

ОРИГИНАЛЬНЫЕ ИССЛЕДОВАНИЯ

Научная статья

УДК 617.753.2-057.87-037:004.021

3.3.1. Анатомия человека (медицинские науки)

<https://doi.org/10.17021/1992-6499-2026-1-41-50>

**ПРОГНОЗИРОВАНИЕ РАЗВИТИЯ МИОПИИ У ДЕТЕЙ И МОЛОДЕЖИ
С ПРИМЕНЕНИЕМ КЛАССИФИКАЦИОННЫХ МАТЕМАТИЧЕСКИХ МОДЕЛЕЙ
(«ДЕРЕВЬЯ РЕШЕНИЙ»)**

Юлия Сергеевна Левченко

Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия

Аннотация. В настоящее время во всем мире является серьезной проблемой увеличение распространенности миопии у детей и молодежи. При прогрессировании близорукости возникает вероятность осложнений, которые приводят к снижению зрения. Именно поэтому важно разработать модели прогнозирования возникновения миопии для выявления групп риска. **Цель исследования:** разработка прогностических математических моделей деревьев классификации для расчета вероятности возникновения миопии у детей и молодежи. **Материалы и методы.** Исследовали 3599 школьников и студентов города Красноярска, из них 2038 лиц женского пола от 6 до 20 лет и 1561 лиц мужского пола от 6 до 21 года. Всех респондентов разделили на две группы: пациенты с миопией и контрольная группа с эмметропией. Всем испытуемым проводилось комплексное измерение соматометрических, кефалометрических и офтальмологических параметров. **Результаты исследования.** Разработано два дерева решений, позволяющих прогнозировать вероятность возникновения миопии. В соответствии с первым деревом классификации самая высокая вероятность (83,9 %) развития близорукости отмечена у лиц мужского пола при выявлении таких характеристик, как возрастные группы (подростковый и юношеский возраст), значения индекса Рис-Айзенка менее 103,7 и лицевого указателя ниже 89,9. Лица женского пола подвержены наивысшему риску развития миопии, равному 83,9 % при совпадении трех условий: нахождение в возрастных категориях (подростковый или юношеский возраст), индекс массы тела ниже 20,2 и головной указатель меньше 75,9. При изучении офтальмологических показателей выявлено, что вероятность развития близорукости достигает наибольшей вероятности (93,4 %) у обследуемых с длиной глазного яблока большей или равной 24,3 мм, радиусом кривизны плоского меридиана роговицы менее 8,1 мм и объемом аккомодации меньше 8,0 дптр. **Заключение.** Использование классификационных математических моделей «деревья решений» позволяет выявлять группы риска для прогнозирования возникновения миопии и проведения профилактических мероприятий.

Ключевые слова: миопия, школьники, студенты, математические модели, деревья решений

Для цитирования: Левченко Ю. С. Прогнозирование развития миопии у детей и молодежи с применением классификационных математических моделей («деревья решений») // Астраханский медицинский журнал. 2026. Т. 21, № 1. С. 41–50. <https://doi.org/10.17021/1992-6499-2026-1-41-50>.

OBSERVATION FROM PRACTICE

Original article

FORECASTING THE DEVELOPMENT OF MYOPIA IN CHILDREN AND YOUTH
USING MATHEMATICAL CLASSIFICATION MODELS («DECISION TREES»)

Yulia S. Levchenko

Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V. F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, Russia

Annotation. Currently, the worldwide increase in the spread of myopia in children and youth is a serious problem. With the progression of myopia, there is a possibility of complications that lead to decreased vision. That is why it is important to develop models for predicting the occurrence of myopia in order to identify risk groups. **The purpose of the study** is to develop predictive mathematical models of classification trees for calculating the probability

of myopia in children and youth. **Material and research methods.** 3,599 schoolchildren and students of the city of Krasnoyarsk were studied, of which 2,038 were female from 6 to 20 years old and 1,561 were male from 6 to 21 years old. All respondents were divided into two groups – patients with myopia and a control group with emmetropia. All subjects underwent comprehensive measurement of somatometric, cephalometric and ophthalmological parameters. **Research results.** Two decision trees have been developed to predict the likelihood of myopia. According to the first classification tree, the highest probability (83.9 %) of developing myopia was observed in males when identifying such characteristics as: the age groups of adolescence and adolescence, the values of the Rees-Eysenck index less than 103.7 and the facial index lower than 89.9. Female individuals are at the highest risk of developing myopia, equal to 83.9 % if they match There are three conditions: being in the age categories of adolescence or adolescence, a body mass index below 20.2 and a head index less than 75.9. When studying ophthalmological parameters, it was revealed that the probability of developing myopia reaches the highest probability (93.4 %) in subjects with an eyeball length greater than or equal to 24.3 mm, a radius of curvature of the corneal plane meridian less than 8.1 mm and an accommodation volume less than 8.0 dpt. **Conclusion.** The use of mathematical classification models "decision trees" makes it possible to identify risk groups for predicting the occurrence of myopia and carrying out preventive measures.

Key words: myopia, schoolchildren, students, mathematical models, decision trees

For citation: Levchenko Yu. S. Forecasting the Development of Myopia in Children and Youth using Classification Mathematical Models («Decision Trees»). Astrakhan Medical Journal. 2026; 21 (1): 41–50. <https://doi.org/10.17021/1992-6499-2026-1-41-50> (In Russ.).

Введение. В настоящее время во всем мире увеличение распространенности миопии является серьезной проблемой для здравоохранения. Миопия – это не просто необходимость в коррекции очками или контактными линзами, при прогрессировании близорукости возникает вероятность осложнений, которые приводят к необратимому снижению зрения. Вопреки распространённому мнению, что только высокая степень близорукости повышает риск развития глазных заболеваний, недавние исследования показывают, что даже низкая степень близорукости может удвоить риск развития миопической макулопатии, задней субкапсулярной катаракты и отслойки сетчатки по сравнению с эметропией [1].

Считается, что ни одна степень миопии не может считаться полностью безопасной, и даже при миопии слабой степени возможны осложнения. Скорость прогрессирования миопии в значительной степени зависит от возраста, в котором она начинается. Доказано, что чем позже возникает миопия, тем меньше будет ее окончательная величина. Задержка развития миопии всего на 1 год может снизить риск развития миопической макулопатии на 40 % [2]. Это подчеркивает необходимость создания моделей прогнозирования возникновения близорукости для эффективного выявления детей, находящихся в группе риска [3].

В предыдущих исследованиях было показано, что такие факторы, как биометрия и рефракция глаз, могут давать информацию о прогнозе возникновения миопии. С другой стороны, модели прогнозирования, дополненные информацией об образе жизни респондентов и генетическими данными, более точно предсказывают вероятность развития заболевания [4]. При этом в доступной нам литературе не было найдено информации о прогностических моделях с использованием соматометрических и кефалометрических параметров.

Цель исследования: разработка прогностических математических моделей деревьев классификации для расчета вероятности возникновения миопии у детей и молодежи.

Материалы и методы исследования. Одномоментное исследование охватило группу из 3599 учащихся, школьников и студентов города Красноярска, включая 2038 лиц женского пола в диапазоне возрастов от 6 до 20 лет и 1561 лицо мужского пола в возрастной категории от 6 до 21 года. Всех учащихся разделили на две группы: исследуемую с диагнозом миопия – 1878 человек и контрольную с эметропией – 1721 школьник и студент.

В группу с миопией включали пациентов со сферозэквивалентом рефракции более $-0,5$ дптр. В группу контроля относили пациентов с эметропией, где сферозэквивалент от $-0,5$ до $+0,5$ дптр с астигматизмом не более $0,5$ дптр. Прочие случаи были классифицированы как другие нарушения рефракции и исключены из исследования.

Обследования выполнялись на базе краевого государственного бюджетного учреждения здравоохранения «Красноярская краевая офтальмологическая клиническая больница имени профессора П. Г. Макарова» за период с 2021 по 2024 г., на проведение исследования были получены информированные согласия от детей и их родителей, получено разрешение локального этического комитета федерального государственного бюджетного образовательного учреждения высшего образования «Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В. Ф. Войно-

Ясенецкого» Министерства здравоохранения Российской Федерации (ФГБОУ ВО КрасГМУ им. проф. В. Ф. Войно-Ясенецкого МР) (№ 107/2021 от 16.06. 2021 г.).

Всем испытуемым проводилось комплексное измерение соматометрических, кефалометрических и офтальмологических параметров.

Антропометрическое обследование с определением длины и массы тела, продольного и поперечного диаметра и окружности грудной клетки проводилось по методике В. В. Бунака [5]. Для этого применяли медицинский ростомер Р-«МСК» (ООО «Медстальконструкция», Россия), большой толстотный циркуль КАФА 600, скользящий циркуль КАФА, сантиметровую полотняную ленту (КАФА, Россия) и весы напольные медицинские электронные ВМЭН-150 (АО «ТВЭС», Россия). С помощью индекса Рис-Айзенка выделяли астенический, нормостенический и пикнический соматотипы. По формуле рассчитывали индекс массы тела (ИМТ).

Кефалометрия осуществлялась в соответствии с методикой В. В. Бунака, включающей в себя измерение тринадцати анатомических точек и пятнадцати стандартных размерных параметров головы и лица. В процессе оценки анализировались размеры различных сегментов лица, включая верхнюю, среднюю и нижнюю высоты лица; были измерены также скуловая, козелковая и скуловая ширина лица, а также горизонтальная окружность головы. Дополнительно измеряли поперечный и продольный диаметры головы, рассчитывая на их основе головной указатель, который является важным антропометрическим показателем, введенным в практику А. Рециусом, в 1842 г. Кефалометрические измерения проводили стандартными инструментами: большим толстотным циркулем КАФА 600 и скользящим циркулем КАФА (КАФА, Россия).

Комплексная офтальмологическая диагностика включала в себя авторефрактометрию, после инстилляции в каждый глаз двукратно 1 % раствора циклопентролата для медикаментозной циклоплегии и кератометрию, с помощью авторефкератометра HRK-7000 (Huvitz, Южная Корея), чтобы определить значения как плоского, так и крутого радиусов кривизны роговицы. Биометрию (переднезаднюю длину глаза) проводили на офтальмологической ультразвуковой измерительной системе OcuScan RxP (Alcon Laboratories Inc, США). Устанавливали значение объема абсолютной аккомодации (ОАА) и запасов относительной аккомодации (ЗОА) с помощью измерительной линейки и опто типов для близи.

Критериями исключения из нашего исследования были такие заболевания, как дистрофические изменения роговицы, травмы и воспалительные заболевания глаз, повышенное внутриглазное давление, гиперметропия, общие соматические заболевания.

Анализ статистических данных проводился с применением программных комплексов Microsoft Excel 2016 (Microsoft, США), SAS JMP 11 (SAS, США), а также с использованием программного продукта Statistica версии 14.0.0.15 (StatSoft, США). Для идентификации значимых факторов, способствующих развитию миопии, использовался однофакторный дисперсионный анализ с применением критерия Хи-квадрат по Пирсону. В рамках этого исследования для моделирования соотношений численных и бинарных переменных, служащих целью исследования, использовался метод построения деревьев решений. Для оценки точности и надежности созданной прогностической модели использовали ROC-анализ. Для оценки прогностического качества построенного дерева решений используются такие показатели, как AuROC, чувствительность и специфичность. AuROC – это площадь, ограниченная ROC-кривой и осью доли ложных положительных классификаций. Показатели AuROC ниже 0,75 свидетельствуют о низкой точности предсказаний, значения между 0,75 и 0,85 указывают на среднюю точность, а результаты выше 0,85 демонстрируют высокую точность модели. Чувствительность определяется как отношение количества верно выявленных случаев заболевания к общему числу реально больных, тогда как специфичность измеряет пропорцию верно идентифицированных здоровых людей относительно всех, кто на самом деле не имеет заболевания. Критической величиной уровня значимости считали 0,05.

Результаты исследования и обсуждение. Одной из важных задач современной медицины является профилактическое направление. Выявление предрасположенности к тому или иному заболеванию представляет собой необходимую задачу в рамках современных медицинских исследований. В этом контексте весьма эффективным и проверенным решением выступает применение метода деревьев классификации. Этот метод подразумевает классификацию пациентов на группы по уровню риска развития определенного диагноза на основе анализа комплекса влияющих параметров.

Одно из ключевых преимуществ метода деревьев классификации заключается в его универсальности – возможности работать как с категориальными, так и с количественными данными, обеспечивая при этом четкую и доступную интерпретацию результатов, включая точную оценку риска и объем каждого классифицированного риска.

На первом этапе нашего исследования было разработано дерево решений, позволяющее прогнозировать вероятность возникновения миопии, используя гендерно-возрастные, соматометрические и кефалометрические показатели. Вначале с помощью критерия хи-квадрат Пирсона было выделено восемь статистически значимых влияющих факторов, к которым отнесли пол, возрастные группы, индекс Рис-Айзенка, высоту средней трети лица (ВСТР), головной указатель (ГУ), скуловой диаметр (СД), лицевой указатель (ЛУ) и индекс массы тела (ИМТ) обследуемых респондентов. Затем на основе комбинации этих выделенных восьми влияющих факторов была составлена диаграмма дерева решений, которое позволяет прогнозировать вероятность развития аномального рефрактогенеза (рис. 1).

Эта иерархия классификационного дерева, включающая пять уровней и обладающая тридцатью узлами для решений, была разработана для анализа вероятности возникновения миопии в зависимости от сочетания независимых переменных таких, как пол, возраст, соматометрические и кефалометрические показатели. Модель прослеживает пути от корневого узла, разветвляясь в соответствии с критериями разделения, до достижения конечных узлов, где приводится прогнозируемый процент встречаемости миопии.

Например, мы можем проанализировать вероятность возникновения миопии у обследуемого пациента, если это лицо женского пола, то вероятность миопии 57,3 %, если это лицо мужского пола, то вероятность миопии 45,5 %. Если наша обследуемая девочка относится по возрасту ко второму периоду детства, то риск возникновения миопии снижается до 39,3 %. Далее анализ показывает, что при ИМТ выше или равно 20,2 вероятность миопии составляет 36,9%, а при ИМТ ниже 20,2 риск увеличивается до 53,63 %. Разделение по параметру «ИМТ \leq 20,2» приводит к следующим двум узлам: «СД > 120,0 мм» с вероятностью миопии 40,6 % и «СД < 120,0 мм», где риск возрастает до 70,8 %.

Анализ, выполненный с использованием метода классификационного дерева, выявил закономерности, указывающие на более высокую частоту развития миопии у лиц женского пола по сравнению с мужским, а также на рост распространенности близорукости с увеличением возраста, как это отмечено в литературных источниках [6, 7].

Относительно соматометрических параметров, в нашем исследовании выявлен большой риск возникновения миопии у лиц женского пола при снижении ИМТ, а у лиц мужского пола, наоборот, при пикнической конституции. Однако, в исследовании Peled A. было выявлено повышение риска возникновения миопии и у девушек, и у юношей как при дефиците, так и при избыточной массе тела, что можно объяснить этническими особенностями [8].

Что касается параметров кефалометрии, в доступной нам литературе не найдена информация о взаимосвязи параметров рефракции глаз с типами головы и лица. Однако L. Roeder et al. выявили более распространенную частоту аномалий рефракции у детей при врожденных аномалиях развития костей черепа [9]. Д. А. Девятириков с соавторами доказали, что существует взаимосвязь между соматометрическими данными и значениями кефалометрии [10]. Вероятнее всего, именно с этим связан наибольший риск возникновения миопии у девушек при снижении ИМТ \leq 20,2 и значении ГУ \leq 75,9, что соответствует долихоцефалическому типу головы. Также низкий ИМТ может указывать на дисплазию соединительной ткани, при которой повышается риск развития аномального рефрактогенеза.

Используя метод дерева решений, было определено 16 различных классов риска. Самый высокий риск развития миопии у пациентов мужского пола, достигающий 83,9 %, обнаружен при одновременном присутствии факторов: возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), индекс Рис-Айзенка меньше 97,0 и значением лицевого указателя менее 89,9. Самый низкий риск развития миопии у пациентов мужского пола, равный 26,6 %, отмечается при комбинации факторов возрастная группа (первый период детства, второй период детства), индекс Рис-Айзенка \geq 97,0 и высота средней трети лица \geq 55,0.

У лиц женского пола наиболее высокий риск (83,9 %) развития миопии наблюдается у пациентов со следующей комбинацией факторов: «пол (женский)», «возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст)», «ИМТ < 20,2» и «головной указатель < 75,9». Наименьший уровень риска (31,2 %) развития миопии у лиц женского пола наблюдается для следующей комбинации факторов: «возрастная группа (первый период детства, второй период детства)», ИМТ больше 20,2 и скуловой диаметр больше или равно 120,0 мм.

Наибольшая группа с общим количеством анализируемых случаев, достигающим 1120 обследуемых, и вероятностью развития миопии в 55,9 %, характеризуется сочетанием таких параметров, как женский пол, возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), ИМТ больше или равно 20,2, а также показатель лицевого индекса меньше 84,0 (табл. 1).

По результатам ROC-анализа и прогнозных показателей качества построенного дерева решений значение AuROC равно 0,79, что говорит о среднем прогнозном качестве смоделированного дерева решений. Если оценка риска $\geq 43,0$ %, то следует считать, что мы ожидаем положительный результат, в противном случае – отрицательный. При таком подходе в 84,9 % случаях мы будем правильно идентифицировать положительный результат и в 62,2 % случаях – правильно идентифицировать отрицательный результат.

Таблица 1. Классы пациентов, сформированные по гендерно-возрастным, соматометрическим и кефалометрическим показателям и отсортированные по убыванию уровня риска возникновения миопии

Table 1. Classes of patients, formed by gender, age, somatometric and cephalometric indicators and sorted in descending order of the risk of myopia

Классы пациентов	Объем группы, чел.	Доля класса, %	Риск, %
Пол (мужской), возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), индекс Рис-Айзенка < 97,0, лицевой указатель < 89,9	31	0,90	83,9
Пол (женский), возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), ИМТ < 20,2, головной указатель $\leq 75,9$	212	6,10	72,5
Пол (женский), возрастная группа (первый период детства, второй период детства), ИМТ $\leq 20,2$, скуловой диаметр $\leq 120,0$	12	0,30	70,8
Пол (женский), возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), ИМТ $\geq 20,2$, лицевой указатель $\geq 84,0$	368	10,50	64,6
Пол (женский), возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), ИМТ $\geq 20,2$, лицевой указатель < 84,0	1220	32,70	55,9
Пол (мужской), возрастная группа (первый период детства, второй период детства), индекс Рис-Айзенка < 97,0, головной указатель $\geq 76,0$	238	6,80	55,7
Пол (мужской), возрастная группа (первый период детства, второй период детства), индекс Рис-Айзенка $\geq 97,0$, высота средней трети лица < 55,0	165	4,70	53,5
Пол (мужской), возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), индекс Рис-Айзенка < 97,0, лицевой указатель $\geq 87,9$	236	6,80	52,3
Пол (мужской), возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), индекс Рис-Айзенка $\geq 97,0$, скуловой диаметр $\geq 120,0$	139	4,00	51,8
Пол (женский), возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), ИМТ < 20,2, головной указатель < 75,9	38	1,10	50,0
Пол (женский), возрастная группа (первый период детства, второй период детства), ИМТ < 20,2, скуловой диаметр $\leq 120,0$	112	3,20	43,8
Пол (женский), возрастная группа (первый период детства, второй период детства), ИМТ $\leq 20,2$, скуловой диаметр > 120,0	16	0,50	40,6
Пол (мужской), возрастная группа (первый период детства, второй период детства), индекс Рис-Айзенка $\geq 97,0$, высота средней трети лица $\geq 55,0$	621	17,00	26,6
Пол (мужской), возрастная группа (первый период детства, второй период детства), индекс Рис-Айзенка < 97,0, головной указатель < 76,0	91	2,60	31,3
Пол (мужской), возрастная группа (подростковый возраст, юношеский возраст), индекс Рис-Айзенка $\geq 97,0$, скуловой диаметр < 120,0	40	1,10	31,3
Пол (женский), возрастная группа (первый период детства, второй период детства), ИМТ $\geq 20,2$, скуловой диаметр > 120,0	60	1,70	31,2
<i>Примечание: ИМТ – индекс массы тела.</i>			
<i>Note: BMI – body mass index.</i>			

На втором этапе было построено дерево решений, позволяющее прогнозировать вероятность возникновения миопии, используя показатели офтальмологического обследования. Было выделено четыре статистически значимых влияющих фактора, к которым отнесли биометрию, радиус кривизны роговицы по плоскому меридиану (РКП), объем абсолютной аккомодации (ОАА) и запас

относительной аккомодации (ЗОА) обследуемых респондентов. Далее, на основе комбинации этих выделенных четырех влияющих факторов была составлена диаграмма дерева решений, которое позволяет прогнозировать вероятность развития аномального рефрактогенеза (рис. 2).

Данное дерево классификации, разветвленное на четыре уровня, включает в себя 14 узлов, задействованных в процессе принятия решений. В рамках проводимого анализа выявлялся прогноз возникновения миопии при сочетании независимых переменных, таких как биометрия глаза, РКП, параметров ОАА и ЗОА. В ходе построения дерева отдельные ветви, начинающиеся от узлов и содержащие определенные значения, разделяются до момента формирования тупиковых ветвей, на концах которых фиксируется вероятность развития миопии.

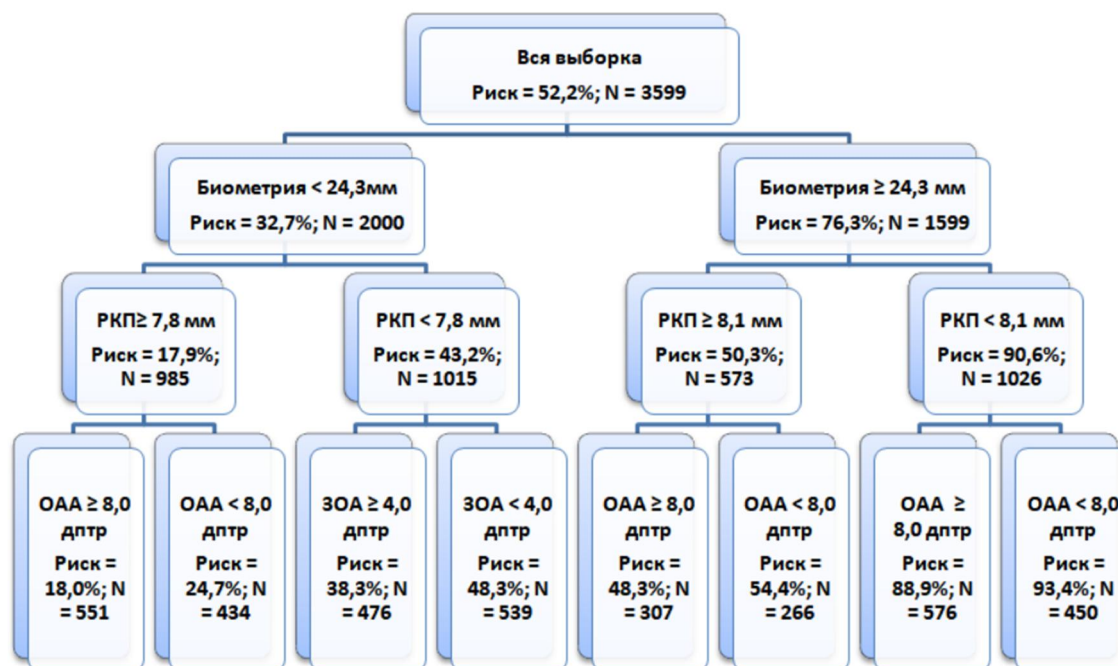


Рисунок 2. Дерево классификации, позволяющее прогнозировать вероятность возникновения миопии с использованием офтальмологических показателей

Figure 2. The classification tree that makes it possible to predict the likelihood of myopia using ophthalmological indicators

Выявленные с помощью дерева классификации тенденции можно объяснить тем, что степень миопии закономерно увеличивается по мере увеличения длины глазного яблока [11]. Многие авторы отмечают взаимосвязь распространенности миопии со снижением радиуса кривизны роговицы и при повышении значения соотношения параметров биометрии к радиусу кривизны роговицы [12, 13]. Важность дисфункций аккомодации в развитии миопии, особенно у детей, не может быть недооценена. Нарушения аккомодации обычно проявляются в период интенсивных зрительных нагрузок и могут стимулировать прогрессирование близорукости. Нормализация процесса аккомодации у пациентов с миопией играет критическую роль в препятствии процессу прогрессирования миопии [14].

Используя метод дерева решений, были идентифицированы восемь классов с различным уровнем риска развития миопии (табл. 2). Наивысший процент риска (93,4 %) с общим количеством пациентов, достигающим 450 человек, был зафиксирован среди тех, кто соответствует определенной комбинации критериев: длина глаза (биометрия) более или равна 24,3 мм, РКП меньше 8,1 мм, и ОАА менее 8,0 дптр. Противоположно, самый низкий процент риска (18 %) при объеме группы в 551 человек наблюдался при других условиях: длина глаза меньше 24,3 мм, РКП равен или превышает 7,8 мм, а ОАА не менее 11,0 дптр. Самый большой по количеству наблюдений класс с 576 случаями показал уровень риска развития миопии 88,9 %, объединяя лиц с биометрией равной или превышающей 24,3 мм, РКП меньше 8,1 мм и ОАА больше или равным 8,0 дптр.

Значение AuROC равно 0,81, что говорит о среднем прогнозном качестве смоделированного дерева решений. Если оценка риска $\geq 48,3\%$, то следует считать, что мы ожидаем положительный результат, в противном случае – отрицательный. При таком подходе в 74,0 % случаях мы будем правильно идентифицировать положительный результат и в 82,6 % случаях – правильно идентифицировать отрицательный результат.

Таблица 2. Классы пациентов, сформированные по офтальмологическим показателям и отсортированные по убыванию уровня риска возникновения миопии
 Table 2. Classes of patients, formed according to ophthalmological indicators and sorted in descending order of the risk of myopia

Классы пациентов	Объем группы, чел.	Доля класса, %	Риск, %
Биометрия $\geq 24,3$, РКП $< 8,1$, ОАА $< 8,0$	450	12,50	93,4
Биометрия $\geq 24,3$, РКП $< 8,1$, ОАА $\geq 8,0$	576	16,00	88,9
Биометрия $\geq 24,3$, РКП $\geq 8,1$, ОАА $< 8,0$	266	7,39	54,4
Биометрия $< 24,3$, РКП $< 7,8$, ЗОА $< 4,0$	307	8,53	48,3
Биометрия $\geq 24,3$, РКП $\geq 8,1$, ОАА $\geq 8,0$	539	14,98	48,3
Биометрия $< 24,3$, РКП $< 7,8$, ЗОА $\geq 4,0$	476	13,23	38,3
Биометрия $< 24,3$, РКП $\geq 7,8$, ОАА $< 8,0$	434	12,06	24,7
Биометрия $< 24,3$, РКП $\geq 7,8$, ОАА $\geq 8,0$	551	15,31	18,0

Примечание: РКП – радиус кривизны роговицы по плоскому меридиану, ОАА – объем абсолютной аккомодации, ЗОА – запас относительной аккомодации.
Note: RCF – radius of corneal curvature along the flat meridian, VAA – volume of absolute accommodation, RRA – reserve of relative accommodation.

Заключение. В ходе нашего исследования были построены два дерева классификации, позволяющие прогнозировать вероятность возникновения миопии. В первом дереве решений анализировали гендерно-возрастные, соматометрические и кефалометрические показатели, во втором использовали офтальмологические показатели обследуемых.

В соответствии с первым деревом классификации самая высокая вероятность (83,9 %) развития близорукости отмечена у лиц мужского пола при выявлении таких характеристик, как возрастные группы (подростковый и юношеский возраст), значения индекса Рис-Айзенка менее 103,7 и лицевого указателя ниже 89,9. Лица женского пола подвергаются наивысшему риску развития миопии (83,9 %) при совпадении трех условий: нахождение в возрастных категориях (подростковый или юношеский возраст), индекс массы тела ниже 20,2 и головной указатель меньше 75,9.

При изучении офтальмологических параметров выявлено, что вероятность развития близорукости достигает 93,4 %, у лиц с определенным набором факторов: длина глазного яблока более или равна 24,3 мм, радиус кривизны плоского меридиана роговицы менее 8,1 мм и объем аккомодации меньше 8,0 дптр.

Использование этого подхода в клинической диагностике позволяет идентифицировать ключевые параметры для предсказания болезни, открывая новые возможности для исследования закономерностей заболеваний при включении разнообразных дополнительных переменных.

Полученные деревья решений для прогнозирования возникновения миопии возможно использовать в практическом здравоохранении: на приеме педиатров, врачей-офтальмологов, при проведении профилактических осмотров в школах и высших учебных заведениях для выявления групп риска развития аномального рефрактогенеза и своевременного выполнения профилактических мероприятий.

Раскрытие информации. Автор декларирует отсутствие явных и потенциальных конфликтов интересов, связанных с публикацией настоящей статьи.

Disclosure. The author declares that they have no competing interests.

Вклад авторов. Автор декларирует соответствие своего авторства международным критериям ICMJE.

Authors' contribution. The authors declare the compliance of their authorship according to the international ICMJE criteria.

Источник финансирования. Автор декларирует отсутствие внешнего финансирования для проведения исследования и публикации статьи.

Funding source. The author declares that there is no external funding for the exploration and analysis work.

Список источников

- Haarman A. E. G., Enthoven C. A., Tideman J. W. L., Tedja M. S., Verhoeven V. J. M., Klave C. C. W. The complications of myopia: a review and meta-analysis // Investigative Ophthalmology & Visual Science. 2020. Vol. 61, № 4. P. 49. doi: 10.1167/iovs.61.4.49.
- Bullimore M. A., Brennan N. A. Myopia: an ounce of prevention is worth a pound of cure // Ophthalmic & Physiological Optics. 2023. Vol. 43, № 1. P. 116–121. doi: 10.1111/opo.13058.
- Решетников В. А., Бадимова А. В., Османов Э. М., Козлов В. В., Величко П. Б., Ефимов Д. В. Пути совершенствования системы организации динамического диспансерного наблюдения больных

офтальмологическими заболеваниями // Сибирское медицинское обозрение. 2022. № 1 (133). С. 95–101. doi: 10.20333/25000136-2022-1-95-101.

4. Lee S. S.-Y., Mackey D. A. Prevalence and Risk Factors of Myopia in Young Adults: Review of Findings From the Raine Study // *Frontiers in Public Health*. 2022. Vol. 10. P. 861044. doi: 10.3389/fpubh.2022.861044.

5. Бунак В. В. Антропометрия. Практический курс. Москва: Учпедгиз, 1941. 368 с.

6. Chamberlain P., Lazon de la Jara P., Arumugam B., Bullimore M. A. Axial length targets for myopia control // *Ophthalmic & Physiological Optics*. 2021. Vol. 41, № 3. P. 523–531. doi: 10.1111/opo.12812.

7. Левченко Ю. С. Распространенность и структура миопии у школьников высокоурбанизированного города Восточной Сибири // *The EYE ГЛАЗ*. 2024. Т. 26, № 1. С. 7–11. doi: 10.33791/2222-4408-2024-1-7-11.

8. Peled A., Nitzan I., Megreli J., Derazne E., Tzur D., Pinhas-Hamiel O., Afek A., Twig G. Myopia and BMI: a nationwide study of 1.3 million adolescents // *Obesity*. 2022. Vol. 30, № 8. P. 1691–1698. doi: 10.1002/oby.23482.

9. Roider L., Ungerer G., Shock L., Aldridge K., Al-Samarraie M., Tanaka T., Muzaffar A. Increased Incidence of Ophthalmologic Findings in Children With Concurrent Isolated Nonsyndromic Metopic Suture Abnormalities and Deformational Cranial Vault Asymmetry // *The Cleft Palate-Craniofacial Journal*. 2021. Vol. 58, № 4. P. 497–504. doi: 10.1177/1055665620954739.

10. Деятириков Д. А., Пугалова И. Н. Соматотип девушек города Омска при индексе Кетле II, соответствующем нормальной массе тела // *Медицинский вестник Башкортостана*. 2022. Т. 17, № 4. С. 32–34.

11. Fulton J. M., Leung T. W., McCullough S. J., Saunders K. J., Logan N. S., Lam C. S. Y., Doyle L. Cross-population validation of the PreMO risk indicator for predicting myopia onset in children // *Ophthalmic & Physiological Optics*. 2025. Vol. 45, № 1. P. 89–99. doi: 10.1111/opo.13416.

12. Matsumura S., Dannoue K., Kawakami M., Uemura K., Kameyama A., Takei A., Hori Y. Prevalence of Myopia and Its Associated Factors Among Japanese Preschool Children // *Frontiers in Public Health*. 2022. Vol. 10. P. 901480. doi: 10.3389/fpubh.2022.901480.

13. Yin Y., Li L., Wang T., Lin S., Wang J., Wang H., Jiang M., Ma Y., Zhu J. Establishment of noncycloplegic methods for screening myopia and pre-myopia in preschool children // *Frontiers in Medicine*. 2023. Vol. 10. P. 1291387. doi: 10.3389/fmed.2023.1291387.

14. Махова М. В., Ших Е. В., Страхов В. В., Блинов Д. С., Полуосьмак Г. К., Семелева Е. В., Блинова Е. В. Клиническое и экспериментальное обоснование применения фенилэфрина с гипромеллозой в лечении перенапряжения аккомодации у пациентов с миопией // *Российский медицинский журнал. Клиническая офтальмология*. 2023. Т. 23, № 1. P. 33–38. doi: 10.32364/2311-7729-2023-23-1-33-38.

References

1. Haarman A. E. G., Enthoven C. A., Tideman J. W. L., Tedja M. S., Verhoeven V. J. M., Klave C. C. W. The complications of myopia: a review and meta-analysis. *Investigative ophthalmology & visual science*. 2020; 61 (4): 49. doi: 10.1167/iovs.61.4.49.

2. Bullimore M. A., Brennan N. A. Myopia: an ounce of prevention is worth a pound of cure. *Ophthalmic & physiological optics*. 2023; 43 (1): 116–121. doi: 10.1111/opo.13058.

3. Reshetnikov V. A., Badimova A. V., Osmanov E. M., Kozlov V. V., Velichko P. B., Efimov D. V. Puti sovershenstvovaniia sistemy organizatsii dinamicheskogo dispansernogo nabliudeniia bolnykh oftalmologicheskimi zabolevaniiami. *Sibirskoe meditsinskoe obozrenie = Siberian medical review*. 2022; (1): 95–101. doi: 10.20333/25000136-2022-1-95-101 (In Russ.).

4. Lee S. S.-Y., Mackey D. A. Prevalence and Risk Factors of Myopia in Young Adults: Review of Findings From the Raine Study. *Frontiers in Public Health*. 2022; 10: 861044. doi: 10.3389/fpubh.2022.861044.

5. Bunak V. V. *Antropometriya = Anthropometry*. Moscow: Uchpedgiz; 1941: 368 p. (In Russ.).

6. Chamberlain P., Lazon de la Jara P., Arumugam B., Bullimore M. A. Axial length targets for myopia control. *Ophthalmic & Physiological Optics*. 2021; 41 (3): 523–531. doi: 10.1111/opo.12812.

7. Levchenko Yu. S. Prevalence and structure of myopia in schoolchildren of a highly urbanized city in Eastern Siberia. *The EYE ГЛАЗ*. 2024; 26 (1): 7–11. doi: 10.33791/2222-4408-2024-1-7-11 (In Russ.).

8. Peled A., Nitzan I., Megreli J., Derazne E., Tzur D., Pinhas-Hamiel O., Afek A., Twig G. Myopia and BMI: a nationwide study of 1.3 million adolescents. *Obesity*. 2022; 30 (8): 1691–1698. doi: 10.1002/oby.23482.

9. Roider L., Ungerer G., Shock L., Aldridge K., Al-Samarraie M., Tanaka T., Muzaffar A. Increased Incidence of Ophthalmologic Findings in Children With Concurrent Isolated Nonsyndromic Metopic Suture Abnormalities and Deformational Cranial Vault Asymmetry. *The Cleft palate-craniofacial journal*. 2021; 58 (4): 497–504. doi: 10.1177/1055665620954739.

10. Deviatirikov D. A., Putalova I. N. Somatotip devushek goroda Omska pri indekse Kettle II, sootvetstvuyushchem normal'noj masse tela. *Medicinskiy vestnik Bashkortostana = Medical Bulletin of Bashkortostan*. 2022; 17 (4): 32–34 (In Russ.).

11. Fulton J. M., Leung T. W., McCullough S. J., Saunders K. J., Logan N. S., Lam C. S. Y., Doyle L. Cross-population validation of the PreMO risk indicator for predicting myopia onset in children. *Ophthalmic & Physiological Optics*. 2025; 45 (1): 89–99. doi: 10.1111/opo.13416.

12. Matsumura S., Dannoue K., Kawakami M., Uemura K., Kameyama A., Takei A., Hori Y. Prevalence of Myopia and Its Associated Factors Among Japanese Preschool Children. *Frontiers in Public Health*. 2022; 10: 901480. doi: 10.3389/fpubh.2022.901480.

13. Yin Y., Li L., Wang T., Lin S., Wang J., Wang H., Jiang M., Ma Y., Zhu J. Establishment of noncycloplegic methods for screening myopia and pre-myopia in preschool children. *Frontiers in Medicine*. 2023; 10: 1291387. doi: 10.3389/fmed.2023.1291387.

14. Mahova M. V., Shih E. V., Strahov V. V., Blinov D. S., Poluos'mak G. K., Semeleva E. V., Blinova E. V. Klinicheskoe i eksperimental'noe obosnovanie primeneniia fenilefrina s gipromellozoi v lechenii perenapriazheniia akkomodatsii u patsientov s miopiei. *Klinicheskaya oftal'mologiya*. = *Clinical Ophthalmology*. 2023; 23 (1): 33–38. doi: 10.32364/2311-7729-2023-23-1-33-38 (In Russ.).

Информация об авторе

Ю. С. Левченко, кандидат медицинских наук, ассистент кафедры офтальмологии им. профессора М. А. Дмитриева с курсом последипломного образования, Красноярский государственный медицинский университет им. профессора В. Ф. Войно-Ясенецкого, Красноярск, Россия, ORCID: 0000-0002-4377-1732, e-mail: 2924469@gmail.com.

Information about the author

Yu. S. Levchenko, Cand. Sci. (Med.), Assistant Professor, Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V. F. Voino-Yasenetsky, Krasnoyarsk, Russia, ORCID: 0000-0002-4377-1732, e-mail: 2924469@gmail.com.

Статья поступила в редакцию 12.05.2025; одобрена после рецензирования 25.02.2026; принята к публикации 13.03.2026.

The article was submitted 12.05.2025; approved after reviewing 25.02.2026; accepted for publication 13.03.2026.