 10.1371/journal.pone.0111766
28. Schmid G.F. Association between retinal steepness and central myopic shift in children. *Opt. Vis. Sci*, 2011, vol. 88, no. 6, pp. 684–690. DOI: 10.1097/OPX.0b013e3182152646
29. Lundström L., Mira-Agudelo A., Artal P. Peripheral optical errors and their change with accommodation differ between emmetropic and myopic eyes. *Journal of vision*, 2009, vol. 9, no. 6, pp. 1–11. DOI: 10.1167/9.6.17
30. Mutti D.O., Mitchell G.L., Hayes J.R., Jones L.A., Moeschberger M.L., Cotter S.A., Kleinstein R.N., Manny R.E. [et al.]. Accommodative lag before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol Vis Sci*, 2006, vol. 47, pp. 837–846. DOI: 10.1167/iovs.05-0888
31. Charman W.N. Near vision, lags of accommodation and myopia. *Ophthalmic Physiol. Opt.*, 1999, vol. 19, no. 2, pp. 126–133.
32. 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, vol. 73, no. 4, pp. 263–268.
33. Dashevskii A.I. Razvitie psevdomiopii i miopii i ikh profilaktika [Myopia and pseudo-myopia: development and prevention]. *Vestnik oftal'mologii*, 1988, no. 3, pp. 132–136 (in Russian).
34. 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 Research*, 2012, vol. 57, pp. 9–17. DOI: 10.1016/j.visres.2012.01.011
35. Mutti D.O., Mitchell G.L., Jones-Jordan L.A., Cotter S.A., Kleinstein R.N., Manny R.E., Twelker J.D., Zadnik K. [et al.]. The response AC/A ratio before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci*, 2017, vol. 58, no. 3, pp. 1594–1602. DOI: 10.1167/iovs.16-19093
36. Brennan N.A. Predicted reduction in high myopia for various degrees of myopia control. *Cont. Lens Anterior Eye*, 2012, vol. 35, no. 1, pp. 14–15. DOI: 10.1016/j.clae.2012.08.046
37. Ibatulin R.A., Proskurina O.V., Tarutta E.P. Multi-Factoral Mechanisms of Therapeutic Effect of Perifocal Spectacles (Perifocal-M) on Progressive Myopia in Children. *Oftal'mologiya*, 2018, vol. 15, no. 44, pp. 433–438 (in Russian). DOI: 10.18008/1816-5095-2018-4-433-438
38. Filinova O.B. Dynamics of refraction and muscular balance in children on the background of permanent mild-myopic defocusing in binocular and monocular alternating format. *Rossiiskaya pediatricheskaya oftal'mologiya*, 2009, no. 1, pp. 31–33 (in Russian).
39. Proskurina O.V., Tarasova N.A., Tarutta E.P., Proskurina O.V., Tarasova N.A., Tarutta E.P. Accommodation disorders often precede the development and progression of myopia in children. *Modern optometry*, 2018, vol. 118, no. 8, pp. 25–29 (in Russian).
40. Vorontsova T.N. Results of medication therapy of habitually excessive tension of accommodation in children and higher-school students. *Rossiiskii Oftal'mologicheskii Zhurnal*, 2016, vol. 9, no. 2, pp. 18–21 (in Russian). DOI: 10.21516/2072-0076-2016-9-2-18-21

Tarutta E.P., Proskurina O.V., Tarasova N.A., Markosyan G.A. Analysis of risk factors that cause myopia in pre-school children and primary school students. *Health Risk Analysis*, 2019, no. 3, pp. 26–33. DOI: 10.21668/health.risk/2019.3.03.eng

Получена: 12.07.2019

Принята: 08.08.2019

Опубликована: 30.09.2019