

Предикторы миопии как отправная точка для начала активных мер по предупреждению ее развития

Е.П. Тарутта — д-р мед. наук, профессор, начальник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики¹

О.В. Проскурина — д-р мед. наук, ведущий научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики¹

Н.А. Тарасова — канд. мед. наук, старший научный сотрудник отдела патологии рефракции, бинокулярного зрения и офтальмоэргономики¹

Р.А. Ибатулин — канд. мед. наук, главный врач²

А.С. Ковычев — заместитель директора²

¹ ФГБУ «Московский НИИ глазных болезней им. Гельмгольца» Минздрава России, 105062, Москва, ул. Садовая-Черногрязская, д. 14/19

² ООО «Арт-Оптика», 117461, Москва, ул. Каховка, д. 33, корп. 1

*В обзоре подробно анализируются научные данные о предикторах миопии. В качестве наиболее надежных предикторов указываются: циклоплегический сферэквивалент осевой рефракции менее $+0,75 D$ у детей до 6 лет, осевая длина более 23,5 мм при рефракции глаза $\leq +1,0 D$, близорукость у родителей, соотношение длины глаза и радиуса роговицы (AL/CR) менее 3, соотношение аккомодативной конвергенции и аккомодации (AK/A) более $4 \Delta/D$, псевдомиопия, гетерофории более 4Δ , сила внеосевой рефракции носовой половины глаза в $20-30^\circ$ выше височной на обоих глазах более чем на $0,5 D$, гиподинамия при высокой зрительной нагрузке. Представлены меры профилактики развития миопии: соблюдение режима зрительной нагрузки — эргономичных стереотипов выполнения зрительной работы вблизи, создание бинокулярного центрального и периферического миопического дефокуса — назначение плюсовых очков или очков с оптическими линзами *Perifocal* с центральной рефракцией $+0,25 D$ для постоянного ношения, домашние упражнения для тренировки аккомодации, занятия физкультурой и спортом, пребывание на открытом воздухе не менее 90 мин в день в светлое время суток.*

Ключевые слова: миопия, профилактика миопии, предикторы миопии, миопический дефокус.

Для цитирования: Тарутта Е.П., Проскурина О.В., Тарасова Н.А., Ибатулин Р.А., Ковычев А.С. Предикторы миопии как отправная точка для начала активных мер по предупреждению ее развития. Российский офтальмологический журнал. 2018; 11 (3): 107-12. doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-3-107-112

Всемирная организация здравоохранения в программе «Профилактика слепоты в мире к 2020 году» определила близорукость как одну из пяти наиболее приоритетных нозологий, требующих активной профилактики [1].

Систематический обзор и мета-анализ с использованием данных 145 исследований, охватывающих 2,1 млн участников, показал, что к 2050 г. в мире

произойдет значительное увеличение количества близоруких и почти 1 млрд человек будут иметь высокую близорукость [2].

Современные методы воздействия на прогрессирующую миопию, несомненно, повысили эффективность ее контроля, но на сегодняшний день для противодействия миопизации населения следует сделать акцент на профилактике возникновения миопии [3–5].

Знаменитый исследователь миопии, профессор Университета штата Огайо Дональд О. Мутти 15 декабря 2017 г. в своей лекции заявил, что каждый год отсрочки возникновения миопии является 100 % результатом в контроле близорукости.

В отечественной системе борьбы с миопией традиционно уделяется большое внимание мерам ее профилактики [6–8]. Формирование групп риска на основе высоко достоверных предикторов миопии и активные лечебно-профилактические меры способствуют сдерживанию распространения миопии и снижают риски ее развития до высоких степеней.

На сегодняшний день накоплен большой научный материал, свидетельствующий о наличии высоко достоверных предикторов миопии, которые должны активно использоваться в офтальмологической практике.

Из многочисленных работ, в которых изучались особенности изменения осевой рефракции у детей перед началом развития миопии, наиболее заметным является обсервационное когортное исследование, проходившее с 1989 по 2010 г. на 5 клинических объектах, в котором участвовало 4512 детей в базовом возрасте от 6 до 12 лет [4]. В этом исследовании оценивалась степень достоверности 13 вероятных предикторов миопии, включающих: сферэквивалент исходной осевой рефракции, наследственность (1 или 2 близоруких родителя), продолжительность зрительной деятельности ребенка вблизи, время, проведенное ребенком на открытом воздухе, осевая длина глаза, толщина хрусталика, сила преломления роговицы, преломление хрусталика, соотношение аккомодативной конвергенции и аккомодации (АК/А), значение внеосевой (периферической) рефракции; аккомодационный ответ и величина астигматизма по меридианам (горизонтальному/вертикальному или косым).

Исследование показало, что 414 детей стали близорукими в возрасте от 7 до 13 лет. Согласно статистическому анализу данных, полученных в этом исследовании, 8 из 13 вероятных предвестников миопии действительно могут расцениваться как факторы повышенного риска развития миопии у детей.

В литературе есть многочисленные данные о значении фории, псевдомиопии, запаса относительной аккомодации, знака сферической аберрации, влияния окружающей среды, образования и урбанизации как факторов риска развития миопии в детском возрасте [3, 9–14].

Рассмотрим известные факторы риска развития миопии, которые многие исследователи считают наиболее важными.

Сферэквивалент исходной осевой рефракции. Анализ данных упомянутого выше исследования [4] показал, что циклоплегический сферэквивалент осевой рефракции менее +0,75 D у детей 6 лет является самым высоко достоверным прогностическим признаком развития миопии в будущем с вероятностью

95 %. Авторы полагают, что достаточным основанием для включения ребенка в группу риска развития миопии могут служить данные рефрактометрии. Этот предиктор является актуальным для детей 6–11 лет, что согласуется с результатами более ранних исследований [15].

Наследственность. Несомненно, наиболее «популярным» предвестником миопии является наличие близорукости у родителей. Наследственный фактор значительно увеличивает вероятность развития миопии у детей, причем с более высокой степенью риска и более ранним началом процесса в случаях, когда оба родителя близоруки, в отличие от семей, где близорук только один из них [16]. Если один родитель близорук, то риск развития миопии у ребенка увеличивается в 2–3 раза, а если оба родителя близоруки, то вероятность миопизации ребенка удваивается [17]. Шансы на развитие миопии оцениваются как 0,28 без близоруких родителей, а при наличии обоих близоруких родителей увеличиваются до 0,84. Высокий риск развития миопии, если хотя бы один родитель имеет близорукость высокой степени [9].

Влияние окружающей среды, образования, урбанизации. Имеются убедительные доказательства существования тесной взаимосвязи между генетикой и окружающей средой, и высокая распространенность миопии является результатом адаптации к влиянию экологических изменений, связанных с ростом образования и урбанизации [6, 9–11, 18].

В результате изучения причин развития миопии у китайских детей отмечено превалирование многофакторных и полигенных моделей, где генетический вклад остается постоянным, а влияние окружающей среды существенно увеличилось за последние три поколения [3]. Этот вывод подтверждает исследование, в котором несколько этнических групп, подвергшихся воздействию одних и тех же условий окружающей среды, оказались с тем же уровнем близорукости, несмотря на значительные генетические различия [19]. По мнению авторов, любая эффективная стратегия борьбы с миопией должна больше принимать во внимание экологические аспекты, чем генетические.

Время работы вблизи и время, проведенное ребенком на открытом воздухе. Многочисленные исследования последнего времени подтверждают более ранние исследования, проведенные в нашей стране [6, 18]: дети, которые проводят больше времени на открытом воздухе, имеют гораздо меньшую вероятность развития миопии. Так, у детей в возрасте 12 лет с непродолжительным пребыванием на улице (до 1,6 ч в день) и внешкольной учебной нагрузкой более 3 ч в день шансы стать близорукими в 2–3 раза выше, чем у их сверстников с длительным пребыванием на открытом воздухе (более 2,8 ч в день) и внешкольной учебной до 2 ч в день. Автор полагает, что, поощряя детей к чтению, важно сбалансировать зрительную нагрузку, сократив другие виды досуга, связанные с работой вблизи, и обеспечить ребенку

больше времени на открытом воздухе. Отмечено, что среднее активное дневное пребывание на открытом воздухе в течение 90 мин существенно снижает риск близорукости у подростков [20], а у эметропичных детей двух близоруких родителей, проводящих более 14 ч в неделю на открытом воздухе, на 20 % снижается вероятность развития миопии [21].

Осевая длина глаза и сила преломления роговицы. Аксиальная длина глаза рассматривается как очевидный предиктор миопии. Независимо от генетического фона, эметропичные дети рискуют стать близорукими, если осевая длина их глаз превышает 23,5 мм [15]. Однако, по мнению известных канадских ученых В. Michaud, Р. Simard [22], соотношение между осевой длиной и радиусом кривизны роговицы (AL/CR) представляется лучшим предиктором развития близорукости. В исследовании, проведенном методом «поперечного сечения» с использованием кластеризованной случайной выборки, участвовало 4686 детей в возрасте от 6 до 12 лет. Анализ данных обследования 3922 детей статистически достоверно показал с чувствительностью 72,98 % и специфичностью 90 %, что соотношение AL/CR менее 3 является предвестником миопии [23]. Авторы отметили, что это более точный предвестник миопии, чем показатели аксиальной длины глаза и рефракции, взятые отдельно, что согласуется с результатами более ранних исследований [24].

Гетерофория. Некоторые работы свидетельствуют о том, что гетерофория более 4Δ, по-видимому, является фактором риска возникновения близорукости у детей, но его чувствительность и специфичность не столь высока, как у других предикторов [25, 26]. Гораздо более информативным является АК/А.

АК/А. Увеличение коэффициента АК/А также может являться значительным фактором риска возникновения миопии в период от 6 до 11 лет [27]. Этот фактор выявляется за 2 года до начала миопии [28]. В другом исследовании показано, что увеличение АК/А может выявляться за 4 года до наступления миопии и перед началом миопии достигает в среднем 7 Δ/D, сохраняясь у эметропичных детей на уровне 4 Δ/D ($p < 0,01$). Это, по мнению авторов, связано с большим отставанием аккомодации [29]. В более раннем исследовании выявлено, что у детей, не страдающих близорукостью, при величине АК/А = 5,84 Δ/D и более повышается риск развития миопии в течение 1 года в 22,5 раза (95 %) [30]. Авторами также отмечено, что у детей с осевой рефракцией +0,75 и значением АК/А = 5,84 Δ/D и более риск развития миопии в течение года увеличивался дополнительно в 3,21 раза (95 %). В другом исследовании у детей, ставших близорукими, за 1 и 2 года до ее развития выявлены более высокие показатели АК/А ($p < 0,01$), чем у детей, которые остались эметропами [28]. По мнению авторов, значительно более высокие коэффициенты АК/А у детей, которые стали близорукими, являются результатом слабой работы аккомодации.

Аккомодационный ответ. Низкая чувствительность аккомодации и ответ на расфокусирование изображения в фовеа может являться самостоятельным предиктором миопии [31–37]. Снижение аккомодационного ответа вблизи и длительная зрительная работа на коротких дистанциях с низким наклоном головы являются прогностически значимыми факторами для оценки вероятности развития миопии [18, 28, 38].

Псевдомиопия — состояние, при котором манифестная рефракция миопическая, а циклоплегическая — эметропическая или даже гиперметропическая, может предшествовать развитию миопии. А.И. Дашевский [13] полагал, что псевдомиопия всегда предшествует близорукости. Наличие псевдомиопии увеличивает риск развития миопии в 3,03 раза, частота псевдомиопии у детей, у которых впоследствии развилась миопия, может достигать 77,8 % [12].

Сферическая аберрация. Известно, что сферическая аберрация (СА) оказывает физиологическое влияние на развитие глаза [33–37]. Положительная СА ингибирует его рост, снижая тенденцию к развитию близорукости [39–41]. При правильном рефрактогенезе при фиксации вдаль у детей до 6 лет превалирует отрицательная СА, а после 6 лет и до конца жизни — положительная. Устройства, обеспечивающие присутствие в глазу положительной аберрации, способны сдерживать развитие миопии [33, 42].

Значение внеосевой рефракции. Исследование 140 детей в возрасте от 7 до 11 лет, в котором исходно и через ~ 30 мес измерялся контур сетчатки путем определения разницы осевой и внеосевой длины глаза в 20° в главных меридианах, выявило значительную корреляцию ($r = 0,207$, $p = 0,049$) между началом развития миопии и изначально более крутым контуром сетчатки с височной стороны (чем круче контур сетчатки, тем больше в этой области относительная периферическая дальность зрения). При этом сила внеосевой рефракции носовой половины глаза в 20–30° выше височной на обоих глазах более чем на 0,5 D по сферэквиваленту, может служить надежным маркером развития миопии [43]. Таким образом, исходная форма глаза может быть фактором риска развития близорукости. Эти выводы согласуются с результатами исследования, где отмечено, что соотношение величин off-axis рефракции в 30° носовой и височной половин сетчатки часто может меняться в период от начала прогрессирования до стабилизации близорукости, а более крутой контур носовой половины сетчатки в сравнении с височной наиболее характерен для стабильной миопии. Усиление рефракции в височной, а не носовой половине глаза выявлено в модельных экспериментах на приматах при индуцировании гиперметропического дефокуса, что, по мнению авторов, является компенсаторной реакцией на осевое удлинение [44]. Различную степень вовлеченности в процесс

развития миопии носовой и височной половин глаза подтверждают результаты работы, где исследовалось изменение внеосевой рефракции при аккомодации [45]. Выявлено, что у миопов off-axis рефракция в 40° носовой половины сетчатки при аккомодации (фиксация на 25 см) изменяется на 1,1 D слабее, чем у эметропов, а в височной — на 1,7–2,0 D слабее, чем у эметропов. Авторы полагают, что риск развития близорукости возрастает, если глаз активно не меняет кривизну сетчатки во время работы вблизи. О том, что прогрессирование близорукости может быть связано с асимметричными изменениями в периферическом профиле сетчатки, а именно, с изменением преломления и активным усилением в носовой половине глаза, заявлено также авторами двух других исследований [46, 47].

Согласно данным литературы, предупреждение или отсрочка начала возникновения миопии может снижать риски развития миопии высокой степени [48, 49]. Чем позже начало близорукости, тем меньше ее конечная величина [12, 18]. Моделирование показало, что воздействие на миопический процесс с эффективностью 33 % приведет к снижению частоты близорукости высокой степени на 73 %, а с 50%-ной эффективностью приведет к 90 % уменьшению близорукости высокой степени [50].

Таким образом, для повышения эффективности лечения прогрессирующей миопии отправной точкой начала терапевтического воздействия должен стать период проявления предвестников начинающейся миопии. Многочисленные данные литературы свидетельствуют о том, что достоверными предикторами миопии могут считаться следующие 9 показателей.

1. Циклоплегический сферэквивалент осевой рефракции менее +0,75 D у детей до 6 лет;
2. Осевая длина более 23,5 мм при рефракции глаза $\leq +1,0D$.
3. Близорукость у обоих родителей или близорукость высокой степени у одного из родителей.
4. Соотношение AL/CR менее 3.
5. Соотношение АК/А более 4 Δ/D.
6. Псевдомиопия.
7. Гетерофории более 4 Δ.
8. Сила внеосевой рефракции носовой половины глаза в 20–30° выше височной на обоих глазах более чем на 0,5 D по сферэквиваленту.
9. Гиподинамия при высокой зрительной нагрузке.

Для профилактики развития миопии могут быть рекомендованы следующие меры:

1. Соблюдение режима зрительной нагрузки. В частности, выработка эргономичных стереотипов выполнения зрительной работы вблизи (дистанция до объекта зрительной работы вблизи 35–40 см, продолжительность непрерывной зрительной работы вблизи не более 35 мин). Минимизация периода общения с электронными носителями информации.

2. Plusовые очки для постоянного ношения в группах риска для создания бинокулярного миопического дефокуса [51, 52]. Использование очков с оптическими линзами Perifocal с центральной рефракцией +0,25 D для создания центрального и периферического бинокулярного миопического дефокуса, повышения аккомодации, формирования положительной сферической аберрации в глазу.

3. Домашние упражнения для тренировки аккомодации.

4. Занятия физкультурой и спортом (бадминтон, плавание, теннис).

5. Пребывание на открытом воздухе не менее 90 мин в день в светлое время суток.

Среди мер, направленных на охрану и укрепление здоровья обучающихся в общеобразовательных учреждениях, согласно действующим рекомендациям МЗ РФ, отмечена важность раннего выявления так называемых групп риска [7], что также поддерживается федеральными клиническими рекомендациями «Миопия у детей» [8].

Конфликт интересов: отсутствует.

Прозрачность финансовой деятельности: никто из авторов не имеет финансовой заинтересованности в представленных материалах или методах.

Literatura /References

1. Dandona R., Dandona L. Refractive error blindness. Bull. World Health Organ. 2001; 79: 237–43.
2. Holden B.A., Fricke T.R., Wilson D.A., et al. Global prevalence of myopia and high myopia and temporal trends from 2000 through 2050. Ophthalmology. 2016; 123 (5): 1036–42. doi: 10.1016/j.ophtha.2016.01.006
3. 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.
4. Zadnik K., Sinnott L.T., Cotter S.A., et al. Prediction of Juvenile-Onset Myopia. JAMA Ophthalmol. 2015; 133 (6): 683–9. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2015.0471
5. Guggenheim J.A., Northstone K., McMahon G., et al. Time outdoors and physical activity as predictors of incident myopia in childhood: a prospective cohort study. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2012; 53 (6): 2856–65. doi: 10.1167/iov.11-9091.
6. Аветисов Э.С. Близорукость. Москва: Медицина, 1999. Aветисов Е.С. Миопия. Moscow: Meditsina; 1999 (In Russian).
7. Методические рекомендации по проведению профилактических мероприятий, направленных на охрану и укрепление здоровья обучающихся в общеобразовательных учреждениях. Рекомендации МЗ РФ. Москва: 2008. Guidelines for preventive measures aimed at the protection and strengthening of health of children in schools. Ministry of Health (Russia) recommendations. Moscow; 2008 (In Russian).
8. Федеральные клинические рекомендации «Диагностика и лечение близорукости у детей». Российская педиатрическая офтальмология. 2014; 2: 49–62. Federal clinical recommendations “Myopia in children, diagnostics and treatment”. Russian pediatric ophthalmology. 2014; 2: 49–62 (In Russian).
9. 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.
10. 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

11. *Morgan I., Rose K.* How genetic is school myopia? *Prog. Retin. Eye Res.* 2005; 24 (1): 1–38.
12. *Онуфрийчук О.Н., Розенблюм Ю.З.* Закономерности рефрактогенеза и критерии прогнозирования школьной миопии. *Вестник офтальмологии.* 2007; 6: 22–4.
Onufriyuchuk O.N., Rozenblum Yu.Z. Regularities of the refractogenesis of school myopia and criteria for its prediction. *Vestnik oftal'mologii.* 2007; 6: 22–4.
13. *Дашевский А.И.* Ложная близорукость. Москва: Медицина, 1973.
Dashevskij A.I. Pseudomyopia. Moscow: Meditsina; 1973 (In Russian).
14. *Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г., Смирнова Т.С.* Аберрации волнового фронта у детей с миопией и гиперметропией до и после циклоплегии. *Российский офтальмологический журнал.* 2017; 10 (3): 78–83. doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-3-78-83
Tarutta E.P., Arutyunyan S.G., Smirnova T.S. Wavefront aberrations in children with myopia and hyperopia before and after cycloplegia. *Russian Ophthalmological Journal.* 2017; 10 (3): 78–83. (in Russian). doi: 10.21516/2072-0076-2017-10-3-78-83
15. *Mutti D. O., Hayes J. R., Mitchell G. L., et al.* Refractive error, axial length, and relative peripheral refractive error before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2007; 48 (8): 2510–9.
16. *Jin J.X., Hua W.J., Jang X., et al.* Effect of outdoor activity on myopia onset and progression in school-aged children in Northeast China: the Sujiatun eye care study. *BMC Ophthalmol.* 2015; 15 (9): 73. doi: 10.1186/s12886-015-0052-9
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: 3633–40.
18. *Аветисов Э.С., Розенблюм Ю.З., Тарутта Е.П.* Профилактика близорукости. *Вестник офтальмологии.* 1989; 66: 3–5.
Avetisov E.S., Rozenblum Yu.Z., Tarutta E.P. Prevention of myopia. *Vestnik oftal'mologii.* 1989; 66: 3–5 (In Russian).
19. *Pan C.-W., Ly J., Zhong H., et al.* Ethnic variations in myopia and ocular biometry among adults in a rural community in China: the yunnan minority eye studies. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2015; 56 (5): 3235–41. doi: 10.1167/ iovs.14-16357
20. *Rose K.A., Morgan I.G., Ip J., et al.* Outdoor activity reduces the prevalence of myopia in children. *Ophthalmology.* 2008; 115 (8): 1279–85.
21. *Mutti D. O.* Time outdoors and myopia: a case for vitamin D? *Optometry Times.* 2013; 23 (6): 214.
22. *Michaud By. L., Simard P.* Defining a strategy for myopia control. *Contact Lens Spectrum.* 2016; 31 (3): 36–42.
23. *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): e0111766. doi: 10.1371/journal.pone.0111766
24. *Mutti D. O., Mitchell G. L., Sinnott L. T., et al.* Corneal and crystalline lens dimensions before and after myopia onset. *Optom. Vis. Sci.* 2012; 89 (2): 251–62. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182418213
25. *Goss D.A., Jackson T.W.* Clinical findings before the onset of myopia in youth: 3. Heterophoria. *Optom. Vis. Sci.* 1996; 73 (4): 269–78.
26. *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; 57: 9–17. doi: 10.1016/j.visres.2012.01.011
27. *Zadnik K., Sinnott L.T., Cotter S.A., et al.* Prediction of juvenile-onset myopia. *JAMA Ophthalmol.* 2015; 133 (6): 683–9. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2015.0471
28. *Gwiazda J., Thorn F., Held R.* Accommodation, accommodative convergence, and response AC/A ratios before and at the onset of myopia in children. *Optom. Vis. Sci.* 2005; 82: 273–8.
29. *Mutti D. O., Mitchell G.L., Jones-Jordan L.A., 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/iov.16-19093
30. *Mutti D. O., Jones L.A., Moeschberger M.L., Zadnik K.* AC/A ratio, age, and refractive error in children. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2000; 41: 2469–78.
31. *Nevin S.T., Schmid K.L., Wildsoet C.F.* Sharp vision: a prerequisite for compensation to myopic defocus in the chick? *Cur. Eye Res.* 1998; 17 (3): 322–31.
32. *Norton T.T., Gamlin P.D.* The near response, emmetropia and myopia. *Ophthalmic Physiol. Opt.* 1999; 19 (2): 79–80.
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; 9 (2): 102–7. doi: 10.21516/2072-0076-2016-9-2-102-107
Tarutta E.P., Arutjunjan S.G., Milash S.V. The correction of eye wavefront using contact lenses and their impact on the accommodative response. *Russian Ophthalmological Journal.* 2016; 9 (2): 102–7. (in Russian). doi: 10.21516/2072-0076-2016-9-2-102-107
34. *Tarutta E., Harutyunyan S., Khandzhyan A., Khodzhabekyan N.* Aberrations, accommodation and pseudoaccommodation in myopia and hyperopia. *Acta Ophthalmologica.* 2016; 94: 256. doi: 10.1111/j.1755-3768.2016.0321
35. *Тарутта Е.П., Тарасова Н.А., Арутюнян С.Г., Максимова М.В.* Сравнительный анализ величины дистантного и ленси-индуцированного объективного аккомодационного ответа у пациентов с различной рефракцией. *Вестник офтальмологии.* 2017; 133 (4): 37–41. doi: 10.17116/oftalma2017133437-41
Tarutta E.P., Tarasova N.A., Arutyunyan S.G., Maksimova M.V. Comparative analysis of the magnitude of the distance and lens-induced objective accommodative response in patients with different refraction. *Vestnik oftal'mologii.* 2017; 133 (4): 37–41. (in Russian). doi: 10.17116/oftalma2017133437-41
36. *Нероев В.В., Тарутта Е.П., Арутюнян С.Г., Ханджян А.Т., Ходжабекян Н.В.* Аберрации волнового фронта и аккомодация при миопии и гиперметропии. *Вестник офтальмологии.* 2017; 133 (2): 5–9. doi: 10.17116/oftalma201713324-9
Neroev V.V., Tarutta E.P., Arutyunyan S.G., Khandzhan A.T., Khodzhabekyan N.V. Wavefront aberration and accommodation in myopes and hyperopes. *Vestnik oftal'mologii.* 2017; 133 (2): 5–9. (in Russian). doi: 10.17116/oftalma201713324-9
37. *Арутюнян С.Г.* Параметры аккомодации и псевдоаккомодации при миопии и гиперметропии в условиях очковой и контактной коррекции. *Современная оптометрия.* 2017; 103 (3): 29–34.
Harutyunyan S.G. Parameters of accommodation and pseudoaccommodation in myopia and hyperopia in the conditions of spectacle and contact correction. *Sovremennaja optometrija.* 2017; 103 (3): 29–34 (In Russian).
38. *Mutti D. O., Mitchell G. L., Hayes J.R., et al.* Accommodative lag before and after the onset of myopia. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2006; 47: 837–46.
39. *Stine G.H.* Variations in refraction of the visual and extravisual papillary zones. *Am. J. Ophthalmol.* 1930; 13: 101–2.
40. *Jenkins T.C.A.* Aberrations of the eye and their effects on vision: Part I. *Br. J. Physiol. Opt.* 1963; 20: 59–91.
41. *Collins M.J., Wildsoet C.F., Atchison D.A.* Monochromatic aberrations and myopia. *Vision Research.* 1995; 35 (9): 1157–63.
42. *Collins M.J., Wildsoet C.F.* Ophthalmic lenses for prevention of myopia progression. *US Patent, 6045578;* 2000.
43. *Schmid G.F.* Association between retinal steepness and central myopic shift in children. *Optometry and vision science.* 2011; 88 (6): 684–90. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182152646
44. *Benavente-Perez A., Nour A., Troilo D.* Asymmetries in peripheral refraction change with emmetropization and induced eye growth. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2014; 55 (13): 2731.
45. *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; 9 (6): 1–11. doi: 10.1167/9.6.17
46. *Radhakrishnan H., Allen P.M.* Peripheral refractive changes associated with myopia progression. *Invest. Ophthalmol. Vis. Sci.* 2013; 54 (2): 1573–81. doi: 10.1167/iov.12-10278
47. *Faria-Ribeiro M., Queiro s A., Lopes-Ferreira D., et al.* Peripheral refraction and retinal contour in stable and progressive myopia. *Optom. Vis. Sci.* 2013; 90 (1): 9–15. doi: 10.1097/OPX.0b013e318278153c
48. *Gwiazda J., Hyman L., Dong L.M., et al.* Factors associated with high myopia after 7 years of follow-up in the correction of myopia

- evaluation trial (COMET) cohort. *Ophthalmic Epidemiol.* 2007; 14: 230–7.
49. Donovan L., Sankaridurg P., Ho A., et al. Myopia progression rates in urban children wearing single-vision spectacles. *Optom Vis Sci.* 2012; 89 (1): 27–32. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182357f79
50. Brennan N.A. Predicted reduction in high myopia for various degrees of myopia control. *Cont. Lens Anterior Eye.* 2012; 35: 14–5.
51. Tarutta E.P., Khodzhabekyan N.V., Filinova O.B., Kruzhkova G.V. Влияние постоянной дозированной слабомииопической дефокусировки на постнатальный рефрактогенез. *Вестник офтальмологии.* 2008; 124 (6): 21–4.
- Tarutta E.P., Khodzhabekyan N.V., Filinova O.B., Kruzhkova G.V. Impact of continuous graduated slight myopic defocus on postnatal refractogenesis. *Vestnik oftal'mologii.* 2008; 124 (6): 21–4 (In Russian).
52. Filinova O.B. Динамика рефракции и мышечного баланса у детей на фоне постоянной слабомииопической дефокусировки в бинокулярном и монокулярном альтернирующем формате. *Российская педиатрическая офтальмология.* 2009; 1: 31–3.
- Filinova O.B. Dynamics of refraction and muscular balance in children on the background of permanent low myopic defocus in binocular and monocular alternating format. *Russian pediatric ophthalmology.* 2009; 1: 31–3 (in Russian).

Поступила: 17.05.2018

Myopia predictors as a starting point for active prevention of myopia development

E.P. Tarutta — Dr. Med. Sci., Professor, head of the department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoergonomics¹

O.V. Proskurina — Dr. Med. Sci., leading researcher, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoergonomics¹

N.A. Tarasova — Cand. Med. Sci., senior researcher, department of refraction pathology, binocular vision and ophthalmoergonomics¹

R.A. Ibatulin — Cand. Med. Sci., chief physician²

A.S. Kovychev — deputy director²

¹Moscow Helmholtz Research Institute of Eye Diseases, 14/19, Sadovaya-Chernogryazskaya St., Moscow, 105062, Russia

²Art-Optika LLC, Kakhovka, 33, Moscow, 117461, Russia
proskourina@mail.ru

The review gives a detailed account of research data on myopia predictors. The most reliable predictors include cycloplegic sphere equivalent of axial refraction less than +0.75 D in children under 6 years, the axial length of more than 23.5 mm with the refractive error $\leq +1.0$ D, myopic parents, axial length / corneal radius ratio (AL/CR) of less than 3, AC/A ratio over 4 Δ /D, pseudomyopia, heterophoria of more than 4 Δ , peripheral refraction of the nasal half of the eye at 20–30° higher than the temporal refraction in both eyes more than 0.5 D, reduced outdoor activity and high visual activity. Measures of prevention of myopia development are presented: adhering to the regiment of visual activity load, ergonomic stereotypes of near visual work, creation of binocular central and peripheral myopic defocus — positive spectacles or spectacles with Perifocal-P lenses with a central refraction of +0.25 D for permanent wear, home accommodative training exercises, physical exercises and sports, outdoor activity at least 90 minutes a day during daylight hours.

Keywords: myopia, myopia control, myopia predictors, myopic defocus.

For citation: Tarutta E.P., Proskurina O.V., Tarasova N.A., Ibatulin R.A., Kovychev A.S. Myopia predictors as a starting point for active prevention of myopia development. *Russian ophthalmological journal.* 2018; 11 (3): 107–112 (In Russian). doi: 10.21516/2072-0076-2018-11-3-107-112

Conflict of interests: there is no conflict of interests.

Financial disclosure: No author has a financial or property interest in any material or method mentioned.

Для контактов: Проскурина Ольга Владимировна
E-mail: proskourina@mail.ru