

ПРОГНОЗИРОВАНИЕ ВЕРОЯТНОСТИ РАЗВИТИЯ МИОПИИ У ШКОЛЬНИКОВ И СТУДЕНТОВ НА ОСНОВЕ МЕТОДА ЛОГИСТИЧЕСКОЙ РЕГРЕССИИ

Левченко Ю.С., Никель В.В.

*Федеральное государственное бюджетное образовательное учреждение высшего образования
«Красноярский государственный медицинский университет имени профессора В.Ф. Войно-Ясенецкого»,
Красноярск, Российская Федерация, e-mail: 2924469@gmail.com*

Цель исследования – разработать модели прогноза вероятности развития миопии у школьников на основе метода логистической регрессии. Проведено обследование 969 школьников, мужского и женского пола, в возрасте от 12 до 16 лет, проживающих в городе Красноярске. Всем испытуемым проводилось комплексное измерение соматометрических, кефалометрических и офтальмологических параметров. Для решения задачи прогнозирования развития аномального рефрактогенеза был применен метод бинарной логистической регрессии. В ходе исследования, на основе пошагового метода включения факторов, были построены две математические модели логистической регрессии, позволяющие проводить оценку вероятности возникновения миопии как у лиц мужского, так и женского пола. У лиц мужского пола прогностическими факторами явились параметры биометрии глаз, значения радиуса кривизны роговицы в плоском меридиане и головной указатель. У лиц женского пола также была разработана модель логистической регрессии, включающая три переменные: параметры биометрии глаз, величина головного указателя и индекс Пинье. Были созданы калькуляторы расчета вероятности возникновения миопии в программе Microsoft Excel 2016, что позволит определять группы риска по возникновению миопии и может быть использовано как в клинической практике, так и в научных целях.

Ключевые слова: прогноз возникновения миопии, логистическая регрессия, биометрия, радиус кривизны роговицы, головной указатель, индекс Пинье.

PREDICTING THE LIKELIHOOD OF DEVELOPING MYOPIA IN SCHOOLCHILDREN AND STUDENTS BASED ON THE LOGISTIC REGRESSION METHOD

Levchenko Yu.S., Nikel V.V.

Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education "Krasnoyarsk State Medical University named after Professor V.F. Voino-Yasenetsky", Krasnoyarsk, Russian Federation, e-mail: 2924469@gmail.com

The aim of the study is to develop models for predicting the likelihood of developing myopia in schoolchildren based on the logistic regression method. A survey of 969 schoolchildren, male and female, aged 12 to 16 years, living in the city of Krasnoyarsk, was conducted. All subjects underwent comprehensive measurement of somatometric, cephalometric and ophthalmological parameters. The binary logistic regression method was used to solve the problem of predicting the development of abnormal refractogenesis. In the course of the study, based on the step-by-step method of factor inclusion, two mathematical models of logistic regression were constructed, which make it possible to assess the likelihood of myopia in both males and females. In males, the prognostic factors were the parameters of the biometrics of the eyes, the values of the radius of curvature of the cornea in the flat meridian and the head index. In female patients, a logistic regression model was also developed that includes three variables – eye biometrics parameters, head index value, and Pinier index. Calculators for calculating the probability of myopia have been created in the Microsoft Excel 2016 program, which will allow determining risk groups for myopia and can be used both in clinical practice and for scientific purposes.

Keywords: prognosis of myopia, logistic regression, biometrics, radius of curvature of the cornea, head index, Pinier index.

Введение

За последнее десятилетие близорукость стала серьёзной глобальной проблемой общественного здравоохранения. По оценкам исследователей, в 2020 году близорукостью страдало 30% населения мира, при этом ожидается, что к 2050 году этот показатель вырастет до 50% [1]. Распространённость близорукости особенно высока в Восточной Азии и достигает

86,1% среди школьников старших классов [2]. В России было установлено, что доля учащихся с миопией увеличивается по мере перехода в старшие классы, и уже в начальных классах выявляется 17,9% школьников с близорукостью, в средних – 36,8%, а к старшим классам доля учеников с миопией достигает 49,7% [3]. Учитывая необратимые осложнения, связанные с прогрессированием близорукости, такие как миопическая макулопатия, отслойка сетчатки и глаукома, крайне важно применять стратегии раннего вмешательства и профилактики миопии [4-6]. Именно поэтому существует острая необходимость в создании модели скрининга близорукости и предрасположенности к ней у детей и молодежи. В настоящее время актуальны исследования, показывающие связь параметров кефалометрии и рефракции глаз. Выявлено увеличение значения горизонтальной окружности головы, а также других кефалометрических показателей, включая поперечный и продольный диаметры головы, в группе детей с миопией высокой степени [7]. Это обосновывает необходимость дальнейшего изучения параметров кефалометрии у детей с миопией, как предикторов аномального рефрактогенеза.

Использование моделей прогнозирования в современной практической медицине является одним из перспективных направлений [8]. Предсказывание риска развития миопии дает возможность проведения своевременных профилактических мер в группах риска.

Цель исследования – разработать модели прогноза вероятности развития миопии у школьников и студентов на основе метода логистической регрессии.

Материалы и методы исследования

Проведено обследование 969 школьников, проживающих в городе Красноярске, подросткового возраста, из них 567 лиц женского пола в возрасте от 12 до 15 лет и 402 человека мужского пола в возрасте от 13 до 16 лет.

Всех респондентов разделили на четыре группы. Первая группа – 350 учениц с миопией, вторая группа – 217 учениц с эметропией, третья группа – 167 учеников с миопией, четвертая группа – 235 учеников с эметропией.

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

Обследования выполнялись на базе Красноярской краевой офтальмологической клинической больницы за период с 2021 по 2024 год, на проведение исследования были получены информированные согласия от детей и их родителей, получено разрешение локального этического комитета Красноярского государственного медицинского университета (№ 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 (1941). В последующем определяли индексы Риса - Айзенка, Пинье и индекс массы тела.

Кефалометрическое обследование проводилось также по методике В.В. Бунака, измеряли 13 стандартных точек и 15 стандартных размеров головы. Определяли значения высоты верхней, средней и нижней трети лица, скулового диаметра, козелковой и челюстной ширины лица, горизонтальную окружность головы, поперечный и продольный диаметры головы и их соотношение – головной указатель, который был предложен шведским анатомом А. Рециусом в 1842 г.

Комплексная офтальмологическая диагностика включала в себя авторефрактометрию, после инстилляций в каждый глаз двукратно 1% раствора циклопентролата для медикаментозной циклоплегии, и кератометрию, чтобы установить значения плоского и крутого радиусов кривизны роговицы (авторефкератометр HRK – 7000 фирмы Huvitz, Южная Корея). Измерение значений передне-задней длины глаза (биометрия) проводили на офтальмологической ультразвуковой измерительной системе OcuScan RxP (фирма Alcon Laboratories Inc, США).

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

Статистическая обработка данных осуществлялась при помощи пакетов прикладных программ Microsoft Excel 2016, SAS JMP 11 и программы Statistica 14.0.0.15.

Для решения задачи прогнозирования развития аномального рефрактогенеза был применен метод бинарной логистической регрессии. Оценка качества полученной модели и поиск оптимального порога классификации были выполнены методом построения характеристической кривой (ROC-анализ).

Цели моделирования с помощью логистической регрессии заключаются в анализе взаимодействия и влияния множественных предикторов на бинарный исход и в разработке прогностических моделей на базе новых данных предикторов. Для реализации этих целей применялась множественная логистическая регрессия, использующая пошаговую процедуру для выборочного включения переменных в модель. Процесс интеграции переменных прекращался, когда коэффициент AuROC демонстрировал минимальные изменения, свидетельствуя о достижении оптимальности модели. При анализе логистической регрессионной модели ключевую роль играют коэффициенты регрессии, показатели

изменения рисков и отношение шансов. Коэффициент среднее удельное изменение риска демонстрирует процентное изменение вероятности наступления исследуемого события при увеличении анализируемого фактора на одну единицу своего измерения. В то же время коэффициент среднее максимальное изменение риска отображает процентное изменение вероятности события при изменении фактора от минимального до максимального значения. Эти индикаторы позволяют количественно оценить вклад отдельных факторов в риск наступления события. Дополнительно уровень статистической значимости каждого фактора определяется через уровень P , рассчитанный на базе критерия Вальда, что позволяет подтвердить или опровергнуть его важность для модели в целом. Так, статистическая значимость коэффициента регрессии свидетельствует о том, насколько уверенно фактор может быть включен в логистическую модель для предсказания исхода. Для анализа эффективности модели используется мера, отображающая способность модели дифференцировать классы при разных порогах классификации. Показатель AuROC менее 0,7 указывает на слабую прогностическую способность модели, в диапазоне 0,7–0,8 - на среднее качество прогноза, а значение выше 0,8 отражает высокий уровень. Уровень статистической значимости принят при вероятности ошибки менее 0,05.

Результаты исследования и их обсуждение

Первым этапом было проведено исследование логистического регрессионного моделирования вероятности возникновения миопии у лиц мужского пола.

С помощью метода пошагового включения в регрессионную модель было получено уравнение прямой с тремя предикторами, имеющими больший вклад в вероятность возникновения миопии. Выбраны такие переменные: «Биометрия», «Радиус кривизны роговицы в плоском меридиане» и «Головной указатель». Также определена константа логистической регрессии.

Модель прогнозирования развития миопии у лиц мужского пола выглядит следующим образом:

$$P = \frac{1}{(1 + e^{(-(-33,192 + 3,11 * X - 5,832 * Y + 0,049 * Z)))}}, \quad (1)$$

где P – риск развития миопии у лиц мужского пола;

X – биометрия, мм;

Y – радиус кривизны роговицы в плоском меридиане, мм;

Z – головной указатель;

e – математическая константа, равна 2,7.

Для этих факторов в таблице 1 отображены средние показатели изменения рисков, отношения шансов, коэффициенты логистической регрессионной модели и статистическая значимость этих показателей для вероятности возникновения миопии.

Таблица 1

Структура логистической регрессионной модели вероятности возникновения миопии
у лиц мужского пола

Фактор	Среднее удельное/максималь- ное изменение риска, %	Отношение шансов (ДИ 95%)	Коэффициент регрессии	Уровень Р
Константа			33,1923	<0,0001
Биометрия, мм	65,1 / 98,7	22,43 (17,43; 8,87)	3,1105	<0,0001
Радиус кривизны роговицы в плоском меридиане, мм	-89,7 / -92,8	1,07 (1,05; 1,08)	-5,8324	<0,0001
Головной указатель	1,2 / 49,7	1,05 (1,04; 1,06)	0,0487	0,0001

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

В среднем увеличение биометрии на 1 мм ассоциируется с увеличением вероятности развития миопии на 65,1%. Также каждая дополнительная единица фактора «Головной указатель» повышает риск миопии на 1,2%. В то же время уменьшение значения радиуса кривизны роговицы в плоском меридиане на 1 мм увеличивает риск возникновения миопии на 89,7%. Эти показатели подчеркивают важность статистической взаимосвязи между факторами и их роль в предсказании риска миопии, интегрируясь в целостную прогнозную модель. Особенно значителен вклад параметров длины глаза, способных влиять на повышение риска развития миопии более чем на 98% при изменении показателей от минимального уровня до максимального.

В представленную логистическую модель можно заносить новые значения факторов для оценки вероятностей рисков. Показатель качества модели, а именно коэффициент AuROC логистической регрессии, составляет 0,783. Это указывает на среднюю способность модели предсказывать исходы (уровень значимости $P < 0,0001$).

Таблица 2 демонстрирует прогнозируемые показатели эффективности разработанной логистической модели для предсказания развития миопии среди мальчиков. Точка отсечения,

равная 0,01%, определена как идеальный порог для разграничения вероятности положительного исхода от вероятности негативного. В том случае, когда риск оценивается как больше или равный 0,01%, предполагается, что результат будет оценен верно. Если оценка риска ниже этого порога, то ожидаемый исход оценен неверно. Применяя данную методологию, можно достичь точности определения верных исходов в 70% случаев, а точность определения неверных результатов составит 73%.

Таблица 2

Прогнозные показатели качества построенной регрессионной модели вероятности возникновения миопии у лиц мужского пола

Показатели	Значения
Точка отсечения	0,01%
AuROC	0,783
Чувствительность	70,10%
Специфичность	73,39%
Эффективность	71,75%

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

Таким образом, методом пошагового включения факторов в анализ была разработана модель логистической регрессии, которая интегрирует три ключевых элемента для предсказания вероятности развития миопии. Особо значимым для определения риска неблагоприятного прогрессирования болезни оказался критерий «Биометрия», при этом в среднем на каждый миллиметр увеличения данного показателя риск развития заболевания возрастает на 65%. При изменении его значений от минимального до максимального риск может увеличиться более чем на 98%. Помимо этого, влияние на прогноз оказывают и другие факторы, среди которых «Радиус кривизны роговицы в плоском меридиане» и «Головной указатель», занимающие второе и третье места соответственно в иерархии значимости. Общее качество предсказательной способности модели оценивается как среднее.

Следующим этапом был выполнен анализ логистического регрессионного моделирования риска возникновения миопии у лиц женского пола.

С использованием метода пошагового включения в регрессионную модель также получено уравнение прямой с тремя предикторами, имеющими большой вклад в вероятность возникновения миопии, и определена константа логистической регрессии. Уравнение имеет следующий вид:

$$P = \frac{1}{(1 + e^{(-(-37,378 + 1,409 * X - 0,041 * Z + 0,008 * F)))}} \quad (2)$$

где P – риск развития миопии у лиц женского пола;

X – биометрия, мм;

Z – головной указатель;

F - индекс Пинье;

e – математическая константа, равна 2,7.

В таблице 3 представлены средние изменения рисков, отношения шансов, коэффициенты логистической регрессионной модели и их уровень значимости, влияющие на вероятность возникновения миопии для установленных факторов «Биометрия», «Головной указатель» и «Индекс Пинье».

Таблица 3

Структура логистической регрессионной модели вероятности возникновения миопии у лиц женского пола

Фактор	Среднее удельное/максимально е изменение риска, %	Отношение шансов (ДИ 95%)	Коэффициент регрессии	Уровень P
Константа			-37,3779	<0,0001
Биометрия, мм	31,8 / 85,7	4,09 (3,67; 4,57)	1,4094	<0,0001
Головной указатель	- 0,9 / - 40,3	1,04 (1,03; 1,05)	0,0407	<0,0001
Индекс Пинье	0,2 / 11,4	1,01 (1,00; 1,01)	0,0077	0,0006

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

При увеличении длины глаза на 1 мм это приводит к увеличению вероятности развития миопии в среднем на 31,8%, при этом увеличение индекса Пинье на 1 единицу ассоциируется с ростом риска на 0,2%. С другой стороны, уменьшение фактора «Головной указатель» сопряжено в среднем с повышением вероятности возникновения миопии на 0,9%. Эти показатели обладают статистической значимостью, что подчеркивает их весомую роль в объединенной модели прогнозирования рисков. Самым значимым предиктором аномального рефрактогенеза является биометрия, способная увеличить вероятность близорукости на 85,7%, если ее параметры изменятся от минимальных к максимальным. Головной указатель, изменение которого также влияет на риск развития миопии, при уменьшении своих значений может повысить вероятность возникновения близорукости до 40,3%. На последнем месте находится фактор «Индекс Пинье», при увеличении которого риск аномального рефрактогенеза повышается до 11,4%.

Коэффициент AuROC логистической модели равен 0,803, что говорит о ее высоком прогнозном качестве (уровень $P < 0,0001$). В созданную формулу возможно подставлять новые значения факторов и рассчитывать оценку рисков развития аномального рефрактогенеза.

В таблице 4 демонстрируются результаты ROC-анализа и прогнозные показатели качества разработанной логистической модели для прогнозирования миопии среди женщин. Значение точки отсечения, равное 100,00%, определяет наилучший критерий для разграничения вероятности возникновения заболевания от отсутствия развития болезни.

Таблица 4

Прогнозные показатели качества построенной регрессионной модели вероятности возникновения миопии у лиц женского пола

Показатели	Значения
Точка отсечения	100,00%
AuROC	0,803
Чувствительность	74,55%
Специфичность	72,67%
Эффективность	73,61%

Примечание: составлено авторами на основе полученных данных в ходе исследования.

При оценке риска, составляющего 100% или выше, предполагается, что авторы ожидали возникновение миопии у пациента, в то же время значения ниже 100% указывают на вероятность отсутствия возникновения миопии. Используя эту стратегию, можно с 75%-ной вероятностью точно предсказать развитие близорукости у пациента и с 73%-ной точностью – отсутствие патологии.

Таким образом, на основе пошагового метода включения факторов для определения риска возникновения миопии была построена логистическая регрессионная модель с 3 факторами. Наибольший вклад в прогнозирование развития аномального рефрактогенеза вносит фактор «Биометрия», который в среднем повышает риск на 31%, а в совокупности может повысить риск более чем на 85% при изменении значений фактора от минимального до максимального своего уровня. Прогнозное качество построенной модели имеет высокий уровень.

Результаты исследования согласуются с выводами Chen Y. и соавторов (2023), где также были выявлены такие предикторы возникновения миопии, как биометрия глаза и радиус кривизны роговицы. При этом авторы дополнительно уточняли соотношение длины глаза к радиусу кривизны роговицы как еще один значимый фактор в прогнозе развития близорукости [9].

В работе Fulton J.M. и соавт. были созданы таблицы для оценки прогноза возникновения близорукости в баллах, где аналогично полученным результатам одним из факторов риска были параметры биометрии [10].

При создании моделей прогнозирования аномального рефрактогенеза лучший результат прогноза отображался в моделях, где включался такой фактор, как длина глаза [11-13].

Относительно параметров телосложения, было определено увеличение риска аномального рефрактогенеза у лиц женского пола при снижении крепости телосложения, однако Lee S. и соавторы, наоборот, определяли взаимосвязь между высокой степенью близорукости и избыточным весом у девочек подросткового возраста в Корее [14]. В то же время Peled A. и соавторы (2022) установили рост числа случаев миопии у лиц обоего пола как при дефиците массы тела, так и при избыточной массе тела у лиц юношеского возраста в Израиле [15]. Вероятнее всего, эти различия связаны с этническими и региональными особенностями.

На основании полученных моделей логистической регрессии были созданы два калькулятора расчета вероятности возникновения миопии в программе Microsoft Excel 2016, первый для лиц мужского пола и второй - для лиц женского пола. Данные калькуляторы являются удобными и простыми в использовании и могут применяться как в практическом здравоохранении, на приеме у педиатра или врача-офтальмолога, на профилактических осмотрах в школах, так и в дальнейших научных исследованиях.

Заключение

Таким образом, в ходе исследования на основе пошагового метода включения факторов были построены две математические модели логистической регрессии, позволяющие проводить оценку вероятности возникновения миопии как у мальчиков, так и у девочек, подросткового возраста.

Для прогноза возникновения миопии у лиц мужского пола была построена логистическая регрессионная модель с 3 факторами, которыми явились «Биометрия», «Радиус кривизны роговицы в плоском меридиане» и «Головной указатель». Основная роль в прогнозировании аномального рефрактогенеза принадлежит параметру «Биометрия». Этот параметр в среднем увеличивает вероятность развития близорукости на 65,1%. При его увеличении до наибольшего значения вероятность может возрасти до 98% и более. Прогнозное качество построенной модели имеет средний уровень.

Для определения вероятности развития близорукости среди лиц женского пола также была разработана модель логистической регрессии, включающая три переменные: «Биометрия», «Головной указатель» и «Индекс Пинье». Из всех переменных наиболее

значимыми для прогнозирования возникновения миопии явились параметры биометрии глаз. В среднем, этот фактор увеличивает шанс развития близорукости на 31,8%, причем его воздействие может усилиться до 85,7% при увеличении его значений до максимальных. Прогнозное качество построенной модели имеет высокий уровень.

В программе Microsoft Excel 2016 созданы калькуляторы расчета вероятности возникновения миопии для лиц мужского и женского пола.

Разработанные модели логистической регрессии прогнозирования развития аномального рефрактогенеза позволяют определять группы риска пациентов на основе наиболее информативных клинических предикторов, что может быть использовано как в клинической практике, так и в научных целях.

Список литературы

1. Tang W., Tan T., Lin J., Wang X., Ye B., Zhou L., Zhao D., Liu L., Zou L. Developmental characteristics and control effects of myopia and eye diseases in children and adolescents: a school-based retrospective cohort study in Southwest China // *BMJ Open*. 2024. Vol. 14. № 9. P. e083051. DOI: 10.1136/bmjopen-2023-083051.
2. Zhou X., Liu T., Wu A., Cheng B., Chen M., Wang K. Prevalence of myopia among senior students in Fenghua, Eastern China, before and during the COVID-19 pandemic // *Front. Public Health*. 2023. Vol. 11. P. 1180800. DOI: 10.3389/fpubh.2023.1180800.
3. 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.
4. Gao L., Song Y., Sun X., Zhang J., Liu Y., Chen Y., Wu Z., Jian Y., Liu X., Lv L., Chen S., Wang Y. S., Chen N., Ke X., Zhang F. Safety and efficacy of intravitreal injection of conbercept for the treatment of patients with choroidal neovascularization secondary to pathological myopia: Results from the SHINY study // *Acta ophthalmologica*. 2024. Vol. 102. № 4. P. 577–586. DOI: 10.1111/aos.15810.
5. Leveziel N., Marillet S., Dufour Q., Lichtwitz O., Bentaleb Y., Pelen F., Ingrand P., Bourne R. Prevalence of macular complications related to myopia - Results of a multicenter evaluation of myopic patients in eye clinics in France // *Acta ophthalmologica*. 2020. Vol. 98 (2). P. 245–251. DOI: 10.1111/aos.14246.
6. Cheong K. X., Xu L., Ohno-Matsui K., Sabanayagam C., Saw S. M., Hoang Q. V. An evidence-based review of the epidemiology of myopic traction maculopathy // *Survey of ophthalmology*. 2022. Vol. 67 (6). P. 1603–1630. DOI: 10.1016/j.survophthal.2022.03.007.

7. Ibragimova H.Z., Rasulov H.A. Comparative analysis of craniometric parameters of patients with myopia and healthy children // Innovative Academy Research Support Center. 2024. Vol. 4. № 6. P. 104–109. DOI: 10.5281/zenodo.11667839.
8. 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. С. 95–101. DOI: 10.20333/25000136-2022-1-95-101.
9. Chen Y., Tan C., Foo L.L., He S., Zhang J., Bulloch G., Saw S. M., Li J., Morgan I., Guo X., He M. Development and Validation of a Model to Predict Who Will Develop Myopia in the Following Year as a Criterion to Define Premyopia // Asia Pac. J. Ophthalmol. (Phila). 2023. Vol. 12. № 1. P. 38–43. DOI: 10.1097/APO.0000000000000591.
10. 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. Physiol. Opt. 2025. Vol. 45. № 1. P. 89–99. DOI: 10.1111/opo.13416.
11. Mingming C., Zhongxin Z., Yuting G., Xinnan Z., Shaoli L., Junting L., Fangfang C., Zhou Y., Tao Y., Yanyu L., Hao Z. Research on the predictive performance of using ROC curve to evaluate axial length for myopia in children and adolescents. // BMC Ophthalmol. 2025. Vol. 10 (1). №25. P. 195. DOI: 10.1186/s12886-025-04017-8.
12. Mu J., Zhang Z., Wu X., Chen S., Geng H., Duan J. Refraction and ocular biometric parameters in 3-to 6-year-old preschool children : a large-scale population-based study in Chengdu, China // BMC Ophthalmol. 2024. Vol. 6(1). № 24. P. 207. DOI: 10.1186/s12886-024-03467-w
13. Qi Z., Li T, Chen J., Yam J. C., Wen Y., Huang G., Zhong H., He M., Zhu D., Dai R., Qian B., Wang J., Qian C., Wang W., Zheng Y., Zhang J., Yi X., Wang Z., Zhang B., Liu C., Xu X. A deep learning system for myopia onset prediction and intervention effectiveness evaluation in children // NPJ Digit. Med. 2024. Vol. 7. № 1. P. 206. DOI: 10.1038/s41746-024-01204-7.
14. Lee S., Lee H.J., Lee K.G., Kim, J. Obesity and high myopia in children and adolescents: Korea National Health and Nutrition Examination Survey // PLoS One. 2022. Vol. 17. № 3. P. e0265317. DOI: 10.1371/journal.pone.0265317.
15. 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 (Silver Spring). 2022. Vol. 30. № 8. P. 1691–1698. DOI: 10.1002/oby.23482.

Конфликт интересов: Авторы заявляют об отсутствии конфликта интересов.

Conflict of interest: The authors declare that there is no conflict of interest.