

Современные методы диагностики рефракционных нарушений у детей: анализ и перспективы развития

К. Е. Кузнецов

СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Porosenok.reyzi666@mail.ru

А. С. Чуваткин

СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

andreych1234567@gmail.com

А. А. Гриценко

СЗГМУ им. И.И. Мечникова

winterom94@mail.ru

Д. С. Шевченко

СПбГЭТУ «ЛЭТИ»

Аннотация. Статья представляет сравнительную характеристику современных методов рефрактометрии у детей раннего возраста. Проведен анализ условий применения и характеристик различных методов - как стационарных диагностических систем, используемых в амбулаторной практике, так и портативных решений. Отмечено, что мобильные устройства расширяют доступность обследования и позволяют проводить измерения вне клиники, однако могут сопровождаться снижением точности или повышенной зависимостью результата от опыта оператора. Сделан вывод о перспективности разработки портативных авторефрактометров для выявления рефракционных нарушений у детей младшего возраста.

Ключевые слова: рефракционные нарушения, авторефрактометрия, мобильные приложения, таблицы, офтальмологический скрининг, телемедицина

I. ВВЕДЕНИЕ

Нарушения рефракции относятся к числу наиболее распространённых офтальмологических патологий. Согласно данным международных исследований и Всемирного доклада о проблемах зрения, рефракционные аномалии остаются одной из основных причин нарушений зрения в мире [1, 2]. При этом эпидемиологические исследования последних лет свидетельствуют о росте распространённости миопии среди детского населения, причём прогнозируется дальнейшее увеличение числа пациентов с данной патологией в ближайшие десятилетия [3]. Развитие рефракционных нарушений связывают с комплексом факторов, включающих генетическую предрасположенность, интенсивную зрительную нагрузку на близком расстоянии и сокращение времени пребывания на открытом воздухе [7, 8].

Ранняя диагностика аномалий рефракции имеет принципиальное значение для профилактики стойкого снижения зрения у детей. Несвоевременное выявление и коррекция рефракционных нарушений могут приводить к развитию амблиопии, нарушению формирования бинокулярного зрения и снижению функциональных возможностей зрительной системы [4, 9]. В связи с этим особую роль приобретает проведение скрининговых обследований зрения в детском возрасте, направленных на раннее выявление патологических изменений [6, 12].

Диагностика рефракции у детей раннего возраста представляет определённые трудности, поскольку традиционные субъективные методы исследования требуют активного участия пациента и не всегда применимы в педиатрической практике. Для объективной оценки рефракции используются различные инструментальные методы, включая ретиноскопию и стационарную или портативную автоматическую рефрактометрию [10, 13].

В связи с этим актуальным представляется анализ современных методов диагностики рефракционных нарушений у детей и оценка перспектив развития портативных средств рефрактометрии.

II. МЕТОДЫ ДИАГНОСТИКИ

A. Субъективные методы диагностики

К субъективным методам диагностики относятся визиометрия, использование фороптеров и в ряде случаев периметрия, применяемая для оценки функционального состояния зрительной системы.

Визиометрия является одним из наиболее распространённых методов определения остроты зрения. Исследование проводится с использованием специальных таблиц оптотипов, позволяющих оценить способность глаза различать детали изображения на определённом расстоянии. Полученные результаты могут косвенно указывать на наличие аномалий рефракции, однако данный метод не позволяет непосредственно определить её величину и характер [11].

Для уточнения параметров рефракции применяются фороптеры, представляющие собой приборы, содержащие набор сменных линз различной оптической силы. Подбор линз осуществляется последовательно, а окончательная коррекция определяется на основании субъективных ощущений пациента, оценивающего чёткость изображения. Данный метод широко используется в клинической практике при подборе очковой коррекции, однако его применение требует активного взаимодействия пациента с исследователем и способности точно оценивать качество изображения [13].

Периметрия используется преимущественно для оценки границ поля зрения и функционального состояния зрительного анализатора. Несмотря на то, что данный метод не предназначен непосредственно для измерения рефракции, он может применяться как дополнительный диагностический инструмент при комплексном офтальмологическом обследовании [11].

В. Объективные методы диагностики

Классическим объективным методом определения рефракции является скиаскопия (ретиноскопия). Метод основан на наблюдении за движением светового рефлекса в зрачке при освещении глаза и перемещении источника света. Анализ характера движения светового пятна позволяет определить тип и величину рефракционной аномалии. Несмотря на достаточно высокую точность, результаты исследования в значительной степени зависят от опыта и квалификации специалиста [10].

В современной клинической практике широко используются автоматические рефрактометры, позволяющие проводить объективное измерение рефракции на основе анализа отражённого от сетчатки инфракрасного излучения. Стационарные авторефрактометры применяются преимущественно в условиях офтальмологических кабинетов и диагностических центров. Они обеспечивают высокую точность измерений и позволяют быстро получить количественные параметры рефракции, однако требуют стационарного размещения оборудования и участия пациента в процессе фиксации взгляда [10].

Альтернативно развиваются портативные авторефрактометры, предназначенные для проведения обследований вне медицинских учреждений. Такие устройства отличаются компактностью и мобильностью, что делает возможным их использование при массовых

скрининговых обследованиях, в том числе в образовательных учреждениях. Однако их точность может уступать стационарным системам, а результаты измерений могут зависеть от условий проведения исследования и опыта оператора [6, 10, 12].

Особого внимания среди портативных диагностических систем заслуживает устройство Plusoptix фирмы Plusoptix GmbH, который представлен на рис. 1.



Рис. 1. Внешний вид авторефрактометра Plusoptix

В отличие от традиционных авторефрактометров, конструкция устройства ориентирована на особенности поведения ребёнка во время обследования. Оно имеет игровой внешний вид и оснащено световыми и звуковыми сигналами, привлекающими внимание ребёнка и способствующими фиксации взгляда на приборе. Это позволяет проводить измерения у пациентов, которые не способны к осознанному взаимодействию с врачом, включая детей раннего возраста.

В табл. 1 приведено сравнение методов диагностики рефракции глаза пациента.

ТАБЛИЦА 1. СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ МЕТОДОВ ДИАГНОСТИКИ РЕФРАКЦИИ

Метод диагностики	Тип метода	Участие пациента	Точность измерения рефракции, ДПТР	Зависимость от опыта врача	Мобильность оборудования	Время исследования, мин	Основная область применения
Визиometрия	Субъективный	Высокое	Косвенная оценка	Низкая	Высокая	2–5	первичная оценка остроты зрения
Фороптер	Субъективный	Высокое	$\pm 0,12 \dots 0,25$	Средняя	Высокая	5–10	подбор очковой коррекции
Периметрия	Субъективный	Высокое	Не применяется	Средняя	Средняя	10–20	исследование поля зрения
Скиаскопия	Объективный	Среднее	$\pm 0,25 \dots 0,5$	Средняя	Высокая	3–5	клиническая диагностика рефракции
Стационарные авторефрактометры	Объективный	Среднее	$\pm 0,25 \dots 0,5$	Низкая	Очень низкая	1–2	амбулаторная диагностика
Портативные авторефрактометры	Объективный	Среднее	$\pm 0,25 \dots 0,5$	Средняя	Высокая	1–2	мобильная диагностика
Plusoptix	Объективный	Низкая	$\pm 0,25$	Низкая	Высокая	<1	мобильная диагностика

Исходя из приведенной таблицы, для обследования пациентов, неспособных к активному взаимодействию с врачом (в первую очередь детей младшего возраста), оптимальным решением являются портативные авторефрактометры, архитектурно ориентированные на привлечение и удержание внимания ребенка с помощью встроенных визуальных и звуковых стимулов, что позволяет провести диагностику быстро и без участия пациента. В отличие от стационарных аналогов и

субъективных методов, такие устройства обеспечивают высокую мобильность и эффективность скрининга вне специализированных учреждений, что делает их наиболее перспективным инструментом для раннего выявления нарушений рефракции у детей.

III. НАПРАВЛЕНИЯ СОВЕРШЕНСТВОВАНИЯ СИСТЕМЫ

Дальнейшее развитие подобных устройств требует решения ряда технических и методических задач,

направленных на повышение эффективности обследования детей младшего возраста. Основные направления совершенствования связаны с улучшением взаимодействия прибора с пациентом, автоматизацией процесса наведения на объект исследования и повышением скорости обработки диагностических данных.

Одной из задач является повышение эффективности привлечения и удержания внимания ребёнка во время проведения измерений за счет оптимизации визуальных и звуковых стимулов, встроенных в устройство. Использование динамических световых сигналов, анимационных изображений и коротких звуковых эффектов позволяет повысить вероятность фиксации взгляда ребёнка на приборе.

Другим важным направлением является автоматизация процесса обнаружения глаза пациента. Традиционно оператору часто приходится самостоятельно наводить прибор на глаз ребёнка и ожидать кратковременных моментов, когда взгляд оказывается направленным в сторону камеры. Это может существенно увеличивать время обследования и снижать вероятность получения корректного измерения. Применение методов компьютерного зрения позволяет автоматизировать процесс обнаружения глаз в поле зрения камеры. Алгоритмы распознавания могут использоваться для определения положения глаз и оценки их ориентации в пространстве, после чего система может автоматически инициировать процесс измерения при достижении оптимальных условий для регистрации оптического сигнала.

Эффективность подобных алгоритмов во многом определяется скоростью обработки изображений, поскольку диагностика должна проводиться практически в реальном времени. В связи с этим перспективным направлением является использование аппаратного ускорения вычислений, например с применением специализированных вычислительных модулей, графических процессоров или ПЛИС. Реализация алгоритмов обработки изображений на аппаратном уровне позволяет значительно сократить время обработки кадров и повысить устойчивость системы к кратковременным движениям пациента.

Таким образом, дальнейшее совершенствование портативных систем рефрактометрии связано с интеграцией современных технологий обработки изображений, оптимизацией интерфейсов взаимодействия с пациентом и применением аппаратных средств ускорения вычислений. Реализация данных подходов позволит повысить точность и скорость диагностики, а также расширить возможности использования портативных авторефрактометров при массовых профилактических обследованиях детей.

IV. Вывод

В работе был проведен сравнительный анализ существующих методов диагностики рефракции глаза, по результатам которого было определено, что наиболее эффективным инструментом для диагностики детей

младшего возраста являются портативные авторефрактометры, архитектурно адаптированные для работы с данной категорией пациентов. Ключевыми направлениями развития таких систем являются автоматизация процессов наведения и измерения на основе технологий компьютерного зрения, совершенствование интерфейсов для привлечения внимания ребёнка и повышение вычислительной эффективности. Разработка отечественных портативных авторефрактометров, учитывающих данные направления, является перспективной задачей, способной повысить доступность и качество офтальмологической помощи детям.

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

- [1] Всемирный доклад о проблемах зрения. URL: <https://iris.who.int/server/api/core/bitstreams/12394275-609f-4244-b797-3e9290b5e5ee/content>
- [2] Hashemi H, Fotouhi A, Yekta A, Pakzad R, Ostadimoghaddam H, Khabazkhoob M. Global and regional estimates of prevalence of refractive errors: systematic review and meta-analysis. *J Curr Ophthalmol*. 2017 Sep 27,30(1):3-22.
- [3] Liang J, Pu Y, Chen J, et al. Global prevalence, trend and projection of myopia in children and adolescents from 1990 to 2050: a comprehensive systematic review and meta-analysis. *British Journal of Ophthalmology* 2025,109:362-371.
- [4] Pirindhavellie, GP., Yong, A.C., Mashige, K.P. et al. The impact of spectacle correction on the well-being of children with vision impairment due to uncorrected refractive error: a systematic review. *BMC Public Health* 23, 1575 (2023). URL: <https://doi.org/10.1186/s12889-023-16484-z>
- [5] Lee, S.-H., Tseng, B.-Y., Wang, J.-H., Chiu, C.-J. Efficacy of Myopia Prevention in At-Risk Children: A Systematic Review and Network Meta-Analysis. *J. Clin. Med.* 2025, 14, 1665. URL: <https://doi.org/10.3390/jcm14051665>
- [6] Alvarez, M., Benedi-Garcia, C., Concepcion-Grande, P., Dotor, P., Gonzalez, A., Chamorro, E., Cleva, J.M. Early Detection of Refractive Errors by Photorefractometry at School Age. *Int. J. Environ. Res. Public Health* 2022, 19, 15880. URL: <https://doi.org/10.3390/ijerph192315880>
- [7] Martínez-Albert, N., Bueno-Gimeno, I., Gené-Sampedro, A. Risk Factors for Myopia: A Review. *J. Clin. Med.* 2023, 12, 6062. URL: <https://doi.org/10.3390/jcm12186062>
- [8] Philipp, D., Vogel, M., Brandt, M. et al. The relationship between myopia and near work, time outdoors and socioeconomic status in children and adolescents. *BMC Public Health* 22, 2058 (2022). URL: <https://doi.org/10.1186/s12889-022-14377-1>
- [9] Клинические рекомендации. Амблиопия. URL: https://avoportal.ru/documents/fkr/KR_AMBL_05_09_2024.pdf
- [10] Oral Y, Gunaydin N, Ozgur O, Arsan AK, Oskan S. A comparison of different autorefractors with retinoscopy in children. *J Pediatr Ophthalmol Strabismus*. 2012 Nov-Dec;49(6):370-7. doi: 10.3928/01913913-20120821-04. Epub 2012 Aug 28. PMID: 22938517.
- [11] Обзор методов проверки зрения у детей школьного возраста URL: <https://nhsjs.com/2025/a-review-of-vision-screening-techniques-for-school-aged-children/>
- [12] Янгиева Н.Р., Миралимова М.М., Искандарова Ш.Т. Раннее выявление и риск-стратификация рефракционных нарушений у детей дошкольного возраста: результаты двухэтапного скрининга в Юнусбадском и Мирзо-Улугбекском районах Ташкента. *Передовая офтальмология*. 2025,14(3):68-73.
- [13] Saxena R, Sharma P, Pediatric Ophthalmology Expert Group. National consensus statement regarding pediatric eye examination, refraction, and amblyopia management. *Indian J Ophthalmol*. 2020 Feb;68(2):325-332. doi: 10.4103/ijo.IJO_471_19. PMID: 31957721; PMID: PMC7003594.