

**ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ АВТОНОМНОЕ
ОБРАЗОВАТЕЛЬНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ ВЫСШЕГО ОБРАЗОВАНИЯ
«РОССИЙСКИЙ НАЦИОНАЛЬНЫЙ ИССЛЕДОВАТЕЛЬСКИЙ
МЕДИЦИНСКИЙ УНИВЕРСИТЕТ ИМЕНИ Н.И. ПИРОГОВА»
МИНИСТЕРСТВА ЗДРАВООХРАНЕНИЯ РОССИЙСКОЙ ФЕДЕРАЦИИ**

На правах рукописи

Казакова Анна Алексеевна

**РАЗРАБОТКА НОВЫХ ТАБЛИЦ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ И
СРАВНИТЕЛЬНЫЙ АНАЛИЗ РЕЗУЛЬТАТОВ ИХ АПРОБАЦИИ НА
ПАЦИЕНТАХ С РАЗЛИЧНОЙ ОФТАЛЬМОПАТОЛОГИЕЙ**

3.1.5. Офтальмология

ДИССЕРТАЦИЯ

на соискание учёной степени кандидата медицинских наук

Научный руководитель:
доктор медицинских наук, профессор
Медведев Игорь Борисович

Научный консультант:
кандидат биологических наук
Грачева Мария Александровна

Москва - 2022

Оглавление

ВВЕДЕНИЕ	4
ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ	15
1.1 Таблицы для оценки остроты зрения: основные термины	15
1.2 Исторический обзор создания различных таблиц, краткое описание, достоинства и недостатки	21
ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ.....	32
2.1. Стандартные таблицы.....	32
2.1.1. Таблица Сивцева-Головина	32
2.1.2. Таблица ETDRS.....	33
2.1.3 Таблица Lea	35
2.1.4. Таблица со знаками «Е»	36
2.2. Экспериментальные таблицы	37
2.2.1. Модифицированные трехполосные оптоотипы	37
2.2.2. Таблица ИППИ круговая	38
2.2.3. Таблица ИППИ-Р	39
2.2.4. Таблица ИППИ-П	41
2.3. Характеристика обследованных пациентов	43
2.4. Методы статистической обработки полученных результатов	48
ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ ТАБЛИЦ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОЗ НА ПАЦИЕНТАХ С РАЗЛИЧНЫМ СОСТОЯНИЕМ ЗРЕНИЯ.....	49
3.1. Серия I. Сравнение таблиц (ETDRS, Lea, таблица Сивцева-Головина, таблица ИППИ-К) для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на молодых взрослых	49
3.2. Серия II. Сравнение таблиц (таблица Сивцева-Головина, Lea, ETDRS, ИППИ-Р) для оценки остроты зрения по результатам измерений на школьниках.....	59
3.3. Серия III. Сравнение таблиц (Lea, ИППИ-П, ИППИ-Р) для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на детях с офтальмопатологией.....	69

3.4. Серия IV. Сравнение таблиц (ETDRS, ИППИ-Р, ИППИ-П, таблица со знаками «Е») для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на пациентах с катарактой	83
ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ	91
4.1. Обсуждение результатов сравнения таблиц (ETDRS, Lea, таблица Сивцева-Головина, ИППИ-К) для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на молодых взрослых.....	91
4.2. Обсуждение результатов сравнения таблиц (таблица Сивцева-Головина, Lea, ETDRS, ИППИ-Р) для оценки остроты зрения по результатам измерений на школьниках.....	95
4.3. Обсуждение результатов сравнения таблиц (Lea, ИППИ-П, ИППИ-Р) для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на детях с офтальмопатологией.....	97
4.4. Обсуждение результатов сравнение таблиц (ETDRS, ИППИ-Р, ИППИ-П, таблица со знаками «Е») для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на пациентах с катарактой.....	99
ЗАКЛЮЧЕНИЕ	104
ВЫВОДЫ.....	111
ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ.....	112
СПИСОК ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ.....	113
СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ.....	114
Приложение	132

ВВЕДЕНИЕ

Актуальность

Измерение остроты зрения (ОЗ) входит в число обязательных методов исследования органа зрения. Данный показатель служит отправным пунктом для диагностики патологии [69, 25, 26, 71, 68, 11, 58, 2; 17]. Очевидно, что успешность и качество оценки остроты зрения зависит от точности, надежности и повторяемости используемого метода.

Острота зрения, как правило, оценивается при помощи специальных таблиц, содержащих набор знаков – **оптотипов** – разного размера. В России чаще всего используются таблицы Сивцева-Головина, впервые изданные в 1923 году [12, 51], за рубежом – таблицы Снеллена, ETDRS, Lea и другие, которые различаются по виду оптотипов и их размещению (дизайну). В качестве оптотипов чаще всего используются либо буквы, либо картинки (в основном для детей), либо специальные символы, такие как знаки «Е» (tumbling-E), кольца Ландольта, трехполосные знаки; иногда также используются цифры в специальном начертании (например, Lea numbers). Основным требованием к оптотипам является схожесть их размытых фигур на пороге различения [44, 45, 121, 122 130]. Часто по данному параметру критикуют буквенные оптотипы [87].

Под дизайном таблицы подразумевается структура распределения знаков по площади таблицы, то есть дизайн описывает расстояние между символами (как между строками, так и между символами в строке) и число символов в строках. Существует три основных вида дизайнов таблиц для проверки остроты зрения. **Равномерный дизайн** (wide-spaced design), при котором расстояние между знаками и строками не зависит от размера знака, так что всё поле таблицы покрыто знаками равномерно; **линейный дизайн**, при котором расстояние между знаками в строке равно размеру знака, а строки со знаками распределены в зависимости от размера таблиц (т.е. распределение строк подбирается под размер таблицы) и

пропорциональный (proportional design), при котором расстояние между знаками равно ширине самих знаков, а между строками – высоте знаков меньшей строки (т.е. расстояние между строчками и знаками меняется пропорционально размеру знака).

Помимо этого, в разных таблицах используются разные шаги – изменения размеров оптоотипов от строки к строке.

На сегодняшний день разработаны десятки различных видов оптоотипов и сотни таблиц, и, несмотря на это, продолжается до сих пор разработка и апробация новых таблиц и оптоотипов как за рубежом [132, 123, 128, 99], так и в России [71, 45, 28, 35, 7].

Ряд современных работ посвящен сравнению существующих таблиц и выбору наилучших по удобству, повторяемости, точности. [73, 119, 95, 93]. Чаще всего таблицы сравнивают по критерию повторяемости результата – *repeatability* [135, 126, 131, 118]. Для этого обычно проводят тестовое и ретестовое (повторное) измерения и оценивают разность полученных значений. В идеале при повторных исследованиях данные должны точно повторяться. Таким образом, чем меньше разность значений при тесте и ретесте, тем лучше таблица. По результату анализа двадцати четырех недавних работ была построена гистограмма упоминания разных таблиц в публикациях (рис. 1): чаще других в сравнениях участвовали таблица ETDRS (в 15 статьях из 24) и таблица Lea (в 12 статьях). Популярная в России таблица Сивцева-Головина фигурировала только в одной сравнительной работе: оценивались результаты оценки ОЗ по таблице Сивцева-Головина и при помощи исчезающих оптоотипов [19].

Несмотря на повсеместную компьютеризацию, табличные тесты остаются наиболее удобными для врача и пациента и еще долго не уступят свое место более сложным и требующим технической поддержки решениям. В России не существует широко используемой более точной и надежной замены таблицам Сивцева-Головина несмотря на то, что по ряду критериев они не удовлетворяют международным требованиям [121, 122, 114]. Выбор оптимальных опто типов и концепции их расположения на таблице всё еще является актуальной темой исследований в области опто метрии.

Перспективными с точки зрения оценки остроты зрения являются

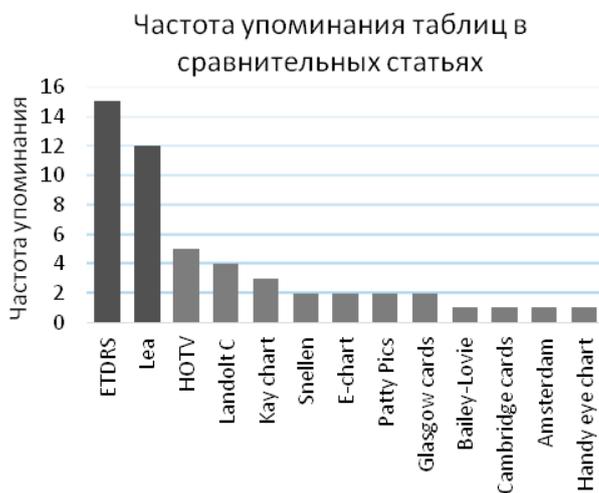


Рис. 1. Частота использования различных таблиц в недавних зарубежных сравнительных исследованиях.

таблицы с использованием разработанных в ИППИ РАН трехполосных опто типов [22]. Данные опто типы представляют собой черно-белые решетки из трёх горизонтальных или из трёх вертикальных полос, отношение длины полосы к ширине составляет от 5.7:1 до 6.0:1. Было показано, что выбранные пропорции

минимизируют низкочастотную составляющую разностных спектров Фурье горизонтального и вертикального опто типов [44], что на практике обеспечивает неразличимость опто типа по общей форме пятна на пороге разрешения - то есть опто тип невозможно угадать, если пациент не видит его четко. На момент начала работы существовал вариант таблицы в круговом дизайне с данными опто типами, который не полностью соответствует требованиям NAS-NRS 1980. Кроме того, в литературе не

изучена эффективность кругового дизайна таблицы и не представлено ее сравнение с наиболее широко используемыми таблицами как на здоровых испытуемых, так и на пациентах с различной офтальмопатологией, чем и обусловлена актуальность и необходимость проведения данной научной работы.

Степень разработанности темы

Несмотря на тенденции к компьютеризации измерений зрительных функций, таблицы для оценки остроты зрения не теряют своей популярности и остаются удобны в использовании как для врача, так и для пациента в силу компактности, дешевизны и отсутствия необходимости сложной технической поддержки.

На сегодняшний день, согласно отечественной и зарубежной литературе разработано и продолжает разрабатываться и апробироваться большое число новых опто типов и таблиц для проверки остроты зрения [132, 123, 128, 99; 71, 45; 28, 7].

Многие таблицы для оценки ОЗ подвергаются критике, так как используемые опто типы не всегда соответствуют главному критерию, предъявляемому к опто типам – одинаковая различимость при нечеткой фокусировке изображения на пороге разрешения. Следовательно, для проведения научных исследований, для точной оценки эффективности проводимого лечения, для мониторинга зрения, для проведения точных научных или экспертных оценок, для оценки возрастной динамики требуются точные и воспроизводимые методы оценки ОЗ (например, при исследовании зрения космонавтов [15, 16].

Поиск опто типов, протоколов и методов, позволяющих проводить такие измерения, всё еще является открытой областью исследований [32, 48, 27].

В России не существует широко используемой более точной и надежной замены таблицам Сивцева-Головина несмотря на то, что по

ряду критериев они не удовлетворяют международным требованиям [121, 122, 114]. При проведении обзора литературы в начале диссертационного исследования не было найдено работ по сравнению используемой много лет отечественной таблицы Сивцева-Головина с другими таблицами или по оценке ее повторяемости. Единственная найденная работа была опубликована в 2021 году, и она посвящена сравнению исчезающих опто типов и знаков из таблицы Сивцева-Головина [19]. Таким образом, выбор оптимальных опто типов и концепции их расположения на таблице всё еще является актуальной темой исследований в области опто метрии.

Одними из самых перспективных для оценки остроты зрения являются разработанные в ИППИ РАН трехполосные опто типы [44, 45, 28]. Опто типы представляют собой решетки из трёх полос, расположенных горизонтально или вертикально. При разработке этих тестовых знаков авторы опирались именно на критерий различимости, то есть пытались разработать знаки так, чтобы на пороге разрешения они выглядели одинаково. Этому свойству добивались, используя анализ Фурье-спектров изображений опто типов и минимизируя низкочастотную компоненту разностных спектров вертикального и горизонтального опто типов. Помимо вышеперечисленного, модифицированные трехполосные опто типы позволяют проверять зрение у детей или у тех пациентов, которые не знают кириллический алфавит.

На момент начала диссертационного исследования существовал только круговой дизайн таблицы с данными опто типами, который не полностью соответствует требованиям NAS-NRS 1980. Кроме того, в литературе не изучена эффективность имеющегося дизайна таблицы и ее сравнения с наиболее широко используемыми как у здоровых испытуемых, так и у пациентов с различной офтальмопатологией, чем и обусловлена актуальность и необходимость проведения данной научной работы.

Цель и задачи исследования

Цель исследования: улучшить диагностику остроты зрения у пациентов с офтальмопатологией путем разработки таблиц повышенной точности с модифицированными трехполосными опто типами и последующим сравнением их эффективности со стандартными таблицами.

Для достижения указанной цели были поставлены следующие задачи:

1. Проанализировать структуру и особенности существующих таблиц для оценки остроты зрения, оценить преимущества и недостатки разных типов дизайна и существующих опто типов.
2. Разработать набор таблиц на основе опто типов ИППИ (опто типов Института Проблем Передачи Информации), для оценки остроты зрения с использованием модифицированных трехполосных опто типов повышенной точности с разным принципом расположения опто типов (равномерный дизайн – ИППИ-Р, пропорциональный дизайн – ИППИ-П) и для разных расстояний измерения.
3. Провести сравнительную оценку остроты зрения у молодых взрослых по четырем таблицам: ИППИ-К, ИППИ-Р, Сивцева-Головина, ETDRS, Lea.
4. Провести сравнительную оценку остроты зрения у детей с офтальмопатологией по трем таблицам: ИППИ-Р, ИППИ-П, Lea.
5. Провести сравнительную оценку остроты зрения пациентов с катарактой по четырем таблицам: ИППИ-Р, ИППИ-П, ETDRS, со знаками «Е».

Основные положения, выносимые на защиту

1. Разработанные на основе модифицированных трехполосных тестовых знаков – опто типов ИППИ – таблицы с равномерным и пропорциональным дизайном – ИППИ-Р и ИППИ-П – являются эффективным средством для оценки остроты зрения, не уступающим

по критерию повторяемости стандартным таблицам, традиционно используемым для проверки остроты зрения, при этом новые таблицы имеют определенные преимущества.

2. По результатам апробации в группах детей с офтальмопатологией установлено, что таблицы ИППИ-П и ИППИ-Р могут не только успешно заменить в практической работе популярные детские таблицы Lea, но и показывают лучшие результаты по критерию повторяемости при неоднократных измерениях остроты зрения, что делает их более подходящими для проведения регулярной оценки зрения детей с офтальмопатологией.
3. Данные, полученные для взрослых пациентов показывают, что разработанные таблицы ИППИ-Р и ИППИ-П можно рекомендовать для обследования пациентов с катарактой, поскольку эти таблицы позволяют выявить и оценить различительные способности пациентов в диапазоне размеров тестовых знаков, которые уже неразличимы на таблицах со знаками «Е» и ETDRS.

Научная новизна

Впервые разработаны и апробированы таблицы с трехполосными оптотипами для оценки остроты зрения в равномерном и пропорциональном дизайне [патент РФ №2019504724].

Впервые получены данные по сравнению стандартных отечественных и зарубежных таблиц между собой.

Проведена экспериментальная оценка таблиц с трехполосными оптотипами по сравнению с таблицами Сивцева-Головина, ETDRS и Lea с точки зрения повторяемости и согласованности результатов на разных группах пациентов.

Впервые экспериментально оценены преимущества и недостатки новых таблиц с трехполосными оптотипами в сравнении со стандартными

таблицами с точки зрения повторяемости и удобства использования для разных групп пациентов (разного возраста и офтальмопатологий).

Проведено сравнение таблиц с трехполосными опто типами в равномерном и пропорциональном дизайне с таблицей Lea в группе детей с офтальмопатологиями, а также показано преимущество с точки зрения повторяемости таблиц с трехполосными опто типами в пропорциональном дизайне у детей со сниженной остротой зрения.

Проведено сравнение таблиц с трехполосными опто типами в равномерном и пропорциональном дизайне с наиболее часто используемыми таблицами ETDRS, таблицей со знаками «Е» в группе пациентов с катарактой.

Показано, что таблицы с модифицированными трехполосными стимулами не уступают по повторяемости таблицам ETDRS и Lea у пациентов с различной офтальмопатологией.

Теоретическая и практическая значимость работы

Проведен сравнительный анализ методов, используемых для оценки остроты зрения, позволяющий выделить перспективные направления оптимизации табличного метода оценки остроты зрения.

Разработаны и апробированы оригинальные табличные тесты для оценки остроты зрения, которые могут быть использованы на практике в научных исследованиях, для оценки возрастной динамики, скрининговых обследований, оценки результатов лечения, в научной работе [патент РФ №2019504724].

Проведены сравнительные исследования новых разработанных таблиц с трехполосными опто типами со стандартными таблицами: ETDRS, Lea, таблицей Сивцева-Головина, таблицей со знаками «Е».

Показана лучшая повторяемость при использовании пропорционального дизайна (ИППИ-П) в сравнении с равномерным дизайном (ИППИ-Р) в таблицах с трехполосными опто типами для детей со сниженной остротой зрения.

Показано, что новые разработанные таблицы с трехполосными опто типами разных дизайнов не уступают по повторяемости стандартным таблицам.

Методология и методы исследования

Методология исследования включала в себя оценку остроты зрения на разных группах пациентов по стандартным и новым разработанным таблицам, сравнение таблиц по воспроизводимости и оценку их преимуществ и недостатков с точки зрения пациентов и мед персонала. Исследование выполнено с соблюдением принципов доказательной медицины в отношении отбора пациентов и обработки результатов. Диссертационная работа проведена с использованием клинических, инструментальных и статистических методов исследования.

Для оценки распределения полученных данных использовались критерии Шапиро-Уилке и Колмогорова-Смирнова. Для сравнения выборок использовались непараметрические критерии сравнения средних при повторных измерениях (критерии Вилкоксона и Фридмана). Для оценки распределения разностей и для оценки согласованности значений, полученных при использовании разных таблиц, использовались методы анализа Бленда-Альтмана [81, 82, 83]. Для оценки границ согласованности в рамках анализа Бленда-Альтмана использовались непараметрические методы (оценка 2.5 и 97.5 перцентилей). Перед проведением анализа исходные данные логарифмировались [81, 39], так как исходные данные в десятичных единицах продемонстрировали явную гетероскедастичность.

Внедрение результатов исследования

Результаты исследований были внедрены в экспертную работу Института проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, в научную работу отдела «Психология, нейрофизиология и психофизиология деятельности операторов» Государственного научного центра Российской Федерации – Института медико-биологических проблем РАН, в научную деятельность и учебный процесс кафедры офтальмологии ФДПО ФГАОУ

ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова и в офтальмологическое отделение филиала №1 ФГБУ «ГВКГ им. академика Н.И. Бурденко».

Апробация результатов

Результаты исследований были представлены на заседаниях кафедры ФДПО РНИМУ им. Н.И. Пирогова, в лаборатории №11 «Зрительные системы» ИППИ РАН, в ГНЦ РФ ИМБП РАН в отделе «Психология, нейрофизиология и психофизиология деятельности операторов».

Получен патент РФ №2019504724 «Графическое изображение таблицы для оценки остроты зрения».

Российские конференции:

- Научная конференция офтальмологов с международным участием «Невские горизонты», (2020).
- Всероссийская конференция с международным участием «Интегративная физиология», посвящённая 95-летию Института физиологии им. И.П. Павлова РАН, (2020).

Международные конференции:

- The 10th Conference of Lithuanian neuroscience association (LNA) and 2nd International symposium on visual physiology, environment, and perception – VisPEP (Vilnius, Lithuania, 2018).
- The 12th Conference of Lithuanian neuroscience association (LNA) (Online, 2020).
- European Conference on Visual Perception – ECVP-42 (Leuven, Belgium, 2019)
- European Conference on Visual Perception – ECVP-43 (Online, 2021).
- European Society of Cataract and Refractive Surgeons Congress – ESCRS-37 (Paris, France, 2019).

Личный вклад автора

Личный вклад автора состоит в участии на всех этапах проведения научно-практического исследования, включая анализ литературы и

написание литературного обзора, набор клинического материала (диссертант лично выполнил исследование на всех пациентах), систематизацию и статистическую обработку полученных данных, подготовку научных публикаций, тезисов докладов и их представление на российских и зарубежных конференциях, написание текста диссертации и автореферата. Автору принадлежит определяющая роль в интерпретации результатов, формулировании и обосновании выводов и практических рекомендаций.

Соответствие диссертации паспорту специальности

Научные положения и результаты диссертации соответствуют формуле и области исследований специальности 3.1.5. Офтальмология (медицинские науки).

Публикации

По материалам диссертации опубликовано 13 научных работ: 4 статьи в рецензируемых журналах, рекомендованных ВАК, 7 тезисов на международных конференциях, 2 тезиса на российских конференциях, получен патент РФ №2019504724 «Графическое изображение таблицы для оценки остроты зрения».

Объём и структура работы

Диссертация состоит из введения, 4 глав, заключения, выводов, практических рекомендаций, списка терминов и сокращений, списка литературы и приложения. Список цитируемой литературы включает 150 источников (из них 79 иностранных). Общий объём диссертации составляет 135 страниц печатного текста, включая 36 рисунков и 46 таблиц.

ГЛАВА 1. ОБЗОР ЛИТЕРАТУРЫ

1.1 Таблицы для оценки остроты зрения: основные термины

Острота зрения (ОЗ) - важнейший показатель состояния зрительной системы, и сегодня самым популярным способом ее оценки являются табличные тесты [33, 34, 1]. Существующие таблицы сильно различаются по своим параметрам, хотя работы по стандартизации и таблиц, и методов измерения этого показателя ведутся довольно давно. В одном из обзоров [125] подробно рассмотрены основные требования различных стандартов США и проанализирован вопрос о том, когда можно обойтись без стандартизации таблиц, а в каких клинических процедурах она необходима. Авторы пишут, цитируя один из стандартов [121, 122], что стандартизация позволяет 1) оценивать различия между несколькими обследованиями одного и того же пациента; 2) сравнивать результаты, полученные другими исследователями, в том числе в других клиниках или научных учреждениях; 3) сопоставлять результаты оценки эффективности лечения; 4) отслеживать динамику остроты зрения с течением времени (то есть сравнивать результаты, полученные при многократных измерениях пациента в течение нескольких лет – исследование возрастной динамики показателя) [см. также 55, 18, 41, 61, 20, 14].

При проведении оценки ОЗ есть ряд нюансов, на которые стоит обращать внимание и которые важно упоминать в описании методики при публикации результатов: освещенность таблицы, использование/отсутствие указки, тип используемой таблицы, форма и контраст тестовых знаков, дистанция наблюдения и другие. Разумеется, существенное влияние оказывает также состояние пациента: как медицинские факторы (например, прозрачность глазных сред, рефракция, состояние сетчатки), так и такие параметры, как величина зрачка и уровень утомления. Но особенно часто в литературе по оценке остроты

зрения внимание уделяется правилам окончания процедуры (termination rule), правилам подсчета итогового результата (scoring rule) и правилам для ответа испытуемого (с вынужденным выбором или без вынужденного выбора) [89, 77, 114, 129, 143, 144, 107, 59, 29, 43].

В данной главе рассмотрены табличные тесты и оптоотипы для оценки остроты зрения для дали. В первой части обзора представлены основные термины: оптоотипы, дизайн и шаги таблицы, рассмотрены правила завершения процедуры измерения. Во второй части изложена история появления и развития самых распространенных таблиц и дается их краткое описание.

Таблицы для оценки остроты зрения различаются по общей структуре и виду тестовых знаков. **Оптоотипы** – это тестовые знаки, используемые для оценки ОЗ, например, буквы, знаки «Е», кольца Ландольта, картинки и др. В разных статьях для оптоотипов используют термины «знаки», «символы», «стимулы», «паттерны». **Дизайн таблицы** – принцип расположения оптоотипов по площади таблицы; то есть дизайн описывает число знаков в строке, изменение размера оптоотипов от строки к строке и расстояние между оптоотипами (как между строками, так и между знаками в каждой строке).

Различные виды таблиц и оптоотипов, расположенные в хронологическом порядке их появления, представлены на рис. 2.

На сегодняшний день разработано довольно много различных видов оптоотипов, но, несмотря на это, продолжается разработка новых [105, 130, 133, 134, 143, 144, 3]. Все оптоотипы условно можно подразделить на буквы, цифры, картинки и специальные символы (кольца Ландольта, трехполосные стимулы, знаки «Е» и др.).

Одним из самых важных критериев при составлении набора оптоотипов является критерий **различимости** на пороге узнавания (legibility): при наблюдении нечетких или размытых оптоотипов они должны иметь одинаковую общую форму размытого пятна. То есть

различимость (узнаваемость) должна быть одинаковая или максимально близкая для всех опто типов в наборе [121, 122, 130, 111, 84, 44, 45]. В некоторых исследованиях по этому параметру критикуют буквенные опто типы [87, 105, 106]. Кроме того, в стандарте 1984 года [114] есть такой комментарий: среди 26 букв латинского алфавита только буква «А» по общей форме напоминает треугольник с основанием внизу; для опознания такой буквы среди всех прочих букв достаточно увидеть пятно в форме треугольника (общий контур размытого пятна), а различимость тонкой структуры линий не обязательна – это делает измерения ОЗ по буквам менее точными.

Для точной и повторяемой оценки ОЗ важно устанавливать четкое правило окончания процедуры и оценки порогового значения. По самым популярным правилам оценки порога за итоговое значение ОЗ принимается [135]:

1. значение, указанное у той строки таблицы, в которой не было ни одной ошибки.
2. значение, указанное у той строки таблицы, в которой было не более одной ошибки.
3. значение, указанное у той строки таблицы, в которой пациент правильно назвал не менее половины знаков.
4. значение, в которое вносит вклад каждый распознанный стимул (так называемая побуквенная оценка - sign-by-sign / letter-by-letter scoring - впервые введенная в практику в работе Бейли и Лови в 1976 [75]).

Использованные в исследовании правила окончания процедуры и оценки порога важно учитывать при анализе и интерпретации данных и упоминать в описании методики при публикации результатов [см. также 124, 89].

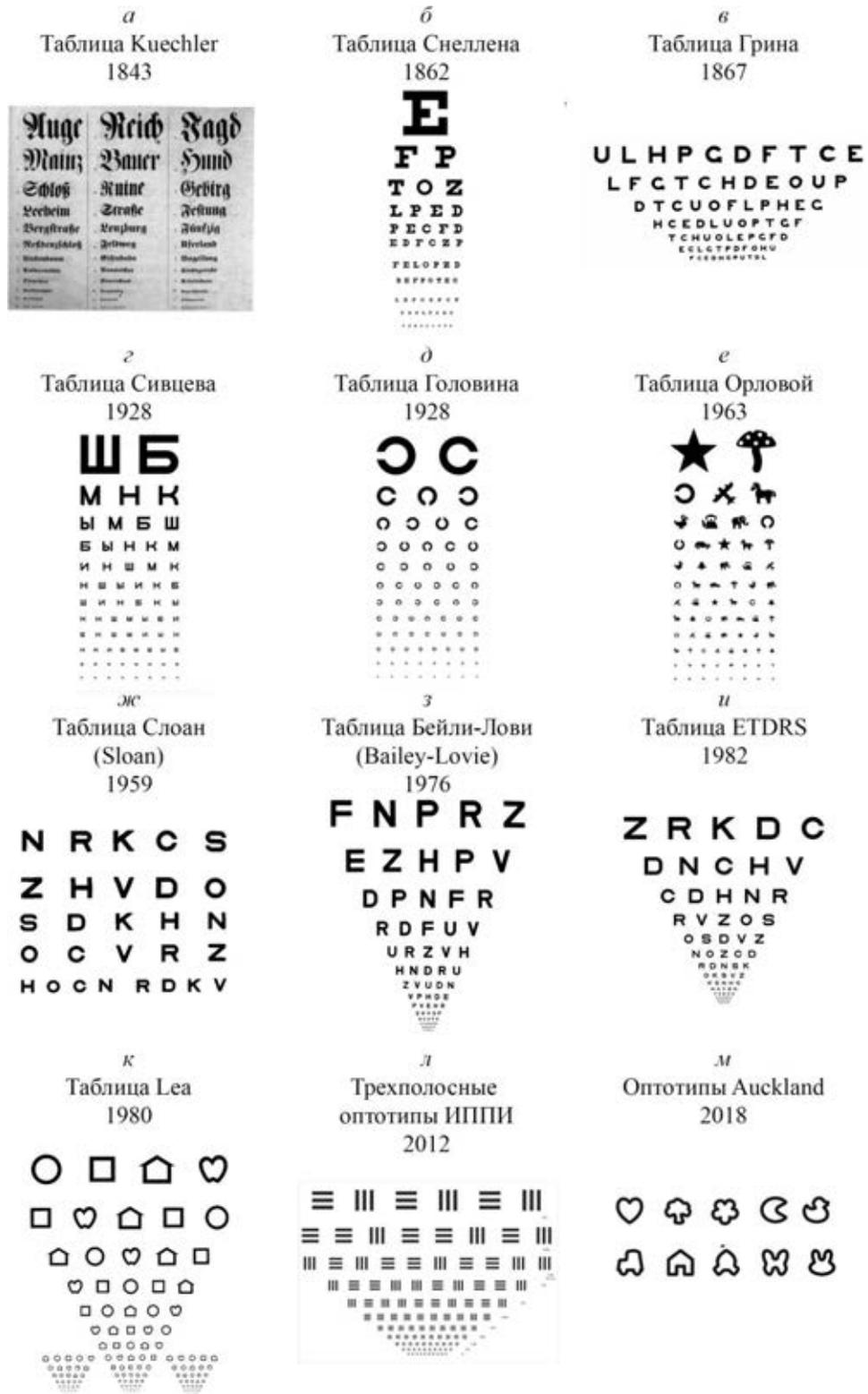


Рис. 2. Виды таблиц и оптопов с указанием года первой публикации.

В качестве меры остроты зрения используют различные единицы: десятичные единицы (самые распространенные в России и Европе), единицы logMAR, дробь Снеллена и др. Существует множество работ по

сравнению различных единиц измерения, но все еще нет однозначного мнения, какие из них лучше использовать в клинической и научной практике [46, 47, 70, 109]. По мнению некоторых авторов, logMAR единицы являются более подходящими для статистической обработки данных [98, 149], однако недавно ведущие офтальмологические журналы начали рекомендовать при публикации результатов в logMAR приводить рядом соответствующее значение в привычных десятичных единицах [146], так как большинство специалистов плохо понимают данные, представленные в logMAR. Различные единицы используются не только для выражения полученных результатов, но и при создании таблиц – для определения шага изменения размера опто типа от строки к строке [114, 125].

Пропорциональный и равномерный дизайны таблиц встречаются чаще всего. В таблицах с равномерным дизайном (wide-spaced design) тестовые знаки заполняют поле таблицы равномерно, то есть расстояние между знаками в строках и самими строками не зависит от размера опто типов. Ранние таблицы, как правило, имели равномерный дизайн (например, рис. 2, б, г, д, е, ж).

Появление работ о краудинг-эффекте, также называемом взаимодействием контуров, вызвало дискуссии о влиянии плотности расположения опто типов на таблице на оценку остроты зрения. Согласно работам о краудинг-эффекте близкорасположенные знаки могут влиять друг на друга [85, 91, 9], при этом считается, что зона краудинг-эффекта пропорциональна размеру опто типа. Поэтому основа пропорционального дизайна (proportional design) – пропорциональное размеру опто типа изменение расстояния между стимулами и строками. Стимулы во всех строках имеют эквивалентную плотность окружения (рис. 2, в, з, и), то есть краудинг-эффект уравнен по всей таблице и это считается преимуществом данного дизайна [114].

Менее строгим является вариант линейного дизайна (linear-spaced design), в котором расстояния между строками (по вертикали) подбираются под общий размер таблицы, не регулируются строгими правилами, а расстояния между символами в строках (по горизонтали) пропорциональны размерам самих стимулов. Схематически описываемые типы дизайнов представлены на рис. 3.

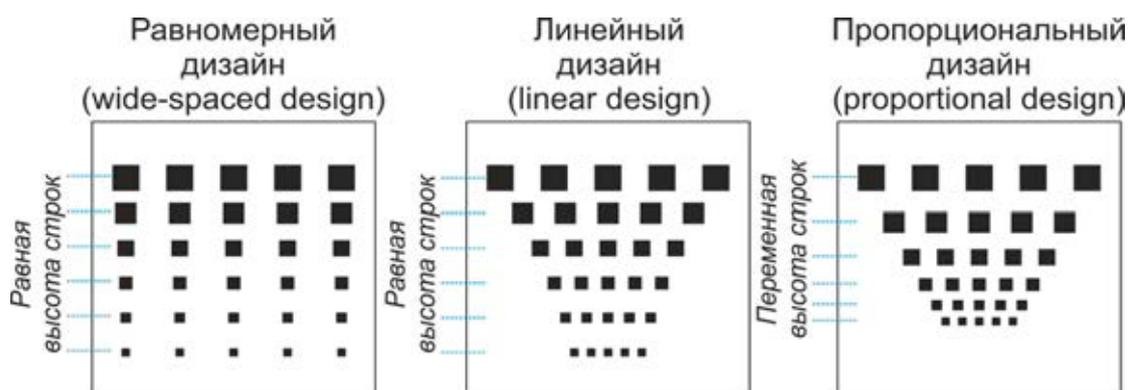


Рис. 3. Типы дизайнов таблиц для проверки остроты зрения вдаль.

Независимо от дизайна, в разных таблицах используется различный **шаг** - принцип изменения размера букв от строки к строке. Шаг может быть по арифметической прогрессии (иногда используют термин **арифметический шаг**): размер знаков в следующей строке соответствует изменению остроты зрения на постоянную величину в десятичных единицах, например, на 0.1 дес.ед. Другой часто встречаемый вариант изменения размера - по геометрической прогрессии (**геометрический** или **логарифмический шаг**): размер знаков следующей строки определяется умножением размера знаков предыдущей строки на некоторый коэффициент, наиболее часто используется коэффициент 1,26. Например, при арифметической прогрессии с шагом 0.1 за строкой 0.7 следуют строки 0.8, 0.9, 1.0 и т.д. При геометрической прогрессии с шагом в 1.26 раза за строкой, соответствующей остроте зрения 0.5, идут строки 0.63, 0.8, 1.0, 1.26. При переводе в единицы logMAR, шаг в 1.26 раза соответствует шагу в 0.1 logMAR, то есть те же уровни в единицах logMAR будут идти с шагом 0.1 logMAR: 0.5 в десятичных единицах соответствует (+0.3) logMAR, 0.63 – (+0.2) logMAR, 0.8 – (+0.1) logMAR,

1.0 – 0 logMAR, 1.26 – (-0.1) logMAR. Для перевода значений ОЗ из logMAR в дес.ед. удобно помнить, что значение 1.0 дес.ед. соответствует значению 0 logMAR. Схематическое соответствие величин представлено на рис. 4.

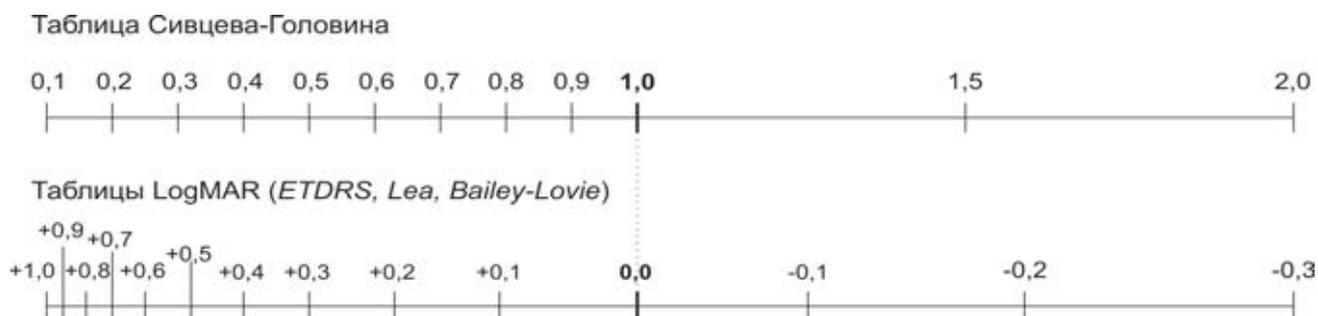


Рис. 4. Шаги изменения значений остроты зрения от строки к строке в таблице Сивцева-Головина и в logMAR таблицах (таких как ETDRS, Lea, Bailey-Lovie).

Важно понимать, что понятие logMAR дизайн (logMAR chart) включает в себя не только логарифмический шаг, но и принцип распределения опто типов по таблице (принцип logMAR таблиц будет описан ниже).

1.2 Исторический обзор создания различных таблиц, краткое описание, достоинства и недостатки

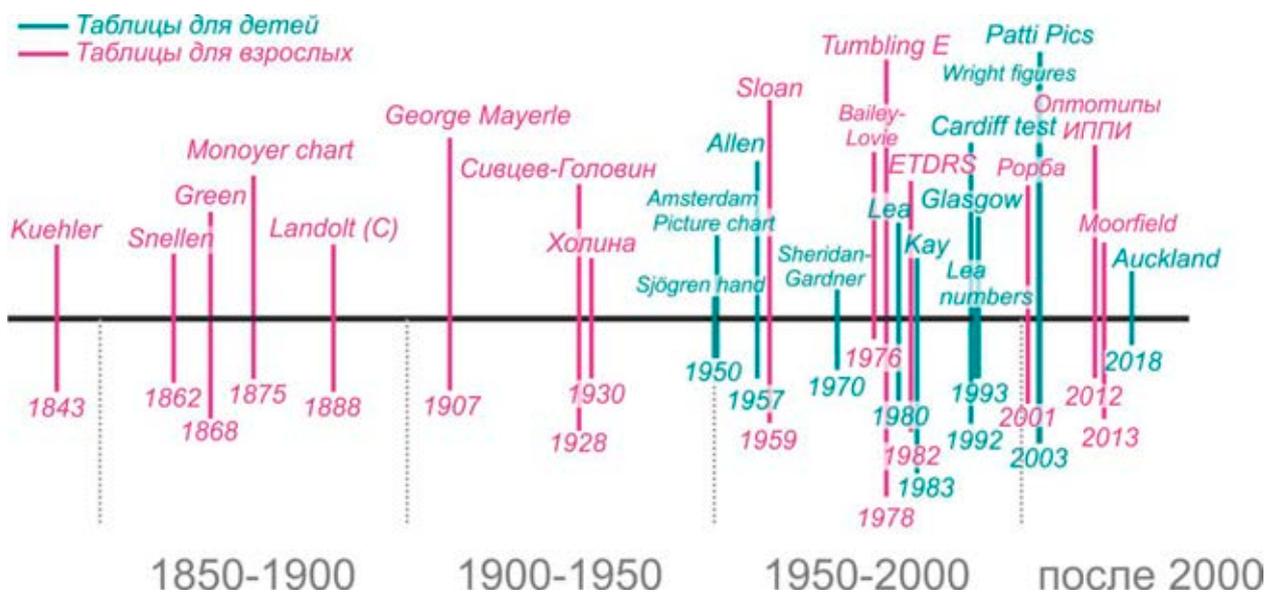


Рис. 5. Хронологическая схема появления различных таблиц для оценки остроты зрения вдаль.

До середины 19 века состояние зрения у пациентов в историях болезней описывали только в общем виде: нормальное зрение, зрение испортилось, зрение улучшилось, зрение ослабло [13]. Период от середины 19 века Коленбрандер [90] в своем обзоре назвал «золотым веком» офтальмологии – именно тогда Гельмгольц, Грефе, Боумен и Дондерс активно разрабатывали новые, революционные методы подробной оценки состояния зрения, среди которых можно перечислить и изобретенный в 1851 году Гельмгольцем офтальмоскоп.

Первые известные таблицы для проверки остроты зрения для дали были предложены Кюхлером в 1843 году (рис. 2, а; [90, 96, 97]), а в 1854 появились первые таблицы для близи – таблицы Джагера, которые во многих странах используются до сих пор (см. также хронологическую схему появления таблиц для дали, рис. 5).

На протяжении долгого времени в западных странах наиболее распространенной таблицей была таблица, разработанная Снелленом в 1862 году [125, 140, 80], внешний вид которой представлен на рис. 2, б. Дизайн таблицы близок к равномерному: она имеет различное количество букв в каждой строке и непропорциональные расстояния между буквами и строками. Согласно обзору [90], идея создания таблиц для дали принадлежала руководителю Снеллена – Дондерсу, который в тот период активно занимался вопросами оценки остроты зрения: он одним из первых предложил используемую до сих пор количественную меру остроты зрения – десятичные единицы [116], и, после создания Снелленом таблиц, проводил, вместе со своими учениками, масштабные исследования возрастной динамики остроты зрения [90, 92].

В России самой распространенной таблицей для проверки остроты зрения является парная таблица Сивцева-Головина, разработанная Д. Сивцевым и С. Головиным в 1928 г. [13]. Данная таблица в одной части содержит буквенные оптоотипы (7 буквенных оптоотипов с повторами), таблица Сивцева (рис. 2, г); в другой – кольца Ландольта, таблица

Головина (рис. 2, д). Обе части таблицы Сивцева-Головина были разработаны в равномерном дизайне, с разным количеством знаков в строках и с близким к арифметическому шагом: в современной версии таблицы значения ниже 1.0 идут с шагом 0.1, после 1.0 есть только уровни 1.5 и 2.0. Очень близкая по структуре таблица, содержащая оптоотипы-картинки, - таблица Орловой, которая широко используется в нашей стране для обследования детей (рис. 2, е).

Из рисунка 2 видно, что по принципу построения таблица Сивцева-Головина похожа на таблицу Снеллена. Вероятно, именно таблица Снеллена была взята за основу при разработке отечественной таблицы. Проверка зрения за рубежом до сих пор иногда проводится по таблице Снеллена, несмотря на то, что ее недостатки обсуждались почти с момента ее появления, и, согласно опубликованным данным, оценки остроты зрения, полученные с ее помощью, имеют плохую повторяемость: при неоднократном тестировании различия результатов в две строки показывают до 13% пациентов [103, 118].

Работа Беннета [80] представляет собой подробный исторический обзор развития оптоотипов и таблиц для проверки ОЗ. Из подобных обзоров видно, что из множества идей и принципов наиболее часто в международных стандартах повторяются две рекомендации.

Во-первых, рекомендуется использовать логарифмический шаг изменения размера. В большинстве работ и стандартов рекомендуют использовать шаг $0.1 \log\text{MAR}$ (то есть изменение в 1.26 раза) [100, 101]. В российских разработках использовался также шаг в 1.1 раза [64], но данная таблица не получила широкого распространения, возможно, из-за их большого размера, что отмечала в качестве недостатка и сама автор. Идея пропорционального изменения шага была впервые предложена в таблице Грина (рис. 2, в; [104]) всего через 5 лет после публикации таблиц Снеллена. Идея Грина в то время не была поддержана офтальмологическим сообществом. Однако в 1953 году международный

совет по офтальмологии (International Council of Ophthalmology Committee on optotypes) снова возвращается к этому предложению [127]. Чуть позже, в 1959 году, Льюис Слоан выпускает публикацию [138], представляющую не только новые оптоотипы (широко известные сегодня буквы Слоан), но и таблицы на основе этих оптоотипов, составленные именно с логарифмическим шагом. В 1974 году принцип логарифмического шага официально входит в состав немецкого стандарта [94], а после и во многие другие международные стандарты по оценке остроты зрения.

Во-вторых, одной из ключевых является рекомендация использовать оптоотипы одинаковой различимости на пороге узнавания. Для специальных знаков, таких как знаки «Е», кольца Ландольта это легче соблюсти; в случае буквенных оптоотипов добиться равной различимости крайне трудно. Тем не менее существует ряд публикаций посвященных созданию наборов буквенных оптоотипов максимально близкой различимости [138, 88, 80, 150].

В упомянутой выше работе Льюис Слоан [138] автор попыталась учесть обе этих рекомендации: разработанные таблицы были сделаны в принципе логарифмического шага размера, а использованные буквенные оптоотипы были специально отобраны для уравнивания различимости. В наборе Слоан содержатся 10 букв в пропорциях 5*5 относительно ширины линии (рис. 2, ж). Несмотря на большую работу, проделанную автором для отбора оптоотипов, более поздние работы показывают, что различимость букв всё же неодинакова [128].

В 1976 году Бейли и Лови предлагают свои новые таблицы [75]. Они используют оптоотипы, рекомендуемые британским стандартом [86], и разрабатывают строгие критерии расположения оптоотипов на таблице. Таблица Бейли-Лови (рис. 2, з) построена в пропорциональном дизайне; в таблицы использован геометрический шаг размера, как в таблицах Слоан; каждая строка содержит равное число букв [75]. Разработанный дизайн, вне зависимости от используемых оптоотипов, часто называют «золотым

стандартом» [118, 76], и он часто упоминается как logMAR дизайн или logMAR таблицы (logMAR chart). Одной из самых известных logMAR таблиц является таблица ETDRS.

ETDRS расшифровывается как Early Treatment of Diabetic Retinopathy Study – исследование по раннему лечению диабетической ретинопатии. Несмотря на словосочетание «диабетическая ретинопатия», таблица используется в качестве диагностического средства для всех пациентов, в том числе и не имеющих патологии. Такая аббревиатура закрепилась за таблицами, так как ее разработчиками была группа с одноименным названием из National Eye Institute. В 1978 году группа ETDRS планировала масштабное мультицентровое исследование, для чего они хотели использовать наиболее точные и стандартизированные таблицы. Взяв за основу таблицы Бейли-Лови и адаптировав их согласно рекомендациям NAS-NRC [121, 122], они опубликовали работы [100, 115], представлявшие новые тогда таблицы ETDRS. В упомянутом стандарте NAS-NRC рекомендуется использовать кольца Ландольта или буквы Слоан, и Феррис с соавторами использовали в своей таблице буквы Слоан с пропорциями 5*5 вместо букв Британского стандарта [86] с пропорциями 5*4, которые использовали Бейли и Лови. Помимо этого, первая таблица ETDRS была разработана для расстояния 4 м, что согласуется с рекомендациями NAS-NRC [121, 122], в то время как таблицы Бейли-Лови разрабатывались для 6 метров. В остальном дизайн двух таблиц не отличался. Подробный обзор истории появления таблиц ETDRS и создания дизайна LogMAR таблиц представлены в работе [76]. С тех пор появились разные варианты таблиц ETDRS. Среди них способ проверки остроты зрения [6], представляющий собой модификацию таблицы ETDRS с использованием букв, присутствующих в украинском алфавите. Шаг между строками – 0.1 logMAR, с добавлением значений 0.71 и 0.9 по десятичной шкале. Другой модификацией является European Wide Use ETDRS – таблица ETDRS с буквами, содержащимися и в

кириллице и латинице, что позволяет использовать ее и у пациентов, знающих только кириллический алфавит [128].

Таблицы с опто типами-картинками наиболее удобны для диагностики зрения у детей младшего возраста, так как многие из них не знают алфавита или называют буквы неуверенно. Специальные символы (кольца Ландольта или знаки E) не всегда для этого подходят: многие дети довольно долго путаются в определении правого и левого направления [136], а картинки упрощают процесс тестирования и вызывают у детей большую заинтересованность. Например, известный метод проверки остроты зрения у детей с помощью таблиц [36] представляет собой таблицу с изображениями машин с колесами в виде замкнутого или разорванного кольца с разным направлением разрыва (по аналогии с кольцом Ландольта). Таблица состоит из двух листов (один лист – с тремя рядами, второй – с семью рядами опто типов с шагом 0.1 дес.ед, диапазон от 0.1 до 1.0), предназначена для расстояния в 2.5 м. Одним из недостатков таблицы является ограничение диапазона измерений до 1.0, хотя в ряде работ показано, что зрение детей часто превышает это значение [43, 5]. Среди самых популярных таблиц для детей можно назвать таблицу Орловой, Allen figures test, handy eye chart, Kay Pictures и др. Однако все они часто подвергаются критике, так как не всегда соответствуют главному принципу, предъявляемому к разработке и отбору опто типов: одинаковая различимость при нечеткой фокусировке изображения. Одной из самых известных таблиц с картинками, которые, по мнению разработчиков, имеют одинаковую различимость на пороге разрешения, является таблица Lea (рис. 2, к) [111]. Таблица использует четыре опто типа-картинки: домик, квадрат, круг и яблочко (сердечко). Сама автор таблиц пишет, что вид картинки при расфокусировке был одним из главных параметров при разработке [65]. В оригинальной работе автор описывает процесс выбора параметров для опто типов: референтной таблицей, под значения которой подбирались опто типы, была таблица со

знаками «Е» (tumbling-E). Сегодня таблица со знаками «Е» реже используется как стандартное средство измерения, и в сравнительных работах часто появляются данные, что таблица Lea несколько завышает получаемые значения остроты зрения [119, 95, 79, 137]. Например, в работе [95] при сравнении таблиц Lea и ETDRS на одних и тех же пациентах значения, полученные по Lea, на 0.5 строчки выше, чем по ETDRS. Учитывая структуру таблиц, можно видеть, что переход к следующей строке вблизи медицинской нормы 1.0 дес.ед. соответствует шагу в 0.2 дес.ед., т.е. половина строки может означать разницу в 0.1 десятичную единицу. В работе [79] при сравнении Lea и колец Ландольта результат по Lea был выше на 1 строку.

Несмотря на большое количество существующих опто типов и таблиц, разработка новых методов и тестов продолжается как за рубежом [105, 106, 132, 123, 128, 133, 134, 143, 6, 91], так и в России [71, 28, 42, 36, 44, 45, 24, 50, 49, 30, 3].

Одним из перспективных отечественных методов диагностики остроты зрения являются модифицированные трехполосные стимулы, разработанные в ИППИ РАН им. А.А. Харкевича [44, 45]. Оптотипы представляют собой решетки из трёх полос, расположенных горизонтально или вертикально (рис. 2, л). Главным критерием при разработке этих опто типов являлась одинаковая форма размытых изображений. Этот критерий эквивалентен отсутствию возможности узнавания опто типов на основе низкочастотных составляющих Фурье-спектров. Для определения параметров опто типов авторы использовали анализ двумерных Фурье-спектров изображений и их уравнивание в области низких частот (низкими считали частоты ниже характеристической частоты, определяющей остроту зрения). Экспериментальное сравнение этих опто типов показало их лучшую повторяемость в сравнении с опто типами Е [130, 45]. Оптотипы могут быть удобны при тестировании детей, так как не являются буквами и не

имеют горизонтальной асимметрии (то есть для тестирования не нужно различать правое и левое направления). Из недостатков можно назвать ограниченный набор символов: при использовании только вертикального и горизонтального опто типа высока вероятность случайного угадывания. Эта проблема решается увеличением числа опто типов одного и того же размера, например, одной строки (для уравнивания вероятности случайного угадывания с опто типами «Е» или Lea число опто типов в строке увеличивается в два раза). Тем не менее на данный момент опто типы успешно применяются при точной оценке остроты зрения, например, после хирургии катаракты [31].

Проблема неодинаковой различимости опто типов в разных наборах не перечеркивает удобство использования давно привычных методов, однако приводит к появлению всё большего числа работ по модификации и улучшению существующих опто типов. Например, популярный в Великобритании набор Kay optotypes был расширен и дополнен в 2016 году [120]; таблицы Patti pics представляют собой разработку на основе опто типов Lea и Kay; а упомянутые выше трёхполосные опто типы ИППИ РАН являются усовершенствованной версией классических трёхполосных опто типов.

Опто типы в виде картинок, удобные для работы с детьми (такие как Kay и Lea), не теряют популярности при тестированиях. Недавно появились публикации с новыми опто типами [105, 106], при создании которых тщательно анализировались и сравнивались свойства отдельных изображений, а также было проведено сравнение на молодых взрослых. В своей работе авторы особенно подчеркивают, что данная область задач еще не исчерпана, и призывают сообщество разрабатывать новые методы и тесты. В частности, свои опто типы – Auckland optotypes (рис. 2, м) – они выложили в открытом доступе в интернет (в векторном формате), так что каждый исследователь может оценить эффективность разработки и предложить свои доработки к любому из изображений

(<https://github.com/dakinlab/OpenOptotypes>). В открытом доступе также можно найти и оптоотипы Л. Слоан.

В работах Hamm и соавторов [105, 106], помимо описания разработки оптоотипов, авторы исследовали также предъявление новых оптоотипов в модификации исчезающих оптоотипов – *vanishing optotypes*. Исчезающие оптоотипы – это оптоотипы, предъявляемые на сером фоне, при этом контур оптоотипа состоит из черных и белых линий. Таким образом, при расфокусировке контур оптоотипа сливается с серым фоном – оптоотип «исчезает» (рис. 6) [105, 106, 102, 110, 133, 134, 24]. За счет этого свойства общая форма оптоотипа меньше влияет на результат измерения.

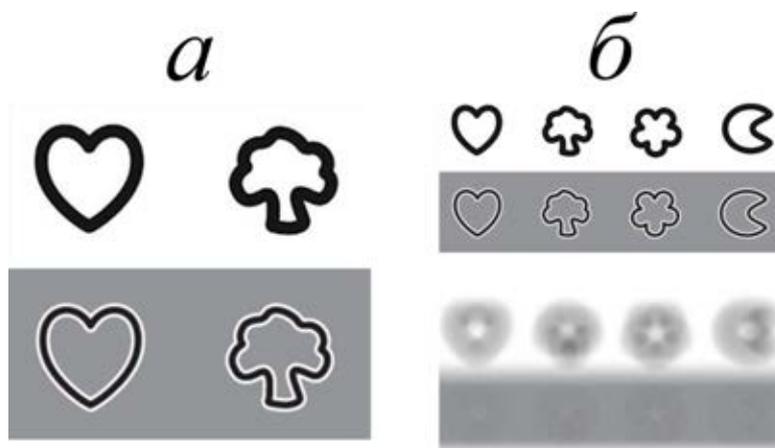


Рис. 6. Иллюстрация принципа создания исчезающей модификации оптоотипов на примере оптоотипов Auckland.

а – Привычный вид двух оптоотипов (сверху, на белом фоне) и исчезающая модификация (снизу, на сером фоне).

б – Применение обработки, имитирующей размытие изображений путем добавления линзы, к обычным оптоотипам и к исчезающим оптоотипам. Как видно, исчезающая модификация почти полностью сливается с фоном.

При сравнении повторяемости обычных и исчезающих оптоотипов было показано, что исчезающие оптоотипы могут давать лучшую повторяемость результатов [105, 106, 134]. Другим преимуществом таких оптоотипов можно считать то, что они могут быть использованы в парадигме предпочтительного разглядывания (*preferential looking* [142]), и в такой методике могут быть использованы для тестирования зрительных функций маленьких детей, пациентов, которые не умеют говорить или

имеют ограниченные когнитивные возможности. Одними из самых широко используемых исчезающих опто типов для тестирования детей являются Cardiff optotypes [74, 72].

Очень перспективными исчезающие опто типы являются для профотборов и медосмотров: при использовании таких опто типов легче выявлять истинные значения остроты зрения у симулянтов и диссимулянтов (например, гораздо труднее умышленно занижить показатели при желании избежать выполнения служебных обязанностей, или зависить их для успешного прохождения медосмотров) [24]. Тем не менее нужно упомянуть, что наряду с преимуществами опто типы в исчезающей модификации имеют также и недостатки. Например, при предъявлении на экране важно учитывать параметр гамма монитора, а при печати на бумаге важно аккуратно подбирать координаты серого и проверять их в зависимости от печатного устройства. Помимо этого, исчезающие опто типы могут иметь больший размер в сравнении с обычными опто типами, что также не всегда удобно в практическом обследовании.

Несмотря на тенденции к компьютеризации измерений зрительных функций, таблицы для оценки остроты зрения не теряют своей популярности в силу их компактности и легкости в практическом использовании. Самыми частыми применениями таблиц для проверки остроты зрения являются подбор оптической коррекции и выявление пациентов с существенными нарушениями. Многие применяемые на сегодняшний день таблицы при достаточном опыте врача могут вполне удовлетворительно справляться с этими задачами. Однако при необходимости точной оценки, например, для оценки эффективности лечения, для наблюдения возрастной динамики, для медосмотров и профотборов, а также для научных исследований могут требоваться более точные методы, дающие хорошую повторяемость результатов (например, при исследовании зрения космонавтов [15, 16]). Поиск

оптотипов, протоколов и методов, позволяющих проводить такие измерения, всё еще является открытой областью исследований [32, 48, 27].

ГЛАВА 2. МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ КЛИНИЧЕСКИХ ИССЛЕДОВАНИЙ

В исследовании принимали участие 4 группы пациентов, и в зависимости от цели этапа в группах могли использоваться разные наборы таблиц для тестирования остроты зрения. Поэтому для более удобного изложения структуры исследования глава «Материалы и методы клинических исследований» начинается с описания используемых таблиц (разделы 2.1 и 2.2). Подробное описание групп пациентов представлено в разделе 2.3.

В исследовании использовались стандартные таблицы для проверки остроты зрения и новые разработанные таблицы. В разделе 2.1 представлено описание стандартных широко используемых в практике таблиц, в разделе 2.2 описаны новые экспериментальные таблицы, апробацию и разработку которых проводили в рамках данного диссертационного исследования.

2.1. Стандартные таблицы

2.1.1. Таблица Сивцева-Головина

Таблица Сивцева-Головина (рис. 7) – это буквенная часть таблицы Сивцева-Головина (вторая часть таблицы Сивцева-Головина содержит в качестве опто типов кольца Ландольта) – содержит буквенные опто типы (7 буквенных опто типов с повторами). Таблица сделана в равномерном дизайне, шаг от строки к строке выбран по десятичной шкале (от 0.1 до 1.0 шаг между строками – 0.1, затем идут строки со значениями 1.5 и 2.0), в строках имеется разное количество букв. Таблица предназначена для 5 метров, в наших

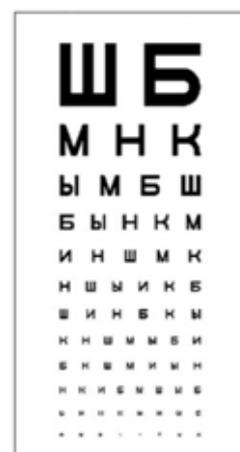


Рис. 7. Таблица Сивцева-Головина.

исследованиях таблица использовалась с 5 и 4 метров, для 4 м полученные значения переводились по формуле (полученная $OZ_{4м} * 4/5 = \text{истинная } OZ_{4м}$) (см. таблицу 1).

Таблица 1. Размер и число знаков в таблице Сивцева-Головина

Номер строки сверху вниз	Дес. ед. для 5 м	Дес. ед. для 4 м (*4/5)	Число знаков в строке
1	0,1	0,08	2
2	0,2	0,16	3
3	0,3	0,24	4
4	0,4	0,32	5
5	0,5	0,4	5
6	0,6	0,48	6
7	0,7	0,56	6
8	0,8	0,64	7
9	0,9	0,72	7
10	1	0,8	8
11	1,5	1,2	8
12	2,0	1,6	8

2.1.2. Таблица ETDRS

Таблица ETDRS (рис. 8) содержит 10 буквенных оптотипов Льюис Слоан с повторами. Таблица сделана в пропорциональном дизайне, шаг от строки к строке увеличивается в логарифмической прогрессии (на 0.1 logMAR). В каждой строке имеется по 5 букв. В работе использовалась таблица ETDRS («Good-Lite», США), предназначенная для 3 м. В исследованиях проводили измерения ОЗ пациентов по данной таблице с 3-х и 4-х метров, для 4 м полученные значения

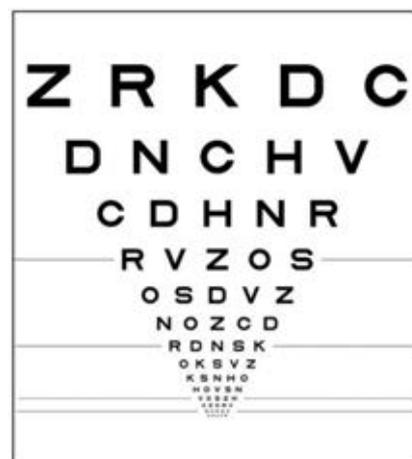


Рис. 8. Таблица ETDRS.

переводились по формуле (полученная $OZ_{4m} * 4/3 = \text{истинная } OZ_{4m}$) (см. таблицу 2).

Таблица 2. Размер и число знаков в таблице ETDRS

Номер строки сверху вниз	Дес. ед.	LogMAR для 3 м	Дес.ед. для 4 м (*4/3)	Число знаков в строке
1	0,1	1	0,13	5
2	0,12	0,9	0,16	5
3	0,16	0,8	1,21	5
4	0,2	0,7	0,27	5
5	0,25	0,6	0,33	5
6	0,32	0,5	0,43	5
7	0,4	0,4	0,53	5
8	0,5	0,3	0,67	5
9	0,63	0,2	0,84	5
10	0,8	0,1	1,07	5
11	1	0	1,33	5
12	1,25	-0,1	1,67	5
13	1,6	-0,2	2,13	5
14	2	-0,3	2,67	5

При использовании данной таблицы для проверки ОЗ у пациентов в серии IV критерием включения было знание латинского алфавита, а также перед началом исследования для обучения пациентов используемые оптоотипы в таблице были представлены одиночно в виде карточек.

2.1.3 Таблица Lea

Таблица Lea (рис. 9) содержит в качестве оптопов картинок (4 символа с повторами): квадрат, яблоко, домик, кружок. Таблица сделана в пропорциональном дизайне, шаг от строки к строке увеличивается в логарифмической прогрессии (на 0.1 logMAR). Количество оптопов в каждой строке и соответствие строк и их значений в дес. ед. и LogMAR представлены в таблице. Всего таблица содержит 20 строк, но для 4 м эффективно можно использовать до 13 строк, размеры символов и число знаков которых приведены в таблице 3.

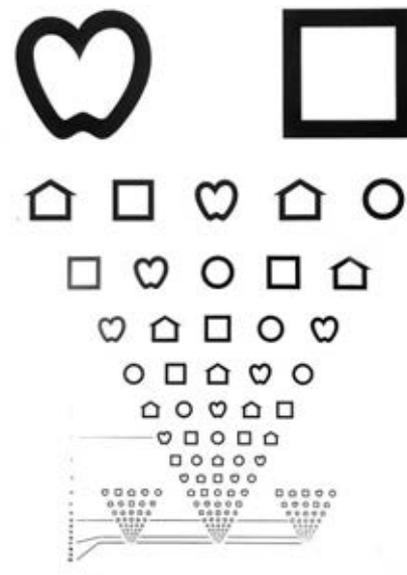


Рис. 9. Таблица Lea.

Таблица 3. Размер и число знаков в таблице Lea

Номер строки сверху вниз	Дес. ед. 4 м	LogMAR для 4 м	Число знаков в строке
1	0,1	1	2
2	0,32	0,5	5
3	0,4	0,4	5
4	0,5	0,3	5
5	0,63	0,2	5
6	0,8	0,1	5
7	1	0	5
8	1,25	-0,1	5
9	1,6	-0,2	5
10	2	-0,3	5
11	2,5	-0,4	5
12	3,2	-0,5	5
13	4	-0,6	5

2.1.4. Таблица со знаками «Е»

Таблица со знаками «Е» (рис. 10), оптимизированная для нашего исследования, содержит стандартные оптоотипы - знаки «Е», расположенные в четырех направлениях (вверх, вниз, вправо, влево). Таблица выполнена в пропорциональном дизайне, размер оптоотипов от строки к строке меняется в геометрической прогрессии с логарифмическим шагом $0.1 \log\text{MAR}$, а расстояние между оптоотипами равно ширине оптоотипа в данной строке. В каждой строке по 5 оптоотипов. Таблица используется для расстояния измерения 3 м (см. таблицу 4).

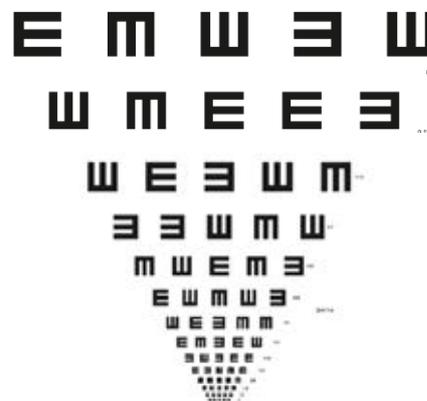


Рис. 10. Таблица со знаками «Е»

Таблица 4. Размер и число знаков в таблице со знаками «Е»

Номер строки сверху вниз	Дес. ед. для 3 м	LogMAR для 3 м	Число знаков в строке
1	0,1	1	5
2	0,12	0,9	5
3	0,16	0,8	5
4	0,2	0,7	5
5	0,25	0,6	5
6	0,32	0,5	5
7	0,4	0,4	5
8	0,5	0,3	5
9	0,63	0,2	5
10	0,8	0,1	5
11	1	0	5
12	1,25	-0,1	5
13	1,6	-0,2	5
14	2	-0,3	5

2.2. Экспериментальные таблицы

Для работы использовались несколько таблиц с трехполосными модифицированными оптотипами:

- круговая ИППИ таблица с дополнительными аккомодационными стимулами для 4 м (предоставлена ИППИ РАН);
- таблицы ИППИ-Р для 3 и 4 м (разработаны и изготовлены соискателем в ходе выполнения диссертационного исследования);
- таблицы ИППИ-П для 3 и 4 м (разработаны и изготовлены соискателем в ходе выполнения диссертационного исследования).

2.2.1. Модифицированные трехполосные оптотипы

Все экспериментальные таблицы содержат модифицированные трехполосные оптотипы (рис. 11), разработанные в ИППИ РАН [28]. Подробно структура таблиц с модифицированными трехполосными оптотипами описана далее.

Данные оптотипы представляют собой черно-белые решетки из трёх горизонтальных или из трёх вертикальных полос, отношение длины полосы к ширине составляет от 5.7:1 до 6.0:1. Было показано, что выбранные пропорции минимизируют низкочастотную составляющую разностных спектров Фурье горизонтального и вертикального оптотипов [44], что на практике обеспечивает неразличимость оптотипа по общей форме пятна на пороге разрешения - то есть оптотип невозможно угадать, если пациент не видит его четко. Таким образом, оптотипы позволяют не только более точно оценивать остроту зрения, но и делают результаты более стабильными. При назывании оптотипов пациент может использовать слова (обозначения): вертикально - горизонтально, стоят -

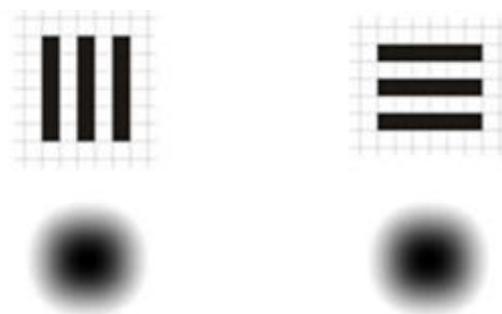


Рис. 11. Модифицированные трехполосные оптотипы

лежат, вверх/вниз - влево/вправо. Предлагаемые модифицированные трехполосные оптоотипы для оценки остроты зрения у пациентов позволяют проверять зрение как у грамотных, так и у неграмотных пациентов, в том числе у детей или у тех пациентов, которые не знают кириллический алфавит (например, иностранцев), так как она не требует знания букв и даже цифр. Также таблицы могут быть удобны для пациентов с некоторыми зрительными агнозиями.

2.2.2. Таблица ИППИ круговая

Таблица ИППИ круговая (рис. 12) была задумана разработчиками как таблица с дополнительным аккомодационным стимулом: для всех оптоотипов рядом присутствовал стимул для настройки аккомодационной системы – более крупная линия непорогового размера в формате круговых полос. ИППИ круговая содержит трехполосные модифицированные оптоотипы в двух ориентациях (вертикальной и горизонтальной). Таблица содержит 13 уровней, в первых девяти уровнях – по 20 оптоотипов, в трёх последних – по 10 оптоотипов. Таблица предназначена для 4 метров, значения соответствующих острот зрения – от 0,79 до 3,05 (см. табл. 5).

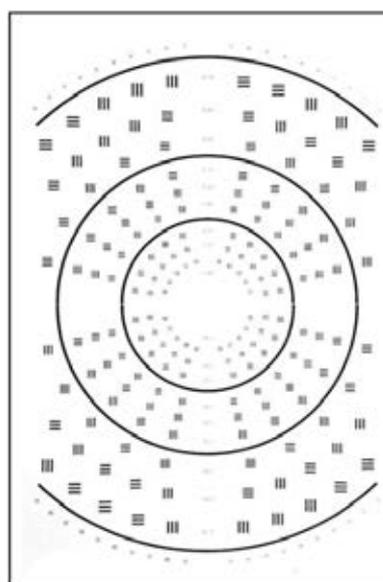


Рис. 12. Таблица ИППИ круговая.

Таблица 5. Размер и число знаков в таблице ИППИ-К

Номер строки от края центра	Дес. ед.	Число знаков в строке
1	0,79	20
2	0,89	20
3	1,0	20
4	1,12	20
5	1,25	20
6	1,41	20
7	1,57	20
8	1,77	20
9	1,96	20
10	2,20	10
11	2,50	10
12	2,75	10
13	3,05	10

2.2.3. Таблица ИППИ-Р

Таблица ИППИ-Р (рис. 13) содержит трехполосные модифицированные оптоотипы в двух ориентациях (вертикальной и горизонтальной), выполнена в равномерном дизайне, шаг от строки к строке выбран как в logMAR таблицах (Lea, ETDRS): от строки к строке размер стимула менялся в 1,26 раза. Таблица реализована в виде двух наборов печатных листов формата А3 (размеры знаков и число строк приведены в таблице 6).

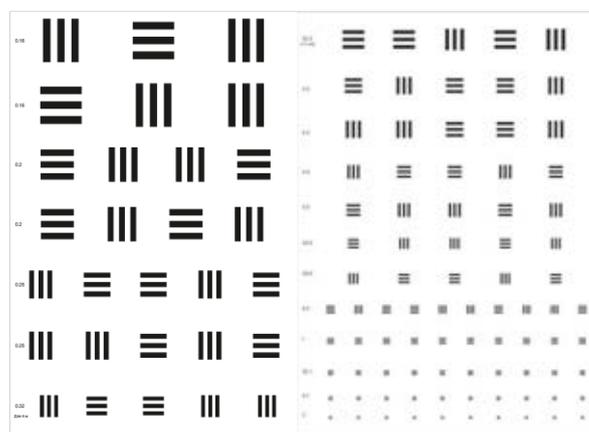


Рис. 13. Таблица ИППИ-Р.

Таблица 6. Размер и число знаков в таблице ИППИ-Р

Для 3 м.			
Номер строки сверху вниз	Дес. ед.	LogMAR	Число знаков в строке
1	0,1	1	6
2	0,12	0,9	8
3	0,16	0,8	10
4	0,2	0,7	10
5	0,25	0,6	10
6	0,32	0,5	10
7	0,4	0,4	10
8	0,5	0,3	10
9	0,63	0,2	10
10	0,8	0,1	10
11	1	0	10
12	1,25	-0,1	10
13	1,6	-0,2	10
14	2	-0,3	10
Для 4 м.			
Номер строки сверху вниз	Дес. ед.	LogMAR	Число знаков в строке
1	0,16	0,8	6
2	0,2	0,7	8
3	0,25	0,6	10
4	0,32	0,5	10
5	0,4	0,4	10
6	0,5	0,3	10
7	0,63	0,2	10
8	0,8	0,1	10
9	1	0	10
10	1,25	-0,1	10
11	1,6	-0,2	10
12	2	-0,3	10

Набор 1: для расстояния измерения 3 м - два листа; один – с опто типами размеров от 0.10 до 0.16 дес.ед.; второй лист – с опто типами от 0.2 до 2.0 дес.ед.

Набор 2: для расстояния измерения 4 м – два листа; один – с опто типами размеров от 0.16 до 0.32 дес.ед.; второй лист – с опто типами от 0.32 до 2.0 дес.ед.

Некоторые размеры были размещены в две строки, число оптоипов указано для всех строк данного размера опто типов.

2.2.4. Таблица ИППИ-П

Таблица ИППИ-П (рис. 14) содержит трехполосные модифицированные опто типы в двух ориентациях (вертикальной и горизонтальной) и реализована в виде двух наборов печатных листов формата А3 (размеры знаков и число строк приведены в таблице 7).

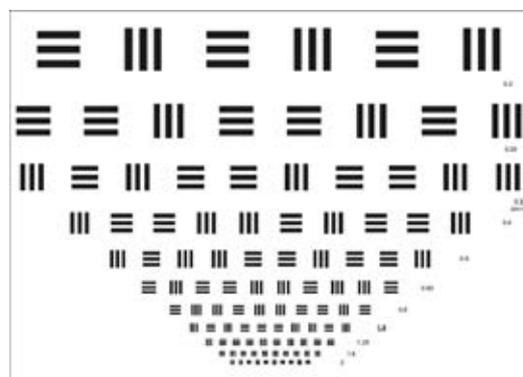


Рис. 14. Таблица ИППИ-П.

Набор 1: для расстояния измерения 3 м – два листа, один – с опто типами размеров 0.12 и 0.1 дес.ед.; второй лист – с опто типами от 0.16 до 2.0 дес.ед.

Набор 2: для расстояния измерения 4 м – один лист с опто типами от 0.2 до 2.0 дес.ед.

Опто типы располагаются в пропорциональном дизайне (logMAR дизайн, аналогично таблицам Lea и ETDRS) с изменением размера опто типов от строки к строке в 1.26 раза [121, 122]. Данный тип дизайна, согласно литературе, обеспечивает равномерный краудинг по всей площади таблицы.

Таблица 7. Размер и число знаков в таблице ИППИ-П

Для 3 м.			
Номер строки сверху вниз	Дес. ед.	LogMAR	Число знаков в строке
1	0,1	1	4
2	0,12	0,9	10
3	0,16	0,8	6
4	0,2	0,7	8
5	0,25	0,6	10
6	0,32	0,5	10
7	0,4	0,4	10
8	0,5	0,3	10
9	0,63	0,2	10
10	0,8	0,1	10
11	1	0	10
12	1,25	-0,1	10
13	1,6	-0,2	10
14	2	-0,3	10
Для 4 м.			
Номер строки сверху вниз	Дес. ед.	LogMAR	Число знаков в строке
1	0,2	0,7	6
2	0,25	0,6	8
3	0,32	0,5	10
4	0,4	0,4	10
5	0,5	0,3	10
6	0,63	0,2	10
7	0,8	0,1	10
8	1	0	10
9	1,25	-0,1	10
10	1,6	-0,2	10
11	2	0-0,3	10

2.3. Характеристика обследованных пациентов

Исследование одобрено этической комиссией ФГАО ВО РНИМУ им. Н.И. Пирогова (выписка из протокола заседания ЛЭК РНИМУ им. Н.И. Пирогова №211). Дизайн исследования и распределение пациентов в зависимости от серии представлены в таблице 8, сравниваемые таблицы для оценки ОЗ – в таблице 9.

Таблица 8. Дизайн исследования

Серия	Число пациентов/ число глаз	Возраст (ср. возраст± станд. отклон), лет	Нозология	Сравниваемые таблицы
I	19 /38	25.1±3.7	Без офтальмопатологии	1) Сивцева- Головина 2) ETDRS 3) Lea 4) Таблица ИППИ-К
II	26 /52	17.7±2.7	Без офтальмопатологии	1) Сивцева- Головина 2) ETDRS 3) Lea 4) Таблица ИППИ-Р
III	42/ 84	11.1±2.4	Амблиопия, ретинопатия недоношенных, частичная атрофия зрительного нерва	1) Lea 2) Таблица ИППИ-Р 3) Таблица ИППИ-П
IV	69/ 69	76.1±8.8	Катаракта	1) ETDRS 2) Таблица со знаками «Е» 3) Таблица ИППИ-Р 4) Таблица ИППИ-П
Всего	156/243			

Для оценки повторяемости результатов оценки остроты зрения по каждой таблице визометрию повторяли два раза. Промежуток между первым исследованием («тестом») и вторым исследованием («ретестом») составлял около одних суток.

Таблица 9. Изображения сравниваемых таблиц в сериях исследования

Серия	Сравниваемые таблицы
I	
II	
III	
IV	

Всего в исследованиях приняло участие 156 пациентов, которые были разделены на 4 группы. В проведенных сериях экспериментов

участвовало различное количество пациентов, необходимое для проведения исследований.

Исследование состояло из 4 серий. Формирование клинических групп всех серий осуществлялось в соответствии с критериями включения и исключения.

Критерии включения:

- согласие пациента либо его законного представителя, подписанное информированное согласие;
- отсутствие травм органа зрения.

Критерии исключения:

- отказ пациента принимать участие в исследовании, отсутствие подписанного информированного согласия;
- острота зрения = 0 дес.ед.;
- психические заболевания, затрудняющие контакт с пациентом.

Характеристика пациентов по нозологиям:

Серия I – пациенты без офтальмопатологии.

Серия II – пациенты без офтальмопатологии.

Серия III – пациенты младшего возраста с офтальмопатологией: частичная атрофия зрительного нерва (ЧАЗН); ретинопатия недоношенных (РН) рубцовая стадия; рефракционная амблиопия слабой степени. Пациенты данной группы на момент исследования находились в школе №1499, школьном отделении №5 V вида (ранее школа-интернат для детей с офтальмопатологией), где получали необходимое офтальмологическое наблюдение и лечение.

Серия IV – пациенты старшего возраста с незрелой катарактой, направленные на хирургическое лечение – факоэмульсификацию. Визометрия по тестируемым таблицам проводилась пациентам данной группы до оперативного лечения.

В серии I проводилось сравнение четырех таблиц: таблица Сивцева-Головина, ETDRS, Lea, таблица с модифицированными трехполосными опто типами в круговом дизайне (ИППИ-К). В серии приняло участие 19 молодых взрослых без офтальмопатологии (ср. возраст – 25.1).

В серии II проводилось сравнение четырех таблиц: таблица Сивцева-Головина, ETDRS, Lea, таблица с модифицированными трехполосными опто типами в равномерном дизайне (ИППИ-Р). В серии приняло участие 26 пациентов старшего школьного возраста и молодых взрослых (ср.возраст – 17.7). Все пациенты имели хорошую ОЗ: (от 1 до 1.5 по таблице Сивцева-Головина, ср. - 1.39). Для всех участников младше 18 лет было получено письменное согласие родителей или законных представителей на проведение измерения.

В III серии нашего исследования, проведенной в специализированном интернате для слабовидящих, основные группы заболеваний были: ретинопатия недоношенных, частичная атрофия зрительного нерва, а также амблиопия. Согласно работе Фильчиковой Л.И. с соавторами [62], главными причинами снижения зрения, приводящими к слепоте, являются патологические состояния сетчатки (29,6%), зрительного нерва (25,4%) и отдельные врожденные аномалии развития глаза. Среди патологии сетчатки, приводящих к слепоте, первое место занимает ретинопатия недоношенных (26,8%). Согласно упомянутому источнику, ведущими причинами зрительных расстройств у детей-инвалидов по зрению в г. Москве являются заболевания зрительного нерва (34,8%) и сетчатки (15,6%). Среди учащихся специализированных школ-интернатов для слабовидящих и слепых атрофия зрительного нерва как причина слепоты составляет 30,9%, а как причина слабосвидения – 20,8% [66, 67; см. также 38, 57, 52, 56, 53, 4]. Следовательно, наибольшее число пациентов таких школ имеют данные патологии, и особенно важно отслеживать динамику ОЗ и результатов лечения таких пациентов [10].

В данной серии (серия III) проводилось сравнение трех таблиц: таблицы ИППИ-Р в равномерном дизайне, таблицы ИППИ-П в пропорциональном дизайне и таблицы Lea. Таблица ИППИ-П в пропорциональном дизайне содержит модифицированные трехполосные оптоотипы [28] и выполнена в пропорциональном дизайне (опираясь на стандарты ISO, аналогично зарубежному «золотому» стандарту, таблице ETDRS). Таблица ИППИ-П отличается от таблицы ИППИ-Р только одним параметром: пропорциональным дизайном. Согласно литературным данным, пропорциональный дизайн создает более равномерный краудинг (взаимодействие контуров) от строки к строке. Поскольку у здоровых пациентов краудинг в центре поля зрения выражен слабо, таблица ИППИ-П была сразу введена в сравнительную работу на пациентах с зрительными нарушениями. Поэтому в третьей серии мы использовали таблицу ИППИ-П без предварительного исследования на здоровой группе, так как данное исследование кажется нецелесообразным.

В серии приняли участие 42 пациента (ср. возраст 11.1 лет), условно поделенные на 2 группы: первая группа (15 человек) с остротой зрения < 0.5 дес.ед. и патологиями глазного дна (атрофией зрительного нерва и ретинопатией недоношенных); вторая группа (27 человек) с остротой зрения > 0.5 и функциональными поражениями зрительной системы (амблиопией слабой степени).

В серии IV проводилось сравнение четырех таблиц: ETDRS, ИППИ-П, ИППИ-Р, таблица со знаками «Е». В серии приняло участие 69 пациентов с незрелой катарактой, средний возраст – 76.1 лет. Катаракта является одной из самых частых патологий хрусталика [54, 60], и определение остроты зрения до и после операции – важная процедура для оценки эффективности хирургического лечения [31, 63].

2.4. Методы статистической обработки полученных результатов

Статистическая обработка полученных результатов проводилась при помощи программы SPSS statistics, ver.25 (IBM, США). Часть обработки и построение графиков проводилось при помощи программы Excel (Microsoft Office 2007, Microsoft, США).

Оценка нормальности распределения выборки пациентов проводилась с использованием критериев *W* Шапиро-Уилка (Shapiro-Wilk's test) и Колмогорова-Смирнова. Для описания распределения использовались среднее арифметическое, стандартное отклонение, ошибка среднего, медиана, процентиля. Для сравнения средних использовался непараметрический *T*-критерий Уилкоксона (Wilcoxon signed-rank test), значимыми принимались различия на уровне $p < 0,05$. Согласованность результатов теста и ретеста оценивалась методом Бленд-Альтмана. Для оценки границ согласованности (LoA, limits of agreement) использовались непараметрические методы (оценка 2.5 и 97.5 перцентилей). Перед проведением анализа исходные данные логарифмировались, так как исходные данные в дес. единицах показали выраженную гетероскедастичность [81, 39].

ГЛАВА 3. ЭКСПЕРИМЕНТАЛЬНОЕ СРАВНЕНИЕ ТАБЛИЦ ДЛЯ ОЦЕНКИ ОЗ НА ПАЦИЕНТАХ С РАЗЛИЧНЫМ СОСТОЯНИЕМ ЗРЕНИЯ

3.1. Серия I. Сравнение таблиц (ETDRS, Lea, таблица Сивцева- Головина, таблица ИППИ-К) для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на молодых взрослых

Показатели остроты зрения молодых взрослых пациентов (бинокулярная ОЗ, монокулярная ОЗ правого и левого глаза), полученные при использовании четырех таблиц (Сивцева-Головина, Lea, ETDRS, ИППИ-К), отражены в таблице 10 и на рис. 15.

Таблица 10. Острота зрения, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.откл. (от мин до макс))

Таблица	Бинокулярные показатели	Монокулярные показатели OD	Монокулярные показатели OS
Таблица Сивцева-Головина	1,53 \pm 0,34 (от 1 до 2)	1,37 \pm 0,3 (от 1 до 2)	1,3 \pm 0,34 (от 1 до 2)
Таблица Lea	1,54 \pm 0,30 (от 1 до 2)	1,42 \pm 0,32 (от 1 до 2)	1,43 \pm 0,31 (от 1 до 2)
Таблица ETDRS	1,44 \pm 0,28 (от 1,07 до 2,13)	1,35 \pm 0,25 (от 0,84 до 1,67)	1,33 \pm 0,22 (от 0,84 до 1,67)
Таблица ИППИ-К	1,48 \pm 0,24 (от 1 до 1,96)	1,31 \pm 0,23 (от 1 до 1,96)	1,36 \pm 0,23 (от 0,23 до 1,96)

Наибольшие показатели монокулярной остроты зрения как для правого, так и для левого глаза в исследуемой группе были зафиксированы при использовании таблицы Lea (1,42 \pm 0,32 для OD; 1,43 \pm 0,31 для OS). При исследовании бинокулярной остроты зрения все таблицы показали более высокие результаты по сравнению с монокулярной остротой, при этом наибольшие средние значения были получены также при использовании

таблицы Lea ($1,54 \pm 0,30$), наименьшие – при использовании таблицы ETDRS ($1,44 \pm 0,28$).



Рис. 15. Средние значения остроты зрения, десятичные единицы. Сиреневым цветом представлены показатели средних значений бинокулярной ОЗ, голубым – монокулярной ОЗ правого глаза (OD), оранжевым цветом – монокулярной ОЗ левого глаза (OS). Планки погрешности указывают станд. ошибки.

Также следует отметить, что по результатам 19 пар, т.е. 38 измерений бинокулярной ОЗ было получено большое количество значений, превышающих 1.0 дес. ед., а именно – 7 измерений по таблице Сивцева-Головина; 16 измерений по таблице Lea; 24 по таблице ETDRS и 22 по таблице ИППИ-К, а в некоторых случаях ОЗ достигала 2.0 дес.ед., в частности, 9 измерений по таблице Сивцева-Головина, 8 измерений по таблице Lea и 2 измерения по таблице ETDRS. Таким образом, максимальное количество измерений, у которых $1.0 < \text{ОЗ} < 2.0$ дес.ед., было получено по таблице ИППИ-К (38 измерений), минимальное по таблице Сивцева-Головина (29 пациентов); из них наибольшее число измерений, при которых $\text{ОЗ} \geq 2.0$ дес.ед., было получено по таблице Сивцева-Головина (9 измерений), данные представлены в таблице 11. Полученные результаты соласуются с данными о том, что нормальная ОЗ молодых взрослых в среднем выше 1,0 дес.ед. [90, 75, 76, 37, 43],

Таблица 11. Число измерений с полученной ОЗ больше 1.0, 1.5 и 2.0 дес.ед. (бинокулярные измерения, n=38)

Таблица	$1.0 \leq \text{ОЗ} < 1.5$	$1.5 \leq \text{ОЗ} < 2.0$	$\text{ОЗ} \geq 2.0$
Сивцев-Головин	7	22	9
Lea	16	14	8
ETDRS	24	12	2
ИППИ-К	22	16	0

Шаг в таблице Сивцева-Головина после единицы составляет 0,5 дес.ед., а максимальное значение ОЗ – 2,0 дес.ед., что является недостатком данной таблицы, так как у многих, как видно из нашего исследования и из литературы, ОЗ превышает 1,0, и такая оценка может оказаться слишком грубой.

При исследовании повторяемости совместных данных монокулярной и бинокулярной остроты зрения наибольшую среднюю разницу между двумя последовательными измерениями (ретест-тест) показали таблица Сивцева-Головина (0.17 ± 0.24), наименьшую - таблица ETDRS (0.06 ± 0.13), данные представлены в таблице 12.

Таблица 12. Средние значения показателей остроты зрения и разности показателей ретеста и теста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.), n=57, моно и бино ОЗ

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Средняя разность
Таблица Сивцева-Головина	1.37 \pm 0.32	1.44 \pm 0.34	0.17 \pm 0.24
Таблица LEA	1.42 \pm 0.3	1.48 \pm 0.32	0.09 \pm 0.17
Таблица ETDRS	1.34 \pm 0.26	1.4 \pm 0.23	0.06 \pm 0.13
Таблица ИППИ-К	1.38 \pm 0.23	1.4 \pm 0.24	0.08 \pm 0.08

При исследовании бинокулярного зрения наибольшая средняя разница между тестом и ретестом была по таблице Сивцева-Головина (0.1 \pm 0.21), наименьшая по таблице ETDRS (0.05 \pm 0.12). Данные представлены в табл. 13.

Таблица 13. Средние значения показателей бинокулярной остроты зрения (n=19) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Средняя разность
Таблица Сивцева-Головина	1.53 \pm 0.35	1.53 \pm 0.31	0.1 \pm 0.21
Таблица Lea	1.5 \pm 0.32	1.55 \pm 0.28	0.09 \pm 0.16
Таблица ETDRS	1.41 \pm 0.28	1.45 \pm 0.27	0.05 \pm 0.12
Таблица ИППИ-К	1.45 \pm 0.24	1.49 \pm 0.22	0.07 \pm 0.09

При анализе монокулярных измерений правого глаза (n=19) наихудшую повторяемость показала таблица Сивцева-Головина, где средняя разность между двумя последовательными измерениями составила 0.26 \pm 0.26, наилучшую – таблица Lea (0.06 \pm 0.14), данные представлены в таблице 14.

Таблица 14. Средние значения показателей монокулярной остроты OD зрения (n=19) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Средняя разность
Таблица Сивцева-Головина	1.31 \pm 0.25	1.42 \pm 0.34	0.26 \pm 0.26
Таблица Lea	1.38 \pm 0.30	1.44 \pm 0.33	0.06 \pm 0.14
Таблица ETDRS	1.3 \pm 0.28	1.40 \pm 0.21	0.1 \pm 0.15
Таблица ИППИ-К	1.36 \pm 0.22	1.35 \pm 0.23	0.09 \pm 0.09

При анализе монокулярных измерений левого глаза (n=19) наименьшую повторяемость показала таблица Сивцева-Головина, где средняя разность между двумя последовательными измерениями составила 0.16 \pm 0.24, наилучшую – таблица ETDRS (0.04 \pm 0.15), см. табл. 15.

Таблица 15. Средние значения показателей монокулярной остроты OS зрения (n=19) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Средняя разность
Таблица Сивцева-Головина	1.26 \pm 0.3	1.37 \pm 0.37	0.16 \pm 0.24
Таблица Lea	1.38 \pm 0.28	1.44 \pm 0.35	0.13 \pm 0.21
Таблица ETDRS	1.31 \pm 0.24	1.35 \pm 0.2	0.04 \pm 0.15
Таблица ИППИ-К	1.35 \pm 0.23	1.36 \pm 0.23	0.09 \pm 0.08

При анализе структуры данных исследуемой группы было отмечено, что количество пациентов с разницей между тестом и ретестом при использовании разных таблиц существенно отличалось. Так, наибольшее число отличающихся между собой пар измерений бинокулярной ОЗ было отмечено в случае использования таблицы ИППИ-К (10 пар измерений), что превосходит результаты, полученные при

помощи таблиц Сивцева-Головина (4 пары измерений), Lea (5 пар измерений) и ETDRS (3 пары измерений). В то же время, таблица ИППИ-К показала наименьшую максимальную абсолютную разницу между измерениями (0,25 дес.ед.) по сравнению с остальными таблицами. Сводные данные по бинокулярной ОЗ представлены в таблице 16.

Таблица 16. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений, в которых такая разница присутствует (бинокулярная ОЗ).

Таблица	Разница между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разница в дес.ед.
Таблица Сивцева-Головина	4 измерений	15 измерения	0,5
Таблица LEA	5 измерений	14 измерений	0,4
Таблица ETDRS	3 измерений	16 измерения	0,34
Таблица ИППИ-К	10 измерения	9 измерений	0,25

Наибольшее число измерений монокулярной ОЗ правого глаза, при которых значения теста и ретеста отличались друг от друга, было получено с таблицей ИППИ-К (11 измерений), наименьшее - с таблицей Lea (3 измерения). Однако при использовании таблицы ИППИ-К самое большое абсолютное значение разницы между тестом и ретестом было меньше (0,36 дес.ед.), чем у остальных таблиц. Наибольшая абсолютная разница была получена по таблице Сивцева-Головина (0,5 дес.ед.). Данные по монокулярной ОЗ правого глаза представлены в табл. 17.

Таблица 17. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений, в которых такая разница присутствует (монокулярная ОЗ, OD).

Таблица	Разница между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разница в дес.ед.
Таблица Сивцева-Головина	10 измерений	9 измерения	0,5
Таблица LEA	3 измерений	16 измерений	0,4
Таблица ETDRS	6 измерений	13 измерения	0,49
Таблица ИППИ-К	11 измерения	8 измерений	0,36

Наибольшее количество измерений монокулярной остроты зрения левого глаза, при которых разница между тестом и ретестом составляла ноль, было получено по таблице ETDRS (16 измерений), наименьшее - по таблице ИППИ-К (8 измерений). Таблица ETDRS показала наименьшую амплитуду колебаний остроты зрения между тестом и ретестом (0,26 дес.ед.) по сравнению с другими таблицами. Данные для монокулярной ОЗ левого глаза представлены в табл. 18.

Таблица 18. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений, в которых такая разница присутствует (монокулярная ОЗ, OS).

Таблица	Разница между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разница в дес.ед.
Таблица Сивцева-Головина	6 измерений	13 измерения	0,5
Таблица LEA	6 измерений	13 измерений	0,75
Таблица ETDRS	3 измерений	16 измерения	0,26
Таблица ИППИ-К	11 измерения	8 измерений	0,32

На рис. 16 – 19 графически представлены индивидуальные данные по тесту и ретесту для каждой из исследуемых таблиц. На рис. 16 объединены данные по монокулярным и бинокулярным измерениям; на рис. 17 представлены данные по бинокулярным измерениям; на рис. 18 представлены данные по монокулярным измерениям OD; на рис. 19 представлены данные по монокулярным измерениям OS. Каждому номеру по горизонтали соответствуют показатели теста (сплошная линия) и ретеста (штриховая линия). Совпадение линий означает, что результаты теста и ретеста полностью совпали; в случаях, когда значение при ретесте было выше значений при первом измерении, штриховая линия идет выше сплошной. Как видно из графиков, по таблицам Сивцева-Головина, Lea и ETDRS имели место самые большие по амплитуде различия: на графиках видны различия до 0.5 десятичных единиц. По таблицам ИППИ-К были получены самые малые значения различий между тестом и ретестом.

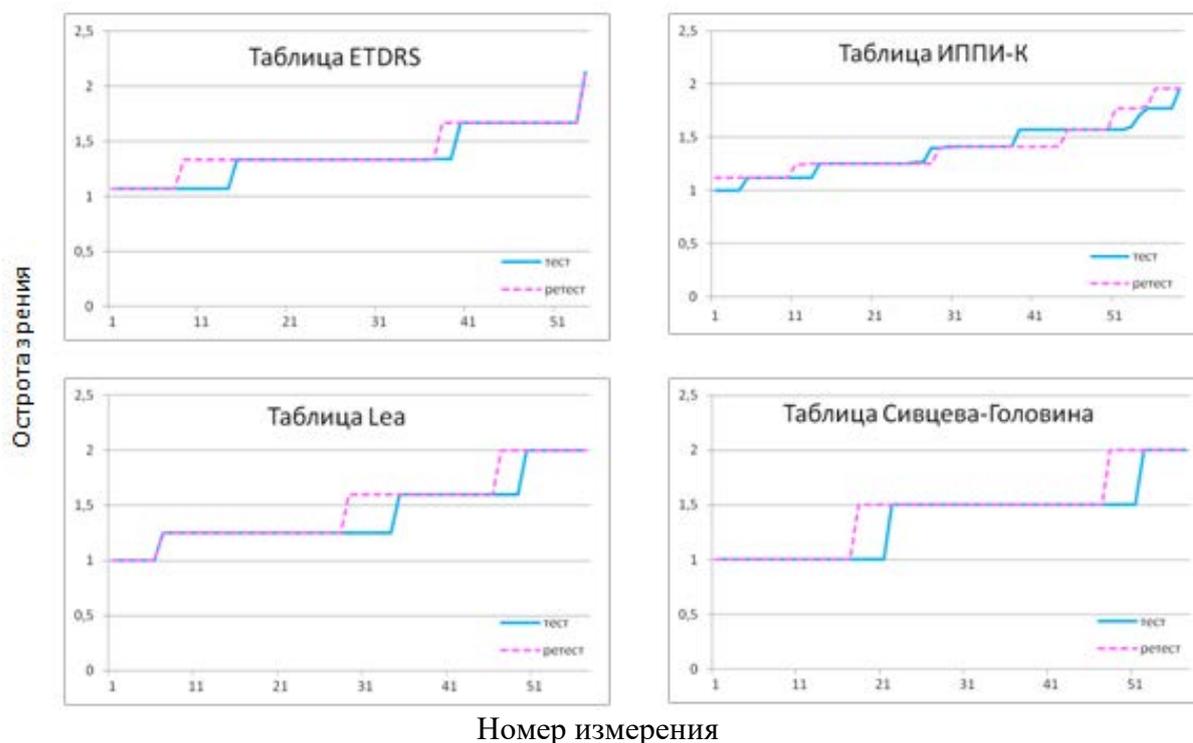


Рис. 16. Индивидуальные данные по тесту (сплошная линия) и ретесту (штриховая линия). На графиках объединены данные по монокулярным и бинокулярным измерениям. Номера индивидуальных измерений указаны на горизонтальной шкале. Для наглядности произведено упорядочение показателей по значениям при первом измерении (по тесту).

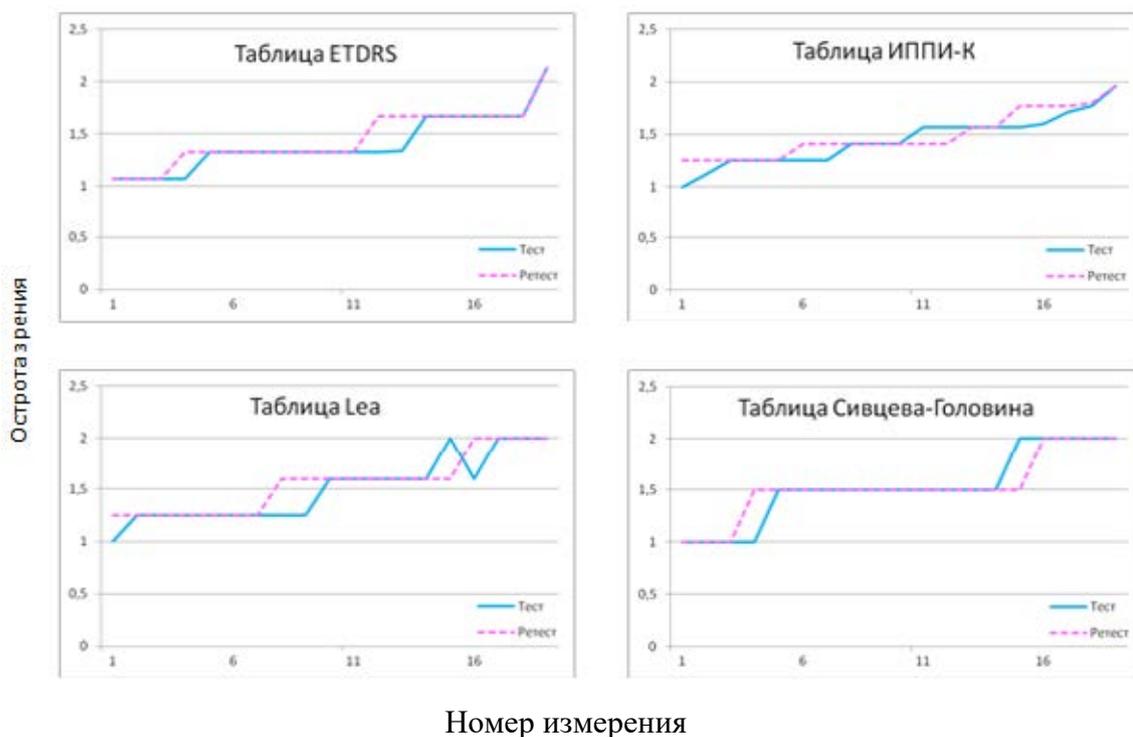


Рис. 17. Индивидуальные данные по тесту (сплошная линия) и ретесту (штриховая линия). На графиках представлены данные по бинокулярным измерениям. Номера индивидуальных измерений указаны на горизонтальной шкале. Для наглядности произведено упорядочение показателей по значениям при первом измерении (по тесту).

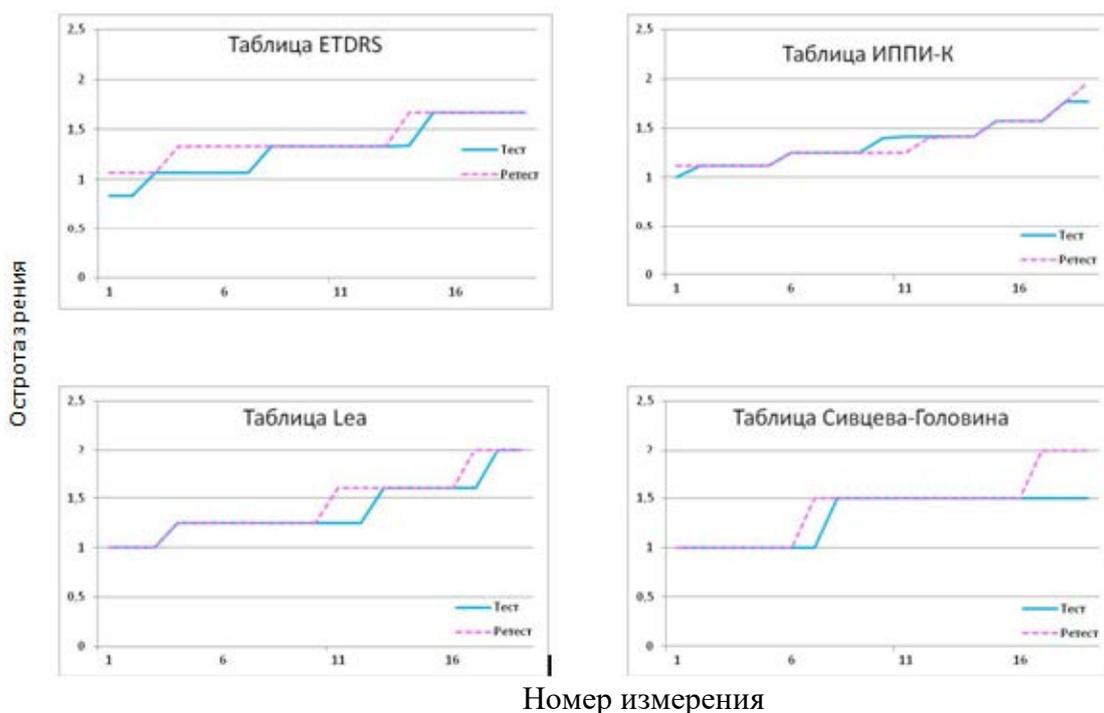


Рис. 18. Индивидуальные данные по тесту (сплошная линия) и ретесту (штриховая линия). На графиках представлены данные по монокулярным измерениям OD. Номера индивидуальных измерений указаны на горизонтальной шкале. Для

наглядности произведено упорядочение показателей по значениям при первом измерении (по тесту).

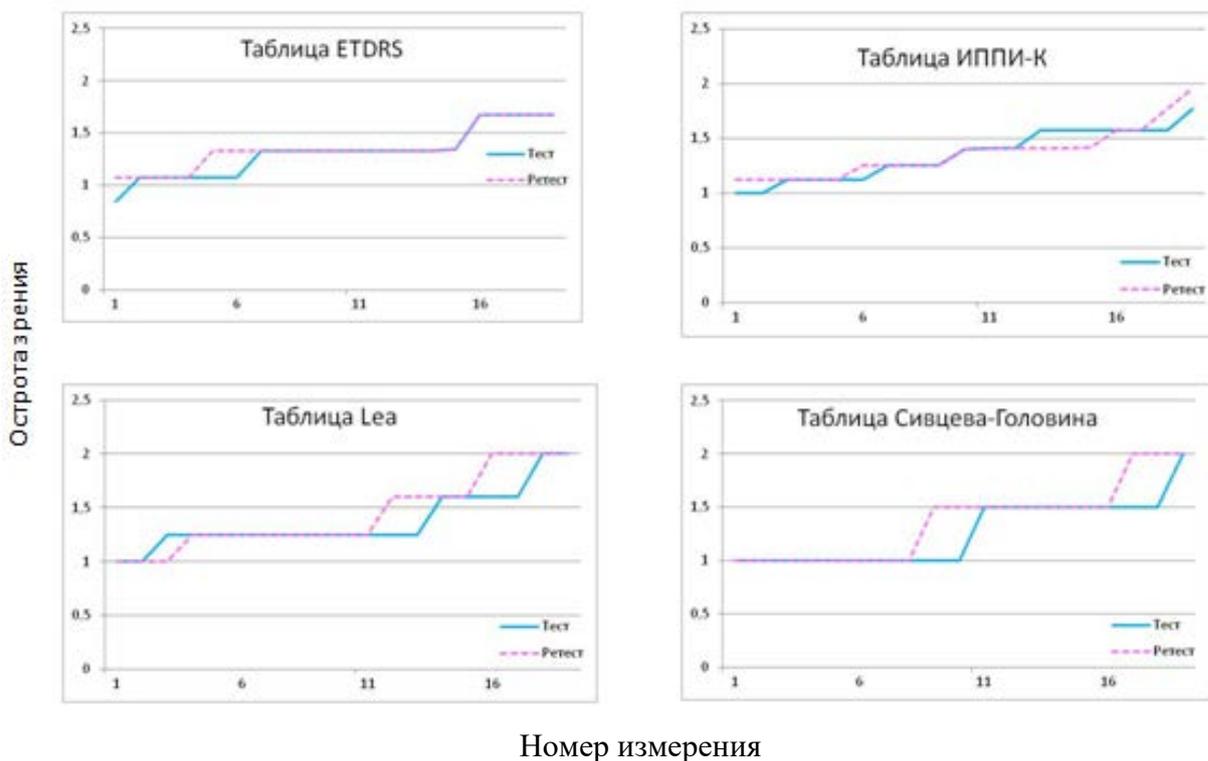


Рис. 19. Индивидуальные данные по тесту (сплошная линия) и ретесту (штриховая линия). На графиках представлены данные по монокулярным измерениям OS. Номера индивидуальных измерений указаны на горизонтальной шкале. Для наглядности произведено упорядочение показателей по значениям при первом измерении (по тесту).

Дополнительно проводился анализ повторяемости результатов методом Бленд-Альтмана. На рис. 20 представлены графики, показывающие разброс разностей между тестом и ретестом. Из графиков видно, что самый узкий диапазон согласованности, то есть наилучшая повторяемость результатов, получен для таблицы ИППИ-К. Диапазон с похожей шириной получился на графике для таблицы ETDRS, однако весь диапазон смещен ниже нуля, т.е. значения при ретесте часто превышали значения при тесте (что может быть признаком запоминания опто типов или эффектом обучения).

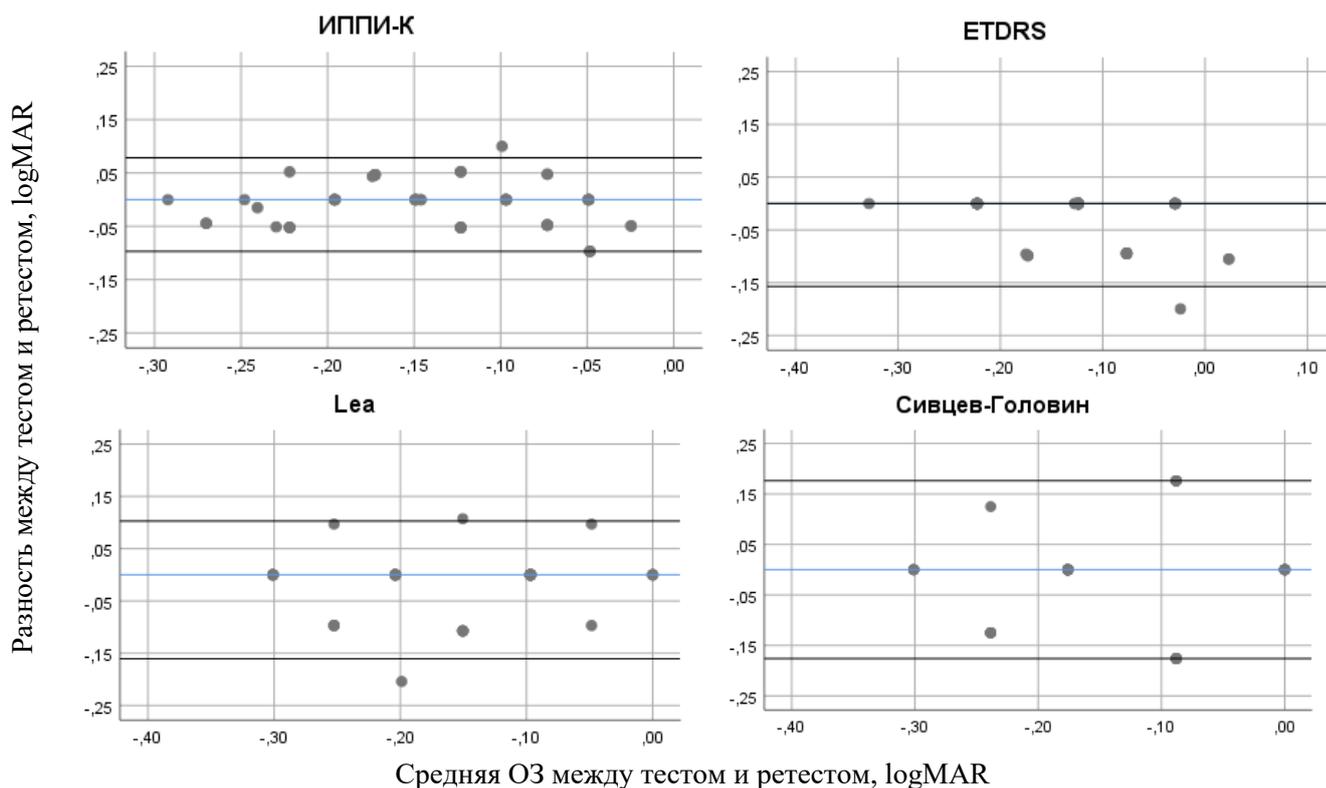


Рис. 20. Графики Бленда-Альтмана по данным теста-ретеста (оценка повторяемости). Горизонтальные синие линии показывают значение медианы, черные линии показывают нулевой уровень (если не перекрывается медианой), черные линии показывают 2.5 и 97.5 перцентили, таким образом, диапазон между горизонтальными линиями обозначает ширину 95% границ согласованности (LoA). Важно отметить, что, поскольку разности были получены как вычитание значений «ретест минус тест», и так как данные представлены в logMAR, то, чем ниже расположены точки относительно линии нуля, тем более высокими были значения ретеста по сравнению с тестом в десятичных единицах.

3.2. Серия II. Сравнение таблиц (таблица Сивцева-Головина, Lea, ETDRS, ИППИ-Р) для оценки остроты зрения по результатам измерений на школьниках

В данной серии для 26 пациентов были проведены однократные измерения ОЗ (тест). Для 17 из них были получены также и повторные измерения ОЗ (ретест). Сначала будут проанализированы однократные измерения и будут сравниваться значения, полученные при использовании четырех

таблиц; затем будут оценены повторные измерения, показатели тест-ретест для всех таблиц.

Однократные измерения. Показатели остроты зрения 26 пациентов, при использовании четырех таблиц (Сивцева-Головина, ETDRS, Lea, ИППИ-Р), отражены в таблице 19 и на рис. 21.

Таблица 19. Острота зрения, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.откл. (от мин до макс))

Таблица	Бинокулярные показатели OU	Монокулярные показатели OD	Монокулярные показатели OS
Таблица Сивцева-Головина	1,35 \pm 0,23 (от 1,0 до 1,5)	1,13 \pm 0,23 (от 1,0 до 1,5)	1,13 \pm 0,23 (от 1,0 до 1,5)
Таблица ETDRS	1,37 \pm 0,14 (от 1,07 до 1,67)	1,28 \pm 0,17 (от 1,07 до 1,67)	1,25 \pm 0,12 (от 1,07 до 1,33)
Таблица Lea	1,5 \pm 0,25 (от 1,0 до 2,0)	1,44 \pm 0,26 (от 1,0 до 2,0)	1,36 \pm 0,27 (от 1,0 до 2,0)
Таблица ИППИ-Р	1,27 \pm 0,19 (от 1,0 до 1,6)	1,24 \pm 0,24 (от 1,0 до 2,0)	1,23 \pm 0,25 (от 1,0 до 2,0)

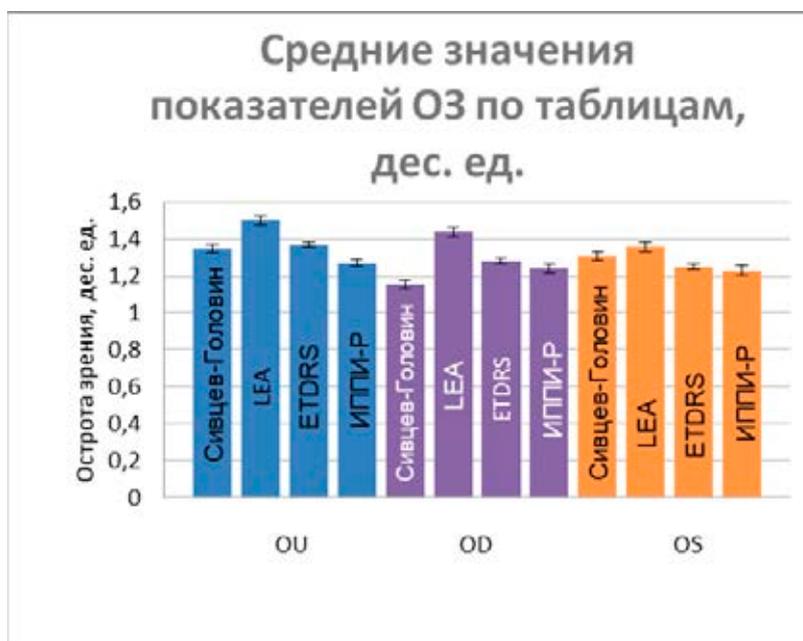


Рис. 21. Средние значения остроты зрения, десятичные единицы. Синим цветом представлены показатели средних значений бинокулярной ОЗ, фиолетовым цветом – монокулярной ОЗ правого глаза, оранжевым цветом – монокулярной ОЗ левого глаза. Планки погрешности указывают станд. ошибки.

Наибольшие средние значения всех показателей ОЗ были получены при использовании таблицы Lea (1,5 \pm 0,25 для бинокулярной ОЗ; 1,44 \pm 0,26

для монокулярной ОЗ правого глаза; $1,36 \pm 0,27$ для монокулярной ОЗ левого глаза).

При анализе структуры исследуемой группы (бинокулярные измерения, $n=26$) было отмечено, что в нашей выборке ни у одного из пациентов не было $OZ < 1.0$ дес.ед. и в некоторых случаях доходила до 2,0 дес.ед. Число пациентов с такими данными существенно отличалось при использовании разных таблиц. Так, наибольшее число пациентов с $1 \leq OZ < 1,5$ было отмечено в случае использования таблицы ETDRS (22 измерения), что значительно превышало число таких случаев, полученных при помощи таблицы Lea (8 измерений). В то же время, значения остроты зрения большие или равные 2.0, были получены только при использовании таблицы Lea (2 измерения); при использовании остальных трех таблиц значений $OZ \geq 2$ получено не было. Число измерений $1,5 \leq OZ < 2,0$ было максимальным при использовании таблицы Сивцева-Головина (18 измерений). Сводные данные представлены в Таблице 20 и на рис. 22 и 23.

Таблица 20. Соотношение полученной бинокулярной остроты зрения с числом измерений ($n=26$)

Таблица	Значения ОЗ		
	$1,0 \leq OZ < 1,5$	$1,5 \leq OZ < 2,0$	$OZ \geq 2$
Таблица Сивцева-Головина	8 измерений	18 измерений	0 измерений
Таблица ETDRS	22 измерения	4 измерений	0 измерений
Таблица Lea	8 измерений	16 измерения	2 измерений
Таблица ИППИ-Р	21 измерения	5 измерений	0 измерений



Рис. 22. Распределение всех полученных значений ОЗ по трем категориям: $1,0 \leq O_3 < 1,5$; $1,5 \leq O_3 < 2,0$; $O_3 \geq 2,0$. Данные сгруппированы по диапазонам ОЗ.

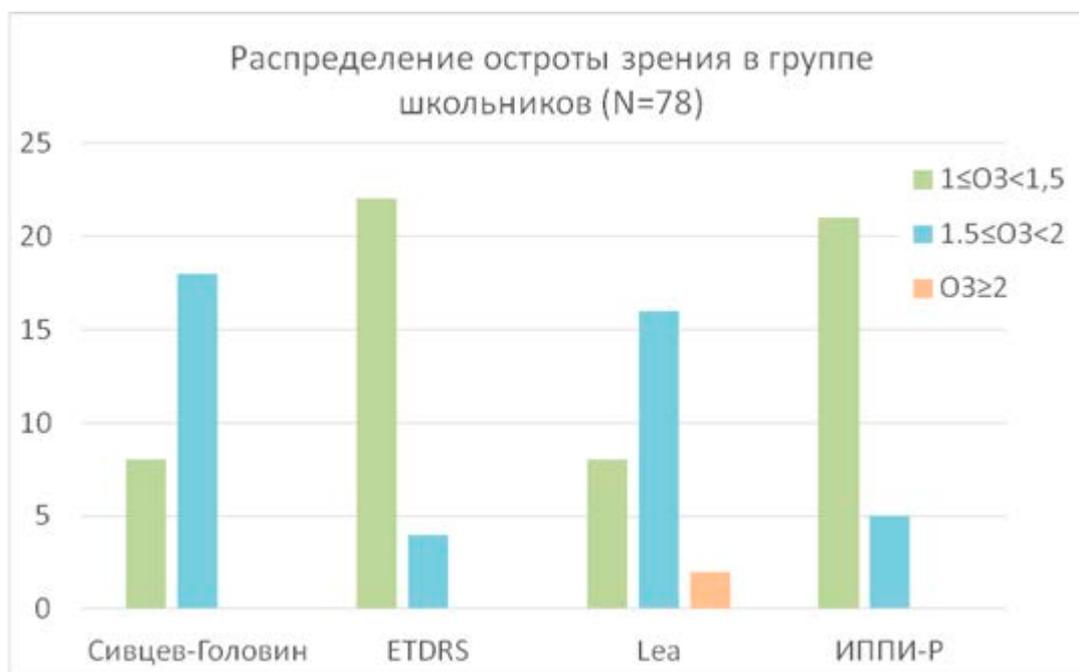


Рис. 23. Распределение всех полученных значений ОЗ по трем категориям: $1,0 \leq O_3 < 1,5$; $1,5 \leq O_3 < 2,0$; $O_3 \geq 2,0$. Данные сгруппированы по типу используемой таблицы.

На рис. 24 представлены средние значения бинокулярной (синяя линия) и монокулярной (фиолетовая линия) показателей остроты зрения, а также средняя острота зрения отдельно для правого глаза (красная пунктирная линия) и для левого глаза (зеленая пунктирная линия). Совпадение синей и фиолетовой линий означает, что бинокулярная и

средняя монокулярная остроты зрения были одинаковые; если бинокулярная острота зрения превышала монокулярную, синяя линия идет выше фиолетовой; в случаях, когда монокулярная острота зрения превышала бинокулярную, наоборот, фиолетовая линия идет выше синей. Цифры по вертикали показывают значения остроты зрения в дес. ед.

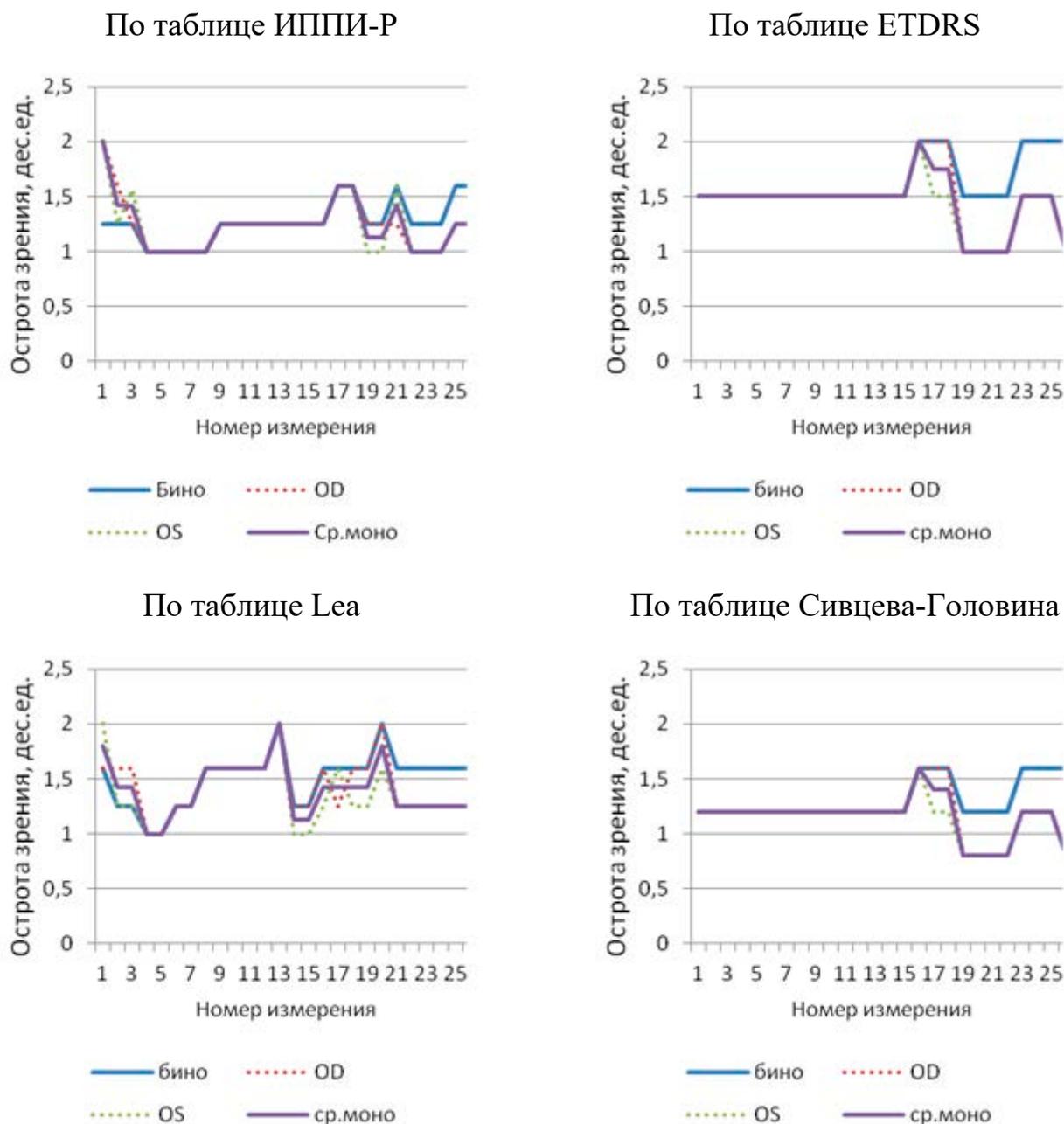


Рис. 24. Сравнение бинокулярной и монокулярной остроты зрения (n=26). Для каждой таблицы данные отсортированы по значению разности между бинокулярной и средней монокулярной остротами зрения, т.е. в левой части графика расположены те измерения, для которых монокулярная ОЗ выше бинокулярной, а в правой – те измерения, для которых бинокулярная ОЗ была выше монокулярной.

При анализе данных оценивались разности показателей каждой из стандартных таблиц и тестируемой новой таблицы ИППИ-Р. В случае ETDRS эти разности оказались равными 0.04 (дов. инт. - ((-0.01)-0.09) для средних и 0.08 для медианных значений; в случае Lea соответствующие значения составили 0.18 (дов. инт. - (0.12-0.24) и 0.12, а в случае таблицы Сивцева-Головина – 0.22 (дов. инт. - (0.15-0.28) и 0.20. Таким образом, результаты оценки ОЗ по новой таблице были наиболее близки к результатам по таблице ETDRS. Был также проведен дополнительный анализ различий между таблицами ETDRS и Lea: ср. разность составила - 0.14 (дов. инт. – ((-0.18)-0.09), медиана – -0.18. Результаты подтвердили имеющиеся литературные данные, что таблица Lea дает более высокие значения ОЗ в сравнении с ETDRS

Как и в серии I, результаты измерений ОЗ, получаемые при помощи новой таблицы ИППИ-Р с модифицированными оптотипами (но в данном случае с равномерным дизайном), хорошо согласуются с данными, получаемыми с использованием стандартизированной таблицы ETDRS. По сравнению с этими данными, Lea дает завышенные результаты, что согласуется с данными литературы по сравнению таблиц Lea и ETDRS [Dobson et al., 2009]. Данная тенденция наблюдалась и в серии I, но была гораздо менее выраженной.

На рис. 25 представлены графики Бленда-Альтмана по сравнению между собой таблиц ETDRS и ИППИ-Р, Lea и ИППИ-Р и таблицы Сивцева-Головина и ИППИ-Р. На данном графике более наглядно показано лучшее совпадение результатов по таблицам ИППИ-Р и ETDRS: для данных двух таблиц диапазон границ согласованности наиболее узкий и медиана разностей близка к нулю.

Разность между ОЗ по двум таблицам, logMAR

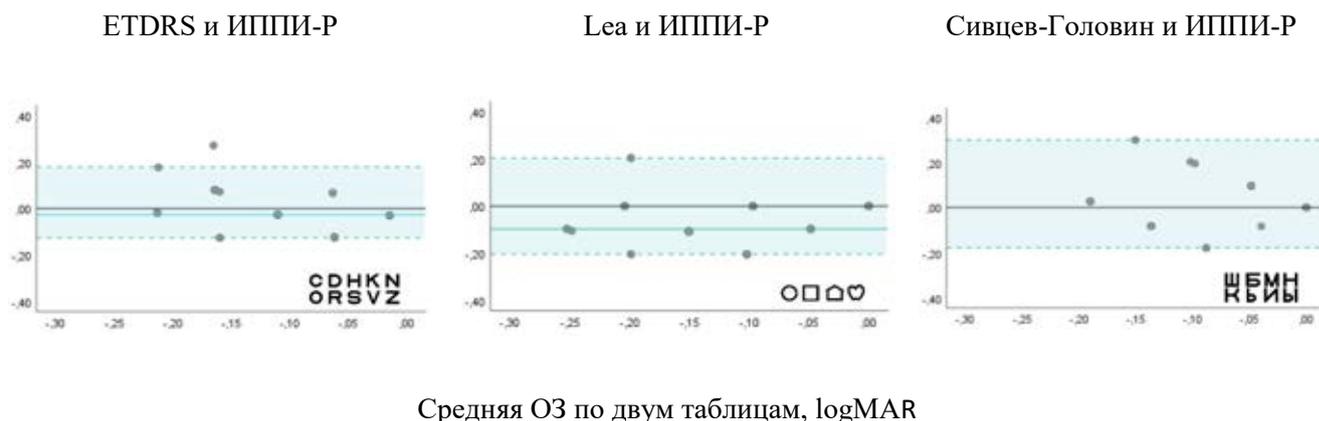


Рис 25. Оценка согласованности результатов между разными таблицами. Графики Бленд-Альтмана для всех комбинаций таблиц. Сплошная линия показывает медиану. Если точки ниже нулевой линии, то таблица, которая находится первой в заголовке, имеет лучшие значения ОЗ (выше по сравнению со второй таблицей в заголовке).

Повторные измерения (тест-ретест). Показатели остроты зрения у 17 школьников, прошедшие и тест и ретест, полученные при использовании четырех таблиц (Сивцева-Головина, ETDRS, Lea, ИППИ-Р), отражены в таблицах 21, 22, 23, 24 и на рис. 26.

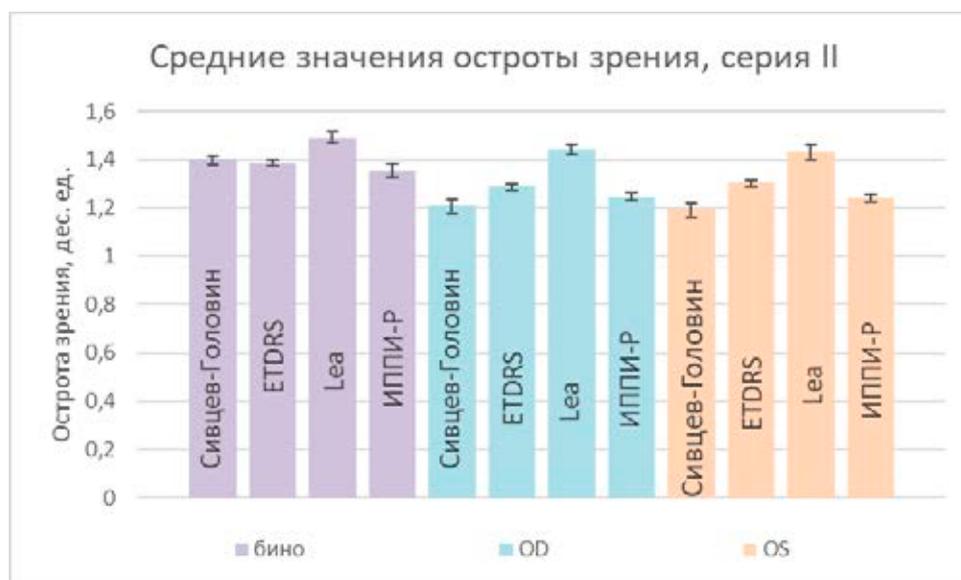


Рис. 26. Средние значения остроты зрения, десятичные единицы. Сиреневым цветом представлены показатели средних значений бинокулярной ОЗ, голубым цветом – монокулярной ОЗ правого глаза, оранжевым цветом – монокулярной ОЗ левого глаза. Планки погрешности указывают станд. ошибки.

Наибольшие средние значения были получены при использовании таблицы Lea (1.49 ± 0.2 для бинокулярной ОЗ; 1.44 ± 0.2 для монокулярной ОЗ правого глаза и 1.43 ± 0.23 для монокулярной ОЗ левого глаза), наименьшие для бинокулярных значений – по таблице ИППИ-Р (1.35 ± 0.22), а для монокулярных – при использовании таблицы Сивцева-Головина (1.20 ± 0.25 ; 1.19 ± 0.25 ; для значений OD и OS, соответственно). Данные представлены в табл. 21.

Таблица 21. Острота зрения, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.откл. (от мин до макс)) (n=17)			
Таблица	Бинокулярные показатели OU	Монокулярные показатели OD	Монокулярные показатели OS
Таблица Сивцева-Головина	$1,40 \pm 0,2$	$1,2 \pm 0,25$	$1,19 \pm 0,25$
Таблица ETDRS	$1,38 \pm 0,16$	$1,29 \pm 0,13$	$1,30 \pm 0,11$
Таблица Lea	$1,49 \pm 0,2$	$1,44 \pm 0,2$	$1,43 \pm 0,23$
Таблица ИППИ-Р	$1,35 \pm 0,22$	$1,25 \pm 0,16$	$1,24 \pm 0,16$

Таблица 22. Бинокулярная острота зрения (n=17) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Среднее модуля разности
Таблица Сивцева-Головина	1.35 ± 0.23 (от 1 до 1,5)	1.44 ± 0.16 (от 1 до 1,5)	0.08 ± 0.19
Таблица ETDRS	1.35 ± 0.13 (от 1,07 до 1,67)	1.41 ± 0.18 (от 1,07 до 1,67)	0.06 ± 0.13
Таблица Lea	1.48 ± 0.2 (от 1 до 1,6)	1.5 ± 0.21 (от 1,25 до 2)	0.06 ± 0.13
Таблица ИППИ-Р	1.28 ± 0.17 (от 1 до 1,6)	1.14 ± 0.25 (от 1 до 2)	0.14 ± 0.17

Таблица 23. Монокулярная острота зрения правого глаза (OD) (n=17) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Среднее модуля разности
Таблица Сивцева-Головина	1.15 \pm 0.23 (от 1 до 1,5)	1.26 \pm 0.26 (от 1 до 1,5)	0.23 \pm 0.26
Таблица ETDRS	1.25 \pm 0.12 (от 1,07 до 1,33)	1.32 \pm 0.12 (от 1,07 до 1,67)	0.06 \pm 0.12
Таблица Lea	1.44 \pm 0.2 (от 1 до 1,6)	1.44 \pm 0.2 (от 1 до 1,6)	0.12 \pm 0.17
Таблица ИППИ-Р	1.22 \pm 0.18 (от 1 до 1,6)	1.27 \pm 0.13 (от 1 до 1,6)	0.1 \pm 0.14

Таблица 24. Монокулярная острота зрения левого глаза (OS) (n=42) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Среднее модуля разности
Таблица Сивцева-Головина	1.15 \pm 0.23 (от 1 до 1,5)	1.23 \pm 0.26 (от 1 до 1,5)	0.15 \pm 0.23
Таблица ETDRS	1.28 \pm 0.1 (от 1,07 до 1,33)	1.32 \pm 0.12 (от 1,07 до 1,67)	0.03 \pm 0.10
Таблица Lea	1.38 \pm 0.26 (от 1 до 2)	1.47 \pm 0.3 (от 1 до 2)	0.13 \pm 0.18
Таблица ИППИ-Р	1.22 \pm 0.18 (от 1 до 1,6)	1.26 \pm 0.15 (от 1 до 1,6)	0.04 \pm 0.09

Анализ повторяемости результатов методом Бленд-Альтмана представлен на рис. 27: представлены графики, показывающие разброс разностей между тестом и ретестом. Из графиков видно, что самый широкий диапазон согласованности, т.е. самая плохая повторяемость, получился для таблицы Сивцева-Головина. Для трех других таблиц диапазоны имеют схожую ширину. Несмотря на то, что для таблицы ETDRS диапазон

получился уже, однако весь диапазон смещен ниже нуля, т.е. значения при ретесте часто превышали значения при тесте (что может быть признаком запоминания опто типов или эффектом обучения). Это подтверждает результаты, полученные в серии I.

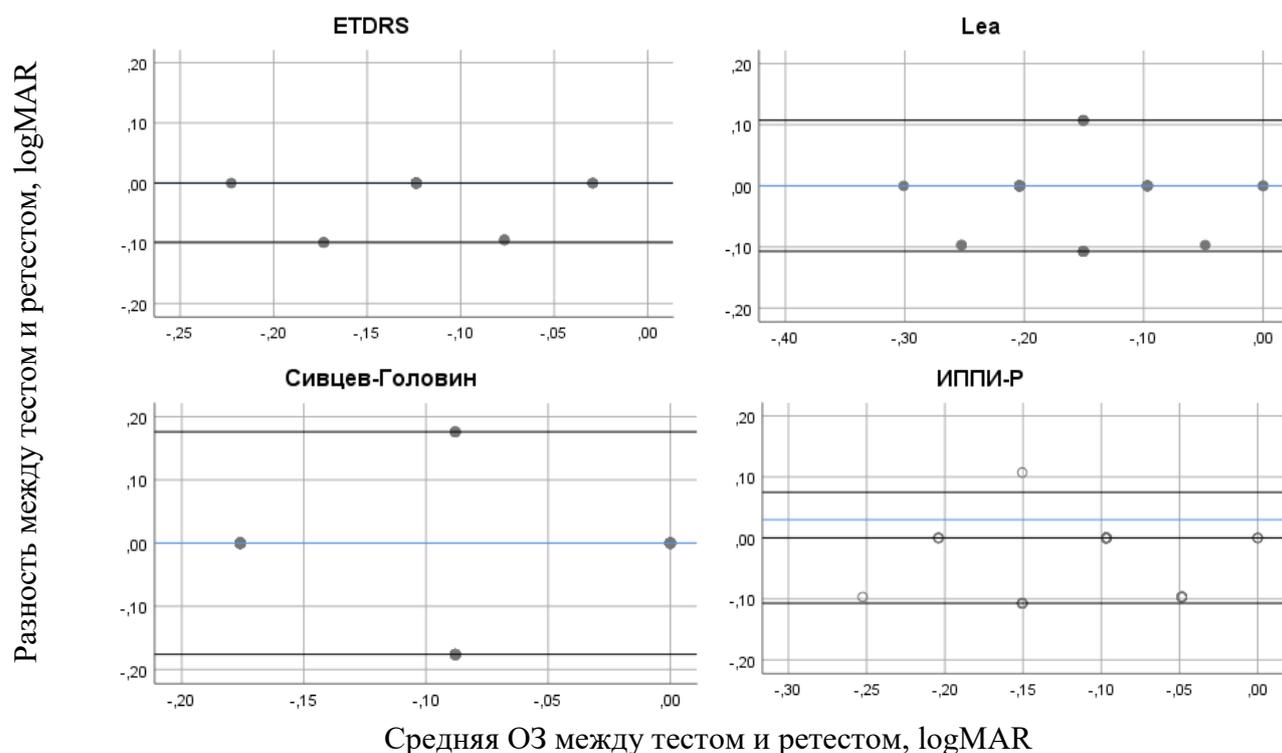


Рис. 27. Графики Бленда-Альтмана по данным теста-ретеста (оценка повторяемости).

Горизонтальные синие линии показывают значение медианы, черные линии показывают нулевой уровень (если не перекрывается медианой), черные линии показывают 2.5 и 97.5 перцентили, таким образом, диапазон между горизонтальными линиями обозначает ширину 95% границ согласованности (LoA). Важно отметить, что, поскольку разности были получены как вычитание значений «ретест минус тест», и так как данные представлены в logMAR, то, чем ниже расположены точки относительно линии нуля, тем более высокими были значения ретеста по сравнению с тестом в десятичных единицах.

3.3. Серия III. Сравнение таблиц (Lea, ИППИ-П, ИППИ-Р) для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на детях с офтальмопатологией

Показатели остроты зрения, полученные при использовании трех таблиц (Lea, ИППИ-П, ИППИ-Р), отражены в таблицах 3.16, 3.18, 3.20 и на рис. 28.

Наибольшие средние значения для 42 бинокулярных показателей и 42 монокулярных показателей левого глаза были получены при использовании таблицы ИППИ-Р (0.75 ± 0.46 для 42 пар показателей бинокулярной ОЗ; 0.58 ± 0.37 для 42 пар показателей монокулярной ОЗ левого глаза), а наименьшие для бинокулярных и монокулярных – при использовании таблицы ИППИ-П (0.64 ± 0.36 ; 0.55 ± 0.33 ; 0.48 ± 0.28 – бинокулярные, OD, OS, соответственно). Данные представлены на рис. 28.

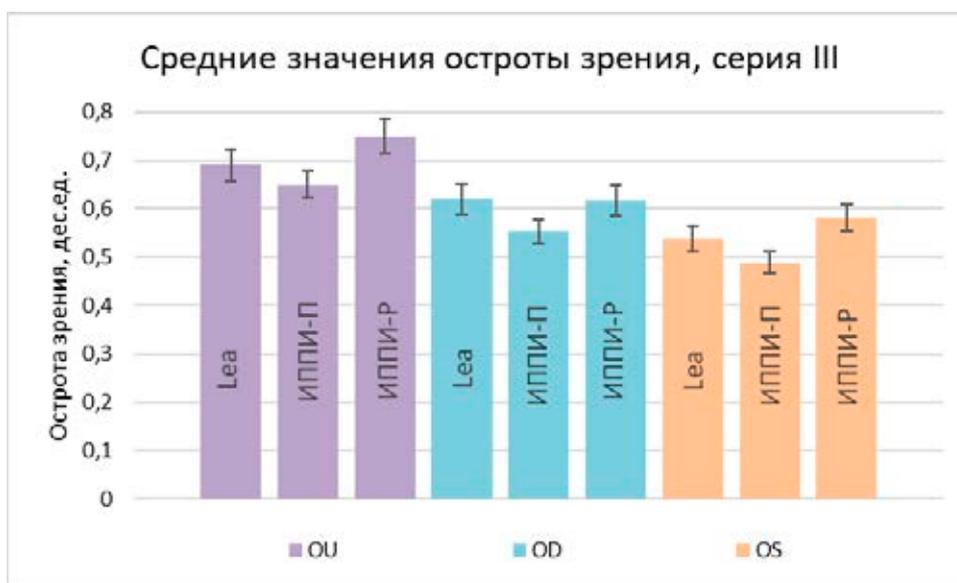


Рисунок 28. Средние значения остроты зрения, десятичные единицы. Сиреневым цветом представлены показатели средних значений бинокулярной ОЗ, голубым цветом – монокулярной ОЗ правого глаза, оранжевым цветом – монокулярной ОЗ левого глаза. Планки погрешности указывают станд. ошибки.

При исследовании повторяемости бинокулярной остроты зрения по двум измерениям все три таблицы показали сопоставимые разности тест-ретест, данные представлены в таблице 25.

Таблица 25. Бинокулярная острота зрения (n=42) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Среднее модуля разности
Таблица Lea	0.69 \pm 0.43 (от 0,1 до 1,6)	0.70 \pm 0.40 (от 0,02 до 1,6)	0.07 \pm 0.15
Таблица ИППИ-П	0.65 \pm 0.39 (от 0,1 до 1,6)	0.64 \pm 0.36 (от 0,1 до 1,6)	0.08 \pm 0.13
Таблица ИППИ-Р	0.75 \pm 0.46 (от 0,1 до 2)	0.75 \pm 0.47 (от 0,1 до 2)	0.11 \pm 0.15

При анализе данных исследуемой группы было отмечено, что количество пациентов с разницей между тестом и ретестом при использовании разных таблиц существенно отличалось. Так, наибольшее количество отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблицы ИППИ-Р (23 пары измерений), что значительно превышало количество отличающихся пар, полученных с помощью таблиц Lea (12 пар измерений). В то же время, максимальную абсолютную разницу между измерениями показала таблица Lea (0,8), а минимальную - таблица ИППИ-П (0,6). Сводные данные представлены в таблице 26.

Таблица 26. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений при исследовании бинокулярного зрения (n=42)

Таблица	Средняя разница между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разница в дес.ед.
Таблица Lea	12 измерений	30 измерений	0,8
Таблица ИППИ-П	18 измерений	24 измерения	0,6
Таблица ИППИ-Р	23 измерения	19 измерений	0,62

При анализе монокулярных измерений правого глаза (n=42) наихудшую повторяемость показала таблица ИППИ-Р, где средняя разность между двумя последовательными измерениями составила 0.1 ± 0.17 , наилучшую – таблица ИППИ-П и Lea (0.06 ± 0.1 ; 0.06 ± 0.17 соответственно). Данные представлены в табл. 27.

Таблица 27. Монокулярная острота зрения OD (n=42) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Среднее модуля разности
Таблица Lea	0.62 ± 0.42 (от 0,02 до 1,6)	0.62 ± 0.40 (от 0,02 до 1,6)	0.06 ± 0.17
Таблица ИППИ-П	0.55 ± 0.33 (от 0,02 до 1,25)	0.56 ± 0.35 (от 0,02 до 1,6)	0.06 ± 0.1
Таблица ИППИ-Р	0.62 ± 0.42 (от 0,02 до 1,6)	0.66 ± 0.43 (от 0,02 до 2)	0.1 ± 0.17

При анализе структуры исследуемой группы (n=42) было отмечено, что наибольшее количество отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблицы ИППИ-П и ИППИ-Р (18 пар измерений), что в 2 раза превосходит результаты, полученные с помощью таблиц Lea (9 пар измерений). При этом, максимальную абсолютную разницу между измерениями показала таблица Lea (0,97), а

минимальную - таблица ИППИ-П (0,37). Данные представлены в таблице 28.

Таблица 28. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений при исследовании монокулярного зрения OD (n=42)

Таблица	Средняя разница между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разница в дес.ед.
Таблица Lea	9 измерений	33 измерений	0,97
Таблица ИППИ-П	18 измерений	24 измерений	0,37
Таблица ИППИ-Р	18 измерений	24 измерений	0,8

При анализе монокулярных измерений левого глаза (n=42) все таблицы показали одинаковую повторяемость между ретестом-тестом, где средняя разность между двумя последовательными измерениями составила 0.06 ± 0.12 ; 0.06 ± 0.09 и 0.06 ± 0.1 для Lea, ИППИ-П и ИППИ-Р соответственно. Данные представлены в табл. 29.

Таблица 29. Монокулярная острота зрения OS (n=42) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Средняя острота зрения, тест	Средняя острота зрения, ретест	Среднее модуля разности
Таблица Lea	0.54 ± 0.35 (от 0,02 до 1,25)	0.57 ± 0.37 (от 0,02 до 1,6)	0.06 ± 0.12
Таблица ИППИ-П	0.48 ± 0.28 (от 0,02 до 1,25)	0.48 ± 0.28 (от 0,02 до 1,0)	0.06 ± 0.09
Таблица ИППИ-Р	0.58 ± 0.37 (от 0,02 до 1,25)	0.57 ± 0.37 (от 0,02 до 1,25)	0.06 ± 0.1

При анализе структуры исследуемой группы (n=42) было показано, что наибольшее количество отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблицы ИППИ-П и ИППИ-Р (17 пар измерений), что несколько превосходит результаты, полученные с

помощью таблиц Lea (11 пар измерений). Максимальную абсолютную разницу между измерениями показала таблица ИППИ-Р (0,45), а минимальную - таблицы ИППИ-П и Lea (0,37). Данные представлены в таблице 30.

Таблица 30. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений при исследовании монокулярного зрения OS (n=42)

Таблица	Средняя разница между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разница в дес.ед.
Таблица Lea	11 измерений	31 измерений	0,37
Таблица ИППИ-П	17 измерений	25 измерений	0,37
Таблица ИППИ-Р	17 измерений	25 измерений	0,45

Далее мы разделили пациентов на две группы: первая группа с более низкой остротой зрения (ниже 0,5) – 15 человек, у которых имелись органические поражения глазного дна, а именно: частичная атрофия зрительного нерва у 13 пациентов и ретинопатия недоношенных у 2 пациентов; группа 2 с более высокой остротой зрения (выше 0,5) – 27 человек, у которых имелись функциональные нарушения зрения, в частности амблиопия слабой (26 пациентов) и средней (1 пациент) степеней и проанализировали результаты измерения двух групп отдельно.

Показатели остроты зрения первой группы пациентов из 15 человек (15 пар показателей бинокулярной ОЗ, 15 пар показателей монокулярной ОЗ правого глаза и 15 пар показателей монокулярной ОЗ левого глаза) при использовании таблиц (Lea, ИППИ-П, ИППИ-Р) отражены в таблицах 31, 33, 35.

Наибольшие средние значения всех показателей были получены при использовании таблицы ИППИ-Р ($0,33 \pm 0,22$ для 15 показателей бинокулярной ОЗ; $0,23 \pm 0,22$ для 15 пар показателей монокулярной ОЗ

правого глаза; $0,25 \pm 0,17$ для монокулярной ОЗ левого глаза), а наименьшие с помощью таблицы Lea ($0,28 \pm 0,18$ для 15 показателей бинокулярной ОЗ; $0,2 \pm 0,21$ для 15 показателей монокулярной ОЗ правого глаза; $0,22 \pm 0,17$ для 15 показателей монокулярной ОЗ левого глаза). Данные представлены на рис. 29.



Рисунок 29. Средние значения остроты зрения, десятичные единицы для группы 1 ($n=15$). Сиреневым цветом представлены показатели средних значений бинокулярной ОЗ, голубым цветом – монокулярной ОЗ правого глаза, оранжевым цветом – монокулярной ОЗ левого глаза. Планки погрешности указывают станд. ошибки.

При исследовании бинокулярного зрения ($n=15$) наибольшая средняя разница между тестом и ретестом была по таблице ИППИ-Р ($0,05 \pm 0,07$), наименьшая по таблице ИППИ-П ($0,02 \pm 0,04$). Данные представлены в таблице 31.

Таблица 31. Бинокулярная острота зрения (n=15) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. ± станд.отклон.)

Таблица	Тест	Ретест	Средняя разность
Таблица Lea	0.28±0.18 (от 0,1 до 0,63)	0.32±0.21 (от 0,1 до 0,8)	0.04±0.07
Таблица ИППИ-П	0.29±0.16 (от 0,15 до 0,8)	0.29±0.17 (от 0,15 до 0,8)	0.02±0.04
Таблица ИППИ-Р	0.33±0.22 (от 0,16 до 1)	0.33±0.19 (от 0,16 до 0,8)	0.05±0.07

При анализе структуры исследуемой группы (n=15) было отмечено, что наибольшее количество отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблицы ИППИ-Р (9 пар измерений), а наименьшее с помощью таблицы Lea (4 пары измерений). В то же время, высокую абсолютную разницу между измерениями показали таблицы ИППИ-Р (0,23) и Lea (0,22), а минимальную - таблица ИППИ-П (0,08). Данные представлены в таблице 32.

Таблица 32. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений бинокулярного зрения (n=15)

Таблица	Средняя разность между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разность в дес.ед.
Таблица Lea	4 измерения	11 измерений	0,22
Таблица ИППИ-П	5 измерений	10 измерений	0,08
Таблица ИППИ-Р	9 измерений	6 измерений	0,23

При анализе монокулярных измерений правого глаза (n=15) наихудшую повторяемость показала таблица Lea, где средняя разность между двумя последовательными измерениями составила 0.05±0.08, наилучшую – таблица ИППИ-Р (0.006±0.01), см. табл. 33.

Таблица 33. Монокулярная острота зрения OD (n=15) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)

Таблица	Тест	Ретест	Средняя разность
Таблица Lea	0.2 \pm 0.21 (от 0,02 до 0,63)	0.25 \pm 0.24 (от 0,02 до 0,8)	0.05 \pm 0.08
Таблица ИППИ-П	0.22 \pm 0.17 (от 0,02 до 0,63)	0.22 \pm 0.16 (от 0,02 до 0,63)	0.01 \pm 0.02
Таблица ИППИ-Р	0.23 \pm 0.22 (от 0,02 до 0,8)	0.23 \pm 0.22 (от 0,02 до 0,8)	0.006 \pm 0.01

При анализе данных исследуемой группы (n=15) было отмечено, что наибольшее число отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблицы Lea (4 пары измерений), наименьшее число – при использовании таблицы ИППИ-Р (2 пары измерений). Максимальную абсолютную разницу между измерениями показала таблица Lea (0,22), а минимальную - таблица ИППИ-Р (0,05). Данные представлены в таблице 34.

Таблица 34. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений монокулярного зрения OD (n=15)

Таблица	Средняя разность между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разность в дес.ед.
Таблица Lea	4 измерений	11 измерение	0,22
Таблица ИППИ-П	3 измерений	12 измерений	0,07
Таблицы ИППИ-Р	2 измерений	13 измерений	0,05

При анализе монокулярных измерений левого глаза (n=15) наихудшую повторяемость показала таблица Lea, где средняя разность между двумя последовательными измерениями составила 0.04 \pm 0.09, наилучшую – таблица ИППИ-П (0.02 \pm 0.04), см. табл. 35.

Таблица 35. Монокулярная острота зрения OS (n=15) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. ± станд.отклон.)

Таблица	Тест	Ретест	Средняя разность
Таблица Lea	0.22±0.17 (от 0,02 до 0,5)	0.27±0.23 (от 0,02 до 0,8)	0.04±0.09
Таблица ИППИ-П	0.24±0.13 (от 0,02 до 0,5)	0.24±0.15 (от 0,02 до 0,63)	0.02±0.04
Таблица ИППИ-Р	0.25±0.17 (от 0,02 до 0,63)	0.25±0.17 (от 0,02 до 0,63)	0.03±0.05

При анализе данных исследуемой группы (n=15) было отмечено, что наибольшее количество отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблицы ИППИ-П (6 пар измерений), наименьшее – при использовании таблицы Lea (3 пары измерений). В то же время, максимальную абсолютную разницу между измерениями показала таблица Lea (0,3), а минимальную -таблица ИППИ-П (0,13). Данные представлены в таблице 36.

Таблица 36. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений монокулярного зрения OS (n=15)

Таблица	Средняя разница между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разница в дес.ед.
Таблица Lea	3 измерений	12 измерение	0,3
Таблица ИППИ-П	4 измерений	11 измерений	0,13
Таблицы ИППИ-Р	6 измерений	9 измерений	0,18

Показатели остроты зрения второй группы пациентов из 27 человек (27 пара показателей бинокулярной ОЗ, 27 пар показателей монокулярной ОЗ правого глаза и 27 пар показателей монокулярной ОЗ левого глаза при использовании таблиц (Lea, ИППИ-П, таблица ИППИ-Р) отражены в таблицах 37, 39, 41 и на рис. 30.

Наибольшие средние значения показателей бинокулярной и монокулярной ОЗ левого глаза были получены при использовании таблицы ИППИ-Р ($0,98 \pm 0,38$; $0,77 \pm 0,32$, соответственно), а наименьшие значения показателей бинокулярной и монокулярной ОЗ с помощью таблицы ИППИ-П ($0,85 \pm 0,34$ для бинокулярной ОЗ; $0,74 \pm 0,15$ для монокулярной ОЗ правого глаза; $0,63 \pm 0,25$ для монокулярной ОЗ левого глаза). Данные представлены на рис. 30.



Рисунок 30. Средние значения остроты зрения, десятичные единицы для группы 2 ($n=27$). Сиреневым цветом представлены показатели средних значений бинокулярной ОЗ, голубым цветом – монокулярной ОЗ правого глаза, оранжевым цветом – монокулярной ОЗ левого глаза. Планки погрешности указывают станд. ошибки.

При исследовании бинокулярного зрения ($n=27$) наибольшая средняя разница между тестом и ретестом была по таблице ИППИ-Р ($0,15 \pm 0,17$), наименьшая по таблице Lea ($0,08 \pm 0,17$). Данные представлены в таблице 37.

Таблица 37. Бинокулярная острота зрения (n=27) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. ± станд.отклон.)

Таблица	Тест	Ретест	Средняя разность
Таблица Lea	0.93±0.34 (от 0,1 до 1,6)	0.91±0.32 (от 0,1 до 1,6)	0.08±0.17
Таблица ИППИ-П	0.85±0.34 (от 0,1 до 1,6)	0.83±0.29 (от 0,1 до 1,6)	0.11±0.14
Таблица ИППИ-Р	0.98±0.38 (от 0,1 до 2)	0.99±0.40 (от 0,1 до 2)	0.15±0.17

При анализе структуры исследуемой группы (n=27) наибольшее количество отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблиц ИППИ-П и ИППИ-Р (13 пар измерений), а наименьшее с помощью таблицы Lea (8 пар измерений). В то же время, максимальную абсолютную разницу между измерениями показала таблицы Lea (0,8), а минимальную таблица ИППИ-П (0,6). Данные представлены в Таблице 38.

Таблица 38. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений бинокулярного зрения (n=27)

Таблица	Средняя разница между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разница в дес.ед.
Таблица Lea	8 измерений	19 измерений	0,8
Таблица ИППИ-П	13 измерений	14 измерений	0,6
Таблица ИППИ-Р	13 измерений	14 измерений	0,62

При анализе монокулярных измерений правого глаза (n=27) наихудшую повторяемость показала таблица ИППИ-Р, где средняя разность между двумя последовательными измерениями составила 0.16±0.19, наилучшую повторяемость – таблица Lea (0.07±0.2), см. табл. 39.

Таблица 39. Монокулярная острота зрения OD (n=27) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. ± станд.отклон.)
1 группа

Таблица	Тест	Ретест	Средняя разность
Таблица Lea	0.85±0.31 (от 0,32 до 1,63)	0.82±0.31 (от 0,1 до 1,6)	0.07±0.2
Таблица ИППИ-П	0.74±0.15 (от 0,40 до 1,25)	0.75±0.26 (от 0,40 до 1,6)	0.1±0.11
Таблица ИППИ-Р	0.83±0.34 (от 0,2 до 1,6)	0.9±0.19 (от 0,4 до 2,0)	0.16±0.19

При анализе структуры исследуемой группы (n=27) было отмечено, что наибольшее количество отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблицы ИППИ-Р (16 пар измерений), а наименьшее с помощью таблицы Lea (5 пар измерений). В то же время, максимальную абсолютную разницу между измерениями показала таблицы Lea (0,97), а минимальную таблица ИППИ-П (0,37). Данные представлены в таблице 40.

Таблица 40. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений монокулярного зрения OD (n=27)

Таблица	Средняя разность между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разность в дес.ед.
Таблица Lea	5 измерений	22 измерения	0,97
Таблица ИППИ-П	15 измерений	12 измерения	0,37
Таблица ИППИ-Р	16 измерений	11 измерения	0,8

При анализе монокулярных измерений левого глаза (n=27) наихудшую повторяемость показала таблица ИППИ-Р и ИППИ-П, где средняя разность между двумя последовательными измерениями составила 0.08±0,1, наилучшую повторяемость – таблица Lea (0.06±0.11), см. табл. 41.

Таблица 41. Монокулярная острота зрения OS (n=27) и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. \pm станд.отклон.)
1 группа

Таблица	Тест	Ретест	Средняя разность
Таблица Lea	0.71 \pm 0.30 (от 0,32 до 1,25)	0.74 \pm 0.32 (от 0,32 до 1,6)	0.06 \pm 0.11
Таблица ИППИ-П	0.63 \pm 0.25 (от 0,25 до 1,25)	0.61 \pm 0.25 (от 0,25 до 1,0)	0.08 \pm 0.1
Таблица ИППИ-Р	0.77 \pm 0.32 (от 0,2 до 1,25)	0.75 \pm 0.32 (от 0,2 до 1,25)	0.08 \pm 0.12

При анализе структуры исследуемой группы (n=27) было отмечено, что наибольшее количество отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблицы ИППИ-П (13 пар измерений), а наименьшее с помощью таблицы Lea (8 пар измерений). Максимальную абсолютную разницу между измерениями показала таблицы ИППИ-Р (0,45), а минимальную таблицы ИППИ-П и Lea (0,37). Данные представлены в таблице 42.

Таблица 42. Соотношение разницы ОЗ в дес.ед. между тестом и ретестом с числом измерений монокулярного зрения OS (n=27)

Таблица	Средняя разность между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разность в дес.ед.
Таблица Lea	8 измерений	19 измерения	0,37
Таблица ИППИ-П	13 измерений	14 измерения	0,37
Таблица ИППИ-Р	11 измерений	16 измерения	0,45

На рис. 31 представлена средняя ОЗ между тестом и ретестом для общей группы пациентов и отдельно для первой и второй группы пациентов. Анализ повторяемости данных теста и ретеста проводили по методу Бленда-Альтмана, использовались непараметрические методы для

определения границ согласия (LoA) [81]. На графике показаны пунктирными линиями показаны непараметрический LoA: 2,5 и 97,5 процентиля, ограничивающие диапазон, в который попадают 95% данных разностей теста и ретеста. В обеих группах наиболее узкие диапазоны границ согласованности (LoA), т.е. наилучшая повторяемость результатов, получены при использовании таблиц ИППИ-П. В группе 1 этот эффект выражен сильнее, чем в группе 2.

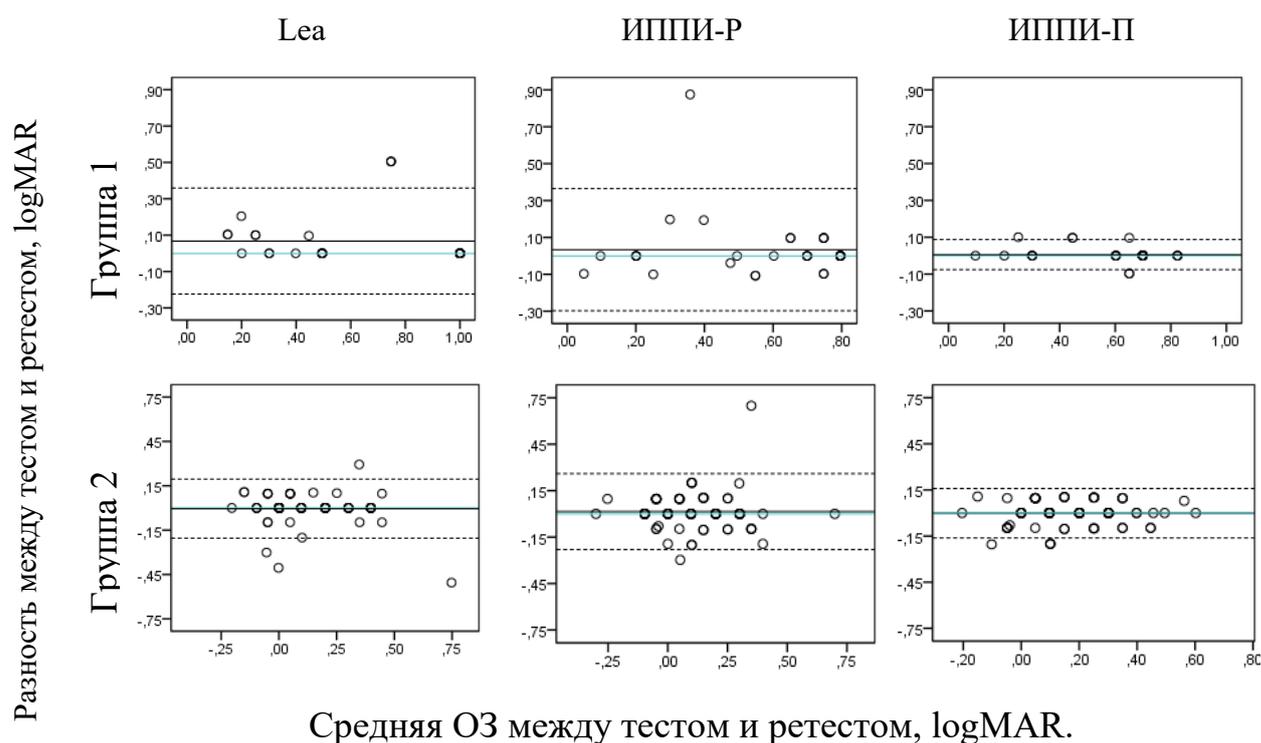
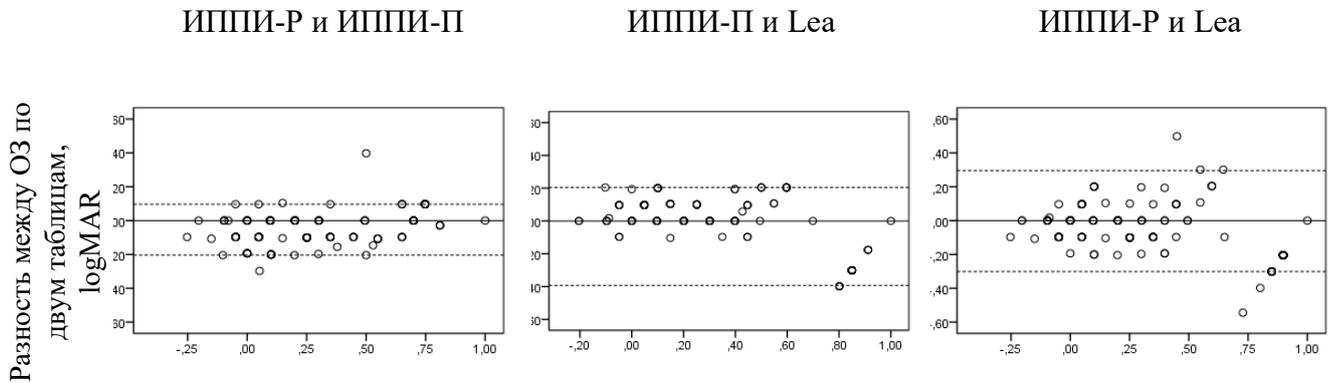


Рис. 31. Графики Бленда-Альтмана по данным теста-ретеста (оценка повторяемости). Сплошные линии показывают значение медианы, голубая линия показывает нулевой уровень (если не перекрывается медианой), штриховые линии показывают 2.5 и 97.5 процентиля, таким образом, диапазон между штриховыми линиями обозначает ширину 95% границ согласованности (LoA). Важно отметить, что, поскольку разности были получены как вычитание значений «ретест минус тест», и так как данные представлены в logMAR, то, чем ниже расположены точки относительно линии нуля, тем более высокими были значения ретеста по сравнению с тестом в десятичных единицах.

На рис. 32 представлен анализ значений, полученных при первом измерении (тесте) для разных таблиц и попарное сопоставление результатов, полученных по таблицам ИППИ-Р и ИППИ-П, ИППИ-П и Lea, ИППИ-Р и Lea. Анализ представленных графиков показывает, что таблицы

ИППИ-Р и ИППИ-П дают сопоставимые по абсолютным значениям оценки остроты зрения в сравнении с таблицей Lea (не завышают значения).



Средняя ОЗ по двум таблицам, logMAR

Рисунок 32. Оценка согласованности результатов между разными таблицами. Графики Бленд-Альтмана для всех комбинаций таблиц. Сплошная линия показывает медиану. Если точки ниже нулевой линии, то таблица, которая находится первой в заголовке, имеет лучшие значения ОЗ (выше по сравнению со второй таблицей в заголовке).

3.4. Серия IV. Сравнение таблиц (ETDRS, ИППИ-Р, ИППИ-П, таблица со знаками «Е») для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на пациентах с катарактой

Показатели остроты зрения, полученные при использовании четырех таблиц (ETDRS, ИППИ-П, ИППИ-Р, таблица со знаками «Е»), отражены в таблице 43 и на рисунке 33.

Наибольшие показатели средних значений были получены при использовании таблицы ИППИ-Р ($0,44 \pm 0,26$ для 69 показателей монокулярной ОЗ), а наименьшие - при использовании таблицы ETDRS ($0,37 \pm 0,27$).

При исследовании повторяемости монокулярной остроты зрения по двум измерениям все таблицы показали близкие значения средних разностей.

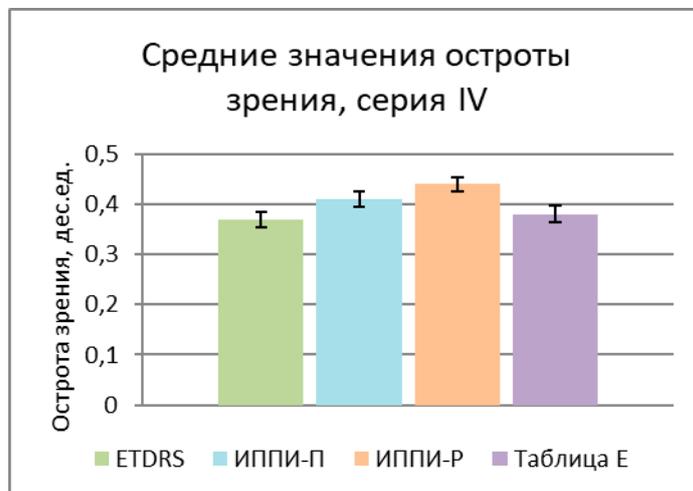


Рисунок 33. Средние значения монокулярной остроты зрения, дес.ед. Планки погрешности указывают станд. ошибки.

Таблица 43. Острота зрения и разности показателей теста и ретеста, десятичные единицы (ср.знач. ±станд.отклон.) n=69

Таблица	Тест	Ретест	Средняя разность
Таблица ETDRS	0.37±0.27 (от 0,06 до 1,25)	0.4±0.30 (от 0 до 1,6)	0.05±0.08
Таблица ИППИ-П	0.41±0.25 (от 0,1 до 1,6)	0.44±0.25 (от 0,12 до 1,6)	0.04±0.06
Таблица ИППИ-Р	0.44±0.26 (от 0.1 до 1.25)	0.47±0.28 (от 0.12 до 1.6)	0.04±0.07
Таблица Е	0.38±0.27 (от 0,06 до 1.6)	0.39±0.27 (от 0,06 до 1.6)	0.03±0.05

При анализе структуры исследуемой группы было отмечено, что количество пациентов с разницей между тестом и ретестом при использовании разных таблиц незначительно отличалось. Наибольшее количество отличающихся между собой пар измерений было отмечено в случае использования таблицы со знаками «Е» (31 пар измерений),

наименьшее - при использовании таблицы ИППИ-Р (26 пар измерений). В то же время, максимальную абсолютную разницу между измерениями показали таблицы ETDRS и таблица ИППИ-Р (0,35), а минимальную – таблица Е (0,17). Сводные данные представлены в Таблице 44.

Таблица 44. Соотношение разницы ОЗ в дес. ед. между тестом и ретестом с числом измерений (n=69)

Таблица	Средняя разница между тестом и ретестом		
	Разница > 0	Разница = 0	Максимальная разница в дес.ед.
Таблица ETDRS	30 измерение	39 измерений	0,35
Таблица ИППИ-П	30 измерения	39 измерения	0,25
Таблица ИППИ-Р	26 измерений	43 измерений	0,35
Таблица Е	31 измерений	39 измерений	0, 17

Анализ повторяемости данных теста и ретеста проводили по Бленд-Альтману (рис. 34). Поскольку тест Шапиро-Уилка показал значительное отклонение от нормального распределения (для таблицы ETDRS различие составило $W(69) = 0,857$, $p < 0,001$; для таблицы ИППИ-П - $W(69) = 0,822$, $p < 0,001$; для таблицы ИППИ-Р - $W(69) = 0,794$, $p < 0,001$; для таблицы Е - $W(69) = 0,863$, $p < 0,001$; кроме того, мы оценивали гистограммы данных и QQ-графики), мы использовали непараметрические методы для определения границ согласия (limits of agreement, LoA) [81]. В таблице 45 показаны границы диапазона согласия: 2,5 и 97,5 перцентили, ограничивающие диапазон, в который попадают 95% данных разностей теста и ретеста. Те же перцентили показаны на рисунке 34 пунктирными линиями.

В связи с выявленной гетероскедастичностью (см. Главу 2 Материалы и методы, раздел 2.4 Методы статистической обработки

данных), графики Бленда-Альтмана строились в логарифмических единицах (logMAR).

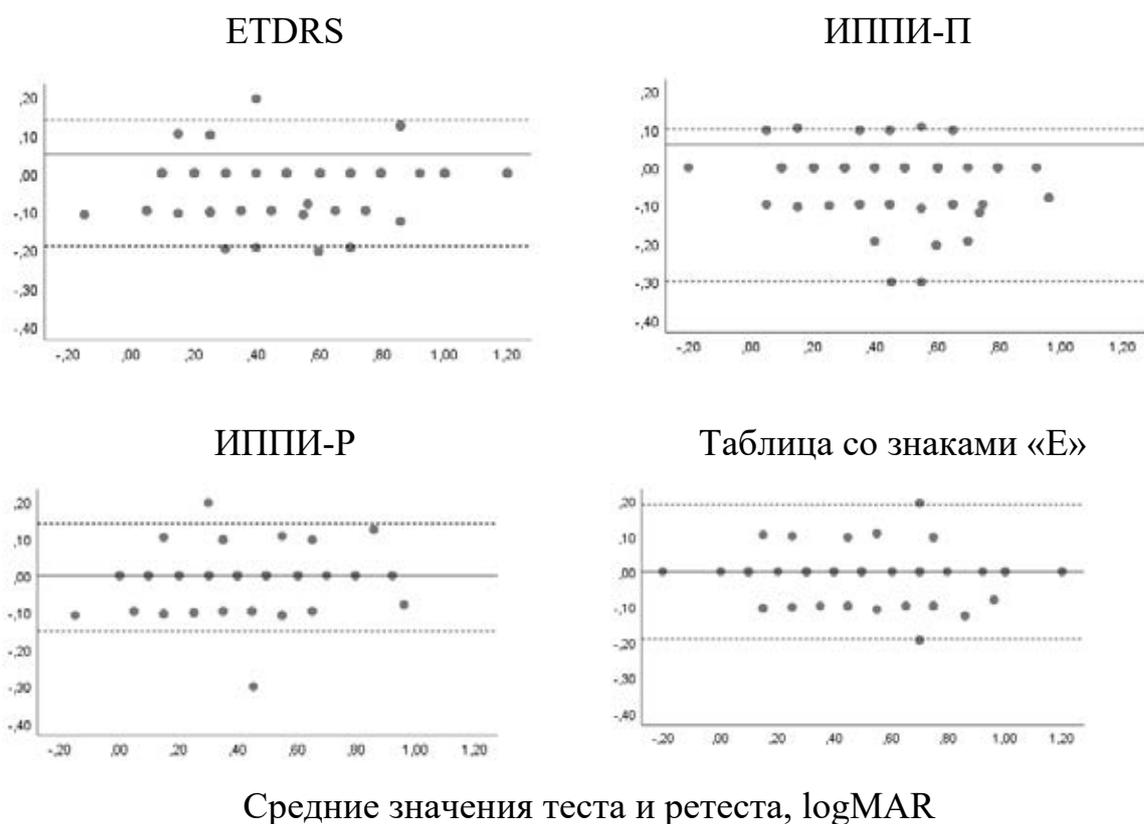
Ширина границ согласованности (LoA) использовалась как аналог тест-ретест вариабельности, TRV (test-retest variability в зарубежной литературе), стандартного показателя, который, как правило, выражается как среднее $\pm 1,96$ SD разницы между тестом и повторным тестированием, обеспечивая 95% диапазон согласованности. В данном исследовании невозможно было использовать показатель TRV, так как распределение данных не подчинялось нормальному закону. В случае нормально распределенных данных тест-ретест вариабельность $\pm 0,15$ будет равна ширине границ согласованности LoA=0,3 (табл. 45).

Таблица 45. LoAs различий между тестом и ретестом. Границы LoA оценивались непараметрически по процентилям

Таблица	Границы согласованности LoA 95%		Ширина 95% границ согласованности (LoA), (оценка изменчивости)
	Нижняя граница (2.5 процентиль)	Верхняя граница (97.5 процентиль)	
ETDRS	-0.19	0.14	0.33
ИППИ-П	-0.30	0.10	0.40
ИППИ-Р	-0.15	0.14	0.29
Таблица E	-0.19	0.19	0.38

Все разности теста-ретеста сравнивались по критерию Фридмана. Было показано, что между таблицами нет статистически значимой разницы, что говорит о сопоставимой повторяемости новых таблиц со стандартными таблицами по критерию повторяемости ($\chi^2 F(3) = 1.551, p = 0.671; N = 79$). На рис. 34 приведены графики анализа Бленда-Альтмана.

Разница между ретестом и тестом, logMAR

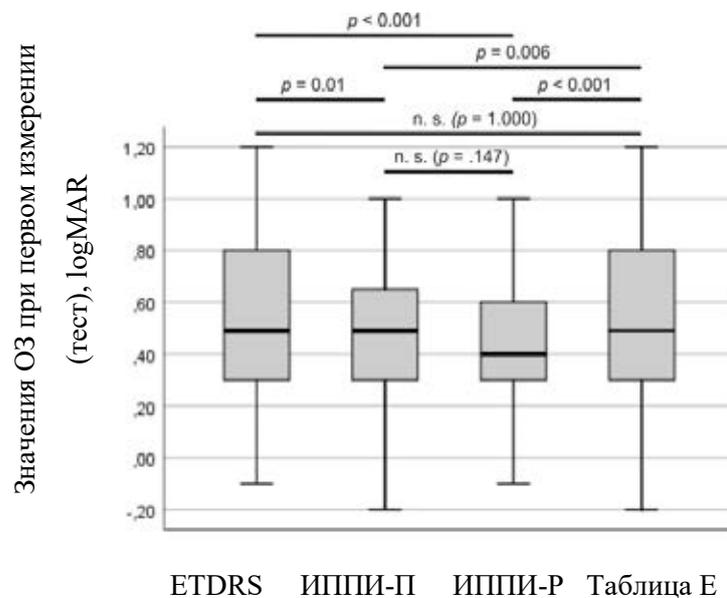


Средние значения теста и ретеста, logMAR

Рис. 34. Графики Бленда-Альтмана по данным теста-ретеста (оценка повторяемости). Сплошные линии показывают значение медианы, штриховые линии показывают 2.5 и 97.5 процентиля, таким образом диапазон между штриховыми линиями обозначает ширину 95% границ согласованности (LoA). Важно отметить, что, поскольку разности были получены как вычитание значений «ретест минус тест», и так как данные представлены в logMAR, то, чем ниже расположены точки относительно линии нуля, тем более высокими были значения ретеста по сравнению с тестом в десятичных единицах.

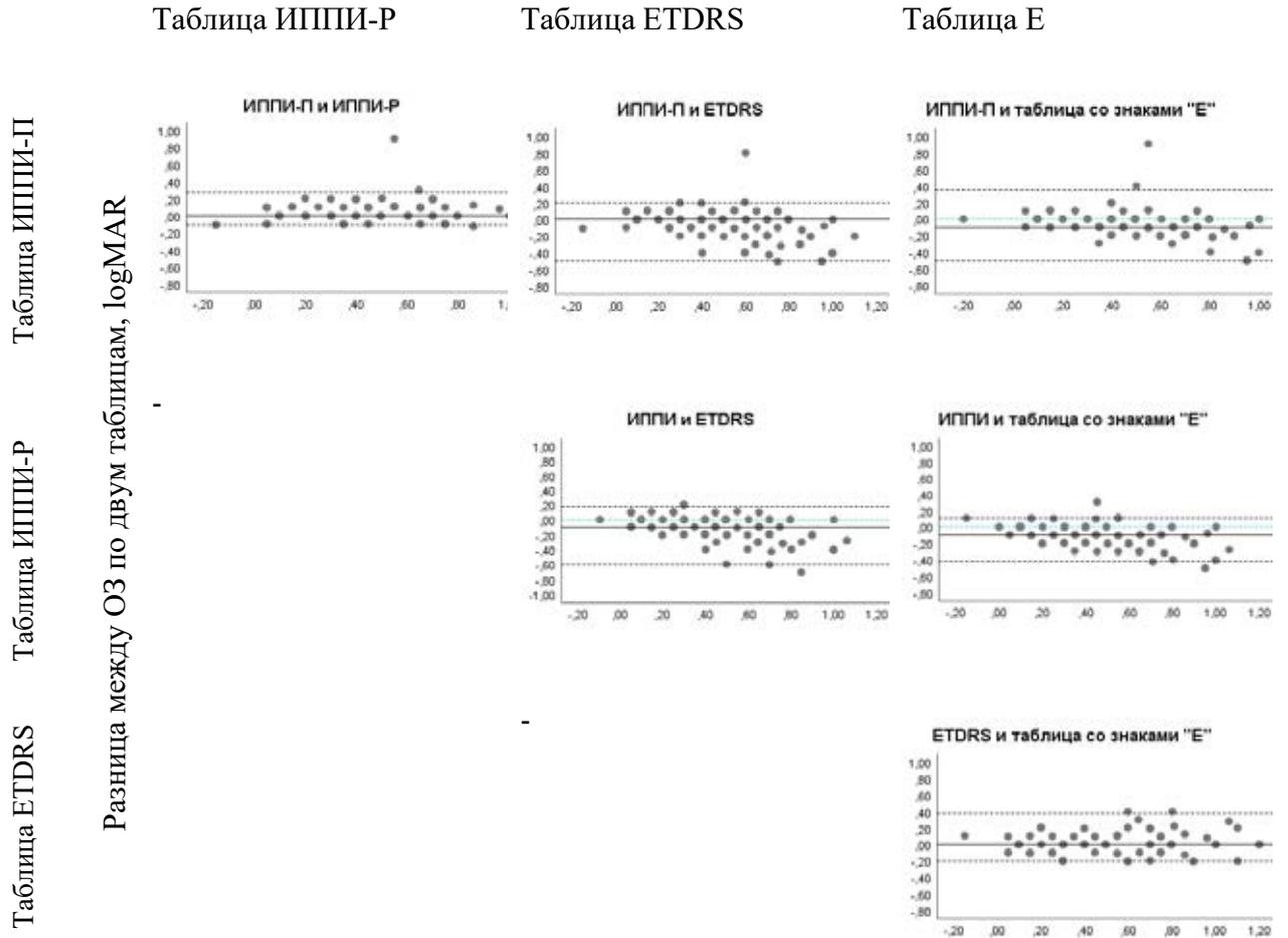
Сравнение таблиц между собой

Дополнительно при сравнении абсолютных значений ОЗ, полученных по разным таблицам, было показано, что таблицы с модифицированными трехполосными стимулами дают достоверно более высокие показатели остроты зрения разрешения у группы пациентов с катарактой (рис. 35, 36, таблица 46).



Таблицы для оценки ОЗ

Рис. 35. Значения ОЗ, полученные при первом измерении (тесте) для всех четырех таблиц. Пост-хок сравнения и p -значения для попарных сравнений указаны с учетом поправки Бонферрони.



Средняя ОЗ по двум таблицам, logMAR

Рис. 36. Сравнение таблиц. Графики Бленд-Альтмана для всех комбинаций таблиц. Сплошная линия показывает медиану, пунктирная голубая линия показывает нулевой уровень (если не перекрывается медианой). Различия измерялись путем вычитания значений, полученных по таблице в наименовании строки из значений таблицы, стоящей в названии столбца (то есть строка минус столбец). Это означает, что, если точки ниже нулевой линии, то таблица, которая находится первой в заголовке (наименование строки), имеет лучшие значения ОЗ (выше по сравнению со второй таблицей в заголовке).

Таблица 46. Сравнение графиков. Непараметрическая оценка разности распределений. Различия измерялись путем вычитания значений, полученных таблицей в имени строки из значений, полученных по таблице в имени столбца (т.е. строка минус столбец)

	Таблица ИППИ-Р	Таблица ETDRS	Таблица Е
Таблица ИППИ-П	2.5 проц. = -0.10 97.5 проц. = 0.27 95% LoA = 0.37	2.5 проц. = -0.50 97.5 проц. = 0.20 95% LoA = 0.70	2.5 проц. = - 0.50 97.5 проц. = 0.34 95% LoA = 0.84
Таблица ИППИ- Р	-	2.5 проц. = -0.60 97.5 проц. = 0.17 95% LoA = 0.77	2.5 проц. = - 0.42 97.5 проц. = 0.11 95% LoA = 0.53
Таблица ETDRS	-	-	2.5 проц. = - 0.20 97.5 проц. = 0.37 95% LoA = 0.57

ГЛАВА 4. ОБСУЖДЕНИЕ РЕЗУЛЬТАТОВ

В главу обсуждения включены разделы по каждому блоку экспериментальной работы. Внутри разделов обсуждения включены подразделы:

- обсуждение количественных данных, повторяемости, согласованности таблиц, показателей абсолютных значений ОЗ в данной группе пациентов;
- обсуждение опыта использования, субъективные впечатления экспериментатора и пациентов, практического опыта работы, обсуждение достоинств и недостатков дизайна как таблиц, так и включенных в них тестовых оптотипов;
- краткие выводы блока.

4.1. Обсуждение результатов сравнения таблиц (ETDRS, Lea, таблица Сивцева-Головина, ИППИ-К) для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на молодых взрослых

Обсуждение количественных результатов

По результатам серии 1 видно, что таблица Lea показывает завышенные данные как бино-, так и монокулярной ОЗ по сравнению с таблицами ETDRS, ИППИ-К и таблицей Сивцева-Головина, эти данные согласуются с работой, где таблица Lea сравнивалась с ETDRS [95].

Таблица ИППИ-К показала максимальное число различающихся значений между двумя повторными измерениями (тест и ретест), но, в то же время, эти разницы были наименьшие по сравнению с разницей между тестом и ретестом, полученными по другим таблицам (Сивцева-Головина, ETDRS, Lea). Мы предполагаем, что это связано с шагом, используемым в таблице ИППИ-К. Шаг в таблице ИППИ-К (круговой) был меньше, чем в других трех таблицах (Сивцева-Головина, ETDRS, Lea). Такая дробность шкалы имеет как недостатки, так и достоинства.

Процедура измерения занимает больше времени (шаг шкалы меньше, следовательно, число предъявлений больше, а ответы пациентов менее четкие), но, с другой стороны такой шаг позволяет менее грубо оценить остроту зрения (что может быть особенно важно при отдельных патологиях или в научных исследованиях). Важно отметить, что в российской офтальмологической практике принято измерять остроту зрения около значения 1,0 с маленьким шагом. Например, российские таблицы РОРБА [50], разработанные с шагом аналогичным таблицам logMAR, имеют дополнительные строки около значения 1,0. Это было сделано именно с учетом российской офтальмологической традиции.

При сравнительном исследовании таблиц Lea, ИППИ-К, ETDRS и Сивцева-Головина наилучшая повторяемость по методу Бленд-Альтмана была получена для разработанной в ИППИ РАН таблицы с модифицированными трехполосными опто типами ИППИ-К.

Обсуждение удобства использования

Помимо количественных оценок повторяемости мы также систематизировали субъективные впечатления экспериментатора и пациентов относительно удобства работы с таблицами. В качестве недостатка таблицы ETDRS можно отметить неравнозначность в узнаваемости знаков, что характерно для буквенных таблиц: на некоторых буквах пациенты чаще допускают ошибки (О часто принимают за Q, G или C; V путают с Y; S называют В или G). В некоторых строках пациенты допускали несколько таких ошибок, а следующий ряд (с буквами меньшего размера) называли без ошибок. Аналогичные сведения приводятся и у других авторов [40, 29, 74, 78, 101].

О различии распознаваемости букв еще в 1925 году писал Д.А. Сивцев в публикации, заложившей основы таблицам Сивцева-Головина. В ней автор провел подробный и тщательный анализ букв как опто типов и описал процедуру отбора знаков для таблиц оценки ОЗ [51].

Помимо исследования распознаваемости букв между собой, Д.А. Сивцев также пишет в своей работе, что узнавание знаков существенно зависит от контекста: «Буква С в нашем начертании представляет из себя точную копию кольца Landolt'a с перерывом, обращенным вправо. И вот, один и тот же знак узнается различно, в зависимости от того, предъявляется ли он, как кольцо, у которого нужно отыскать перерыв, или же, как буква среди других букв. <...> С, как буква, дала максимум узнаваемости с 8 метров, а как кольцо – с 6 метров.» [51; сохранена пунктуация оригинального источника]. Таким образом, один и тот же знак в наборе букв узнавался легче, чем в наборе таких же колец, повернутых в разные стороны.

При использовании таблицы Сивцева-Головина многие пациенты запоминали последовательность букв, что осложняло повторное тестирование. Это может быть особенно проблематично при проведении профотбора, где необходимо выявлять симулянтов, аггравантов и диссимулянтов [19]. С таблицей ETDRS эта проблема была менее выраженной (возможно, из-за того, что родной язык всех пациентов был русский, а таблицы ETDRS используют в качестве опто типов латинские буквы). При использовании таблиц Lea четко была видна граница между различимыми и неразличимыми опто типами: пациенты уверенно говорили, что уже не узнают знаки следующей строки и все опто типы видят как «кружочки». Согласно литературе, именно этот критерий был основным при создании таблицы Lea [111]. Это делает использование таблиц Lea удобным и ускоряет исследование. Однако для этой таблицы были характерны большие разности индивидуальных показателей теста и ретеста, возможно, обусловленные величиной шага изменения размеров между строками. При исследовании таблицы ИППИ-К с трехполосными опто типами некоторые пациенты, наоборот, говорили, что уже не видели различий в знаках, однако могли правильно их угадывать, что удлиняло исследование и было более затруднительно для врача. Мы также

связываем это с шагом изменения размеров в таблице, который был меньшим, чем у таблиц Lea и ETDRS.

Круговой дизайн таблиц ИППИ-К разрабатывался с аккомодационным стимулом: для всех опто типов рядом присутствовал стимул для настройки аккомодационной системы. Разработчики предполагали, что наличие стимула для аккомодационной системы сделает оценку остроты зрения более стабильной и улучшит повторяемость результатов. Однако проведенная в данной работе оценка повторяемости показала, что дизайн оказался неудобен и требует доработки: круговое расположение стимулов путало пациентов и вызывало дискомфорт в поиске нужной строки и опто типа, и, соответственно, часто требовало использования экспериментатором указки, а также удлиняло исследование. Помимо этого, аккомодационные стимулы могут создавать дополнительный краудинг-эффект (что, например, используется в таблицах Glasgow acuity cards [117]), поэтому ввод дополнительных элементов в таблицу требует тщательной апробации. Это особенно актуально для групп пациентов сильно подверженных краудинг-эффекту, например, пациентов с амблиопией.

Выводы блока 4.1

Из полученных результатов по первому блоку исследования можно сделать вывод, что таблица ИППИ-К дает статистически хорошую повторяемость результатов, однако дизайн таблицы имеет ряд недостатков. Как наши данные, так и данные литературы показывают, что разработка подобных таблиц (с дополнительными аккомодационными элементами) требует тщательной и продолжительной апробации. В связи с этим в следующем блоке исследований мы решили модифицировать таблицу, используя те же опто типы, расположенные в линейном дизайне (аналогично стандартной российской таблице Сивцева-Головина), но с логарифмической прогрессией шага (опираясь на стандарты ISO), и

сравнить таблицы на молодых взрослых без офтальмопатологии со стандартной российской таблицей (Сивцева-Головина) и наиболее распространенными зарубежными таблицами (Lea и ETDRS).

4.2. Обсуждение результатов сравнения таблиц (таблица Сивцева-Головина, Lea, ETDRS, ИППИ-Р) для оценки остроты зрения по результатам измерений на школьниках

Обсуждение количественных результатов

Стоит отметить, что таблицы позволяли измерить ОЗ выше единицы с несколькими градациями. Показатели бинокулярной остроты зрения превышали монокулярную у большинства пациентов, что согласуется с данными литературы [29, 8, 43, 21].

Результаты измерений ОЗ, получаемые при помощи новой таблицы ИППИ-Р с равномерным дизайном, хорошо согласуются с данными, получаемыми с использованием стандартизированной таблицы ETDRS. По сравнению с этими данными, таблица Lea и таблица Сивцева-Головина дают завышенные результаты. Литературные данные также показывают, что таблица Lea может давать более высокие значения ОЗ, чем таблица ETDRS [95]. Вероятно это связано с особенностями разработки таблицы Lea: согласно оригинальным публикациям, разработка каждого знака в наборе велась методом уравнивания получаемых частот угадывания с частотами угадывания для знаков E. То есть и размер знака, и ширина линий могли быть изменены в процессе разработки для более точного соответствия получаемых на обеих таблицах значений. Однако таблица ETDRS не калибровалась под знаки E, с чем, возможно, и связано различие получаемых значений [100].

Интересно отметить, что буквенная часть таблицы Сивцева (точнее сами оптоотипы–буквы данной таблицы) калибровались похожим образом, как и знаки таблицы Lea: автор, Д.А. Сивцев, для каждой буквы определял

пороговое расстояние, на котором выбранный знак был еще узнаваем. При этом оценивались не только разрабатываемые автором буквенные знаки, но также кольца Ландольта и распространенные в то время крючки Снеллена и крючки Крюкова.

Однако, учитывая, что современные западные журналы часто рекомендуют в качестве основной таблицы именно таблицу ETDRS, в российской офтальмологической практике полезно иметь аналоги, которые бы давали сопоставимые абсолютные значения. В частности, это полезно для сравнения результатов исследований с результатами зарубежных коллег. Таблицы с оплотипами ИППИ, согласно полученным данным, дает сопоставимые значения, при этом имеют то преимущество, что это небуквенная таблица.

Обсуждение удобства использования

В отличие от таблицы ИППИ-К, таблица ИППИ-Р оказалась удобнее как для пациентов, так и для экспериментатора, дизайн был прост и понятен пациентам, поиск оплотипов не требовал лишних затрат времени, что ускоряло измерение.

Выводы блока 4.2

Из полученных результатов по второму блоку исследования можно сделать вывод, что таблица ИППИ-Р с модифицированными трехполосными оплотипами в равномерном дизайне не дает статистически значимой разницы между тестом и ретестом, то есть имеет хорошую повторяемость результатов, а дизайн удобен как для пациентов, так и для врача. Исходя из этого в следующем блоке мы сравнили таблицу ИППИ-Р в равномерном дизайне (дизайн аналогичен стандартной российской таблице Сивцева-Головина, но с логарифмической прогрессией шага шкалы, то есть размера оплотипов), со стандартной зарубежной таблицей Lea на детях с офтальмопатологией. Дополнительно была разработана и добавлена в сравнение таблица ИППИ-П в пропорциональном дизайне (аналогично дизайну таблицы ETDRS,

которую в зарубежной литературе иногда называют «золотым» стандартом).

4.3. Обсуждение результатов сравнения таблиц (Lea, ИППИ-П, ИППИ-Р) для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на детях с офтальмопатологией

Обсуждение количественных результатов

Анализ по Бленд-Альтману показал, что наилучшая повторяемость результатов в данной выборке была получена по таблице ИППИ-П, о чем говорит наиболее узкий диапазон границ согласованности. При этом для группы пациентов с $OЗ < 0.5$ эффект был более заметен, чем для группы с $OЗ > 0.5$.

Согласно полученным данным по сравнению абсолютных значений $OЗ$, полученных по таблицам ИППИ-Р и ИППИ-П, ИППИ-П и Lea, ИППИ-Р и Lea, все таблицы показали сопоставимые значения. То есть несмотря на отличающуюся структуру опто типов (близкая к решеткам), трехполосные опто типы не завышали и не занижали результаты в сравнении с опто типами Lea. Эти данные особенно интересны в свете имеющихся в литературе упоминаний о том, что острота разрешения обычно выше, чем острота распознавания (в данном исследовании трехполосные опто типы являются опто типами для оценки остроты разрешения), и это чаще проявляется у пациентов с амблиопией.

Обычно острота зрения делится на остроту разрешения (разрешающую способность) и остроту распознавания [108]. Распознавание относится к узнаванию формы опто типа, когда восприятие формы играет бóльшую роль, чем способность различать мелкие детали. Острота разрешения, напротив, основана на разрешении тонкой структуры опто типа. Модифицированные трехполосные опто типы, использованные в этом исследовании, были разработаны в качестве опто типов для оценки остроты разрешения

(разрешающей способности), поскольку они не содержат низкочастотных подсказок для распознавания ориентации опто типа [130].

Обсуждение удобства использования

Протестированные таблицы были в целом одинаково удобны для проверки зрения детей, предпочтений по какой-либо из таблиц выявлено не было. Однако стоит отметить, что сама процедура такого многократного сравнения на детях очень трудоемка, неудобна, дети сильно утомлялись, требовались перерывы, и врачу требовалась помощь ассистента, который стимулировал детей продолжать измерения. Это практическое замечание следует иметь в виду при планировании работ по сравнению методик оценки остроты зрения.

Важно отметить, что дети с нарушениями зрительных функций при корректном медицинском наблюдении (например, в специализированных школах для слабовидящих, кабинетах охраны зрения и др.) проходят процедуру оценки ОЗ довольно часто. Поэтому для такой категории пациентов очень важно, чтобы таблицы показывали хорошие результаты по критерию повторяемости, при этом, чтобы возможность запоминания правильного ответа была минимизирована. Это необходимо, чтобы вовремя можно было обнаружить ухудшения показателей, адекватно оценить эффективность лечения, а также для выявления симулянтов, аггравантов. Желательно, чтобы опто типы можно было использовать в широком диапазоне возрастов, для детей разного когнитивного уровня развития, и чтобы пациент легко мог назвать (или показать жестом) опто тип. По всем этим критериям таблица с буквами кажутся менее подходящим вариантом. Таблицы с трехполосными стимулами, наоборот, могут быть очень перспективными.

Результаты сравнения таблиц между собой показали сопоставимые абсолютные значения ОЗ (по анализу Бленда-Альтмана). Несмотря на то, что опто типы в виде полос (*grating*) могут показывать более высокие

значения, особенно у пациентов с амблиопией, полученные данные не подтверждают этот эффект.

4.4. Обсуждение результатов сравнение таблиц (ETDRS, ИППИ-Р, ИППИ-П, таблица со знаками «Е») для оценки остроты зрения по результатам повторных измерений на пациентах с катарактой

Обсуждение количественных результатов

В исследовании на пациентах с катарактой все таблицы показали сопоставимые результаты тест-ретест. Новые таблицы ИППИ-Р и ИППИ-П не уступают ETDRS и таблице со знаками «Е» по критерию повторяемости.

Таблицы ИППИ-Р и ИППИ-П, содержащие модифицированные трехполосные оптоотипы, показывают лучшие результаты по остроте зрения (более высокая средняя острота зрения в десятичных единицах) по сравнению с ETDRS и таблицей Е. Полученные данные согласуются с другими исследованиями, сообщающими, что основанные на разрешении тесты показывают лучшие результаты, чем буквы (например, в работе [134, 113] сравниваются исчезающие оптоотипы с оптоотипами Слоан, а в работе [19] исчезающие оптоотипы сравнивались с таблицей Сивцева-Головина). Шах и соавторы обсуждали, что при некоторых патологиях острота распознавания может снижаться быстрее, чем острота разрешения. В работе Джохансона взрослые от 47 до 99 лет прошли тестирование по кардиффским оптоотипам (Cardiff optotypes) и буквам Слоан, и оптоотипы Кардифф (также оценивающие остроту разрешения) показали лучшие результаты. Похожие результаты были получены и при сравнении таблицы Сивцева-Головина с исчезающими оптоотипами [19]: исчезающие оптоотипы при тестировании 81 добровольца также показали лучшие значения ОЗ в сравнении с Сивцевым-Головиным.

Наиболее используемыми оптоотипами для оценки разрешающей способности (т.е. остроты разрешения) являются такие таблицы, как Teller

Acuity Cards (которые используются в парадигме preferential looking – предпочтительное разглядывание) или исчезающие оплотипы (например, Cardiff Acuity Test). Исчезающие оплотипы на сегодняшний день считаются очень перспективным и многообещающим методом и имеют такие преимущества, как отсутствие низкочастотных сигналов, позволяющих угадать оплотип по общей форме, и возможность использования в методологии предпочтительного разглядывания. Но исчезающие оплотипы требуют очень точной калибровки печати (соблюдение правильного уровня серого), хранения (во избежание выцветания таблиц) и более точного представления на экране компьютера (калибровки, учета значения гаммы конкретного монитора и др.). Кроме того, исчезающие оплотипы обычно больше по размеру, чем классические оплотипы. В отличие от этого, использованные в работе трехполосные оплотипы легче печатать (они не требуют точных настроек уровня серого) и отображать на мониторе компьютера, тем более что они не имеют изогнутых деталей (то есть не требуют использования анти-алиасинга). Они также имеют обычный размер оплотипа (в отличие от этого, каждое изображение в тестах Кардифф значительно превышает по размеру обычные оплотипы).

Во многих предыдущих работах, сравнивающих остроту разрешения и распознавания, сравниваются очень разные оплотипы: исследования различаются по общему размеру оплотипов, сложности задачи, правилам завершения процедуры и т. д. Размер оплотипа как фактор переоценки остроты зрения также обсуждается в [105, 106, 147]. Мы полагаем, что использование модифицированных трехполосных оплотипов может обеспечить более сопоставимые результаты с буквенным или графическими (картинки) оплотипами. Результаты оценки ОЗ на пациентах с катарактой также согласуются с данными той литературы, в которой утверждается, что острота разрешения часто лучше, чем острота распознавания.

Использование пропорционального дизайна с трехполосными опто типами и с 10 опто типами в один ряд (что было сделано для уравнивания вероятности угадывания) могло повлиять на взаимодействие контуров, и это могло привести к менее стабильной оценке ОЗ [85]. В качестве возможного направления развития данных таблиц можно назвать реструктуризацию таблиц, чтобы они содержали меньше символов в строке (например, две строки по пять опто типов одинакового размера), или использование одних и тех же опто типов в четырех ориентациях (включая диагональные) и 5 опто типов в одном ряду.

Следует отметить, что в работе [107] таблица Ригана, содержащая 8 опто типов подряд (что больше, чем в других стандартных таблицах), показывает сопоставимые результаты с Бейли-Лови и другими таблицами, и авторы не сообщают о каких-либо дополнительных трудностях для пациентов. Трехполосные опто типы могут быть больше подвержены взаимодействию контуров, чем буквы, что может объяснять небольшие различия результатов между таблицами ИППИ-Р и ИППИ-П. Этот вопрос требует дополнительного исследования, не входящего в рамки данной диссертационной работы.

Обсуждение удобства использования

Во время нашего тестирования субъективно таблица со знаками «Е» была самой сложной для группы пациентов с катарактой. Пациенты путали направления опто типов (особенно правое и левое), что требовало большего внимания со стороны экспериментатора (требовалось неоднократно объяснять пациентам правила ответа по данным опто типам, использовать лишнюю жестикуляцию, при этом времени на ответ часто требовалось больше, так как сами пациенты замечали свои ошибки и отвечали неуверенно.

У таблиц ИППИ-Р и ИППИ-П есть один очевидный недостаток: размер таблицы больше, чем других используемых таблиц, так как в каждой строке имеется 8 или 10 опто типов (в таблице Е и ETDRS в строке

по 5 опто типов). Кроме того, модифицированные трехполосные опто типы слегка вытянуты в одном направлении, что делает всю таблицу еще больше.

Помимо ограничений, модифицированные трехполосные опто типы имеют ряд преимуществ. Теоретически, эти опто типы могут использоваться в разных возрастных группах, у пациентов с различными когнитивным и образовательным уровнями, они не требуют знания алфавита и не требуют навыка различать левое и правое направления (проблемы право- и левосторонней асимметрии и плохого знания алфавита положили основу разработке популярной таблицы HOTV [136]). При тестировании детей можно предлагать им отвечать, что столбики «стоят» или «лежат», что делает процедуру оценки и ответы по таким ответам такими же простыми, как и по опто типам-картинкам. Это преимущество дает возможность собирать данные о динамике ОЗ в широких возрастных группах.

Наш опыт работы с таблицей с опто типами E позволяет нам полагать, что даже у взрослых лево-правая направленность часто создает определенные трудности для пациента, заставляя его / ее нерешительно реагировать, и это требует дополнительного внимания со стороны врача.

Выводы блока 4.4

По количественным результатам оценки остроты зрения можно сделать вывод, что новые таблицы ИППИ-Р и ИППИ-П сопоставимы со стандартными таблицами ETDRS и таблицей со знаками «E».

Согласно нашим результатам, полученным на пациентах с катарактой, таблицы ИППИ-Р и ИППИ-П сопоставимы по критерию повторяемости тест-ретест измерения по сравнению с таблицей ETDRS, считающейся «золотым стандартом», и стандартной таблицей E. Однако по сравнению с этими таблицами ИППИ-Р и ИППИ-П дают несколько завышенную остроту зрения. Сравнение полученных значений является еще одним подтверждением того, что острота разрешения (разрешающая

способность) в некоторых группах пациентов может быть выше, чем острота распознавания. Если принимать во внимание существующую литературу по spurious resolution [145, 141, 139] и по оптическим эффектам инверсии контраста в оптических системах, можно сделать вывод, что оптоотипы в виде решеток, в том числе и трехполосные оптоотипы могут иметь существенные диагностические преимущества для пациентов, планирующих операцию по поводу катаракты.

Также, таблицы ИППИ-Р и ИППИ-П удобны тем, что могут использоваться в разных возрастных группах, при любом уровне образования и когнитивных навыках, поскольку они не требуют знания алфавита или умения различать право и лево (так как не содержат горизонтальной асимметрии). Они также дают возможность оценить разрешающую способность зрения, и полученные значения кажутся более приемлемыми для сравнения со стандартной остротой зрения распознавания букв или картинок.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Визометрия – измерение остроты зрения – базовая методика оценки органа зрения. Эта процедура входит в число обязательных при мониторинге состояния зрительной системы, для охраны зрения, а также служит методом оценки проводимого лечения. Успешность и качество оценки остроты зрения зависит от точности, надежности, повторяемости и удобства используемого метода.

Остроту зрения принято оценивать при помощи специальных таблиц, которые различаются по виду опто типов (знаков) и по принципу их размещения по таблице (дизайну). Оптотипы условно можно подразделить на буквы, цифры, картинки и специальные символы (кольца Ландольта, трехполосные стимулы, знаки «Е» и др.). Одним из основных требований к опто типам является одинаковая различимость - схожесть их размытых фигур на пороге различения [44, 45, 121, 122]. В ряде работ популярные в офтальмологической практике буквенные опто типы критикуются именно по параметру различимости [87, 105, 106, 40].

Термин дизайн таблицы объединяет в себе принцип распределения знаков по площади таблицы, количество знаков в строках, расстояние между знаками и строками. В России самыми часто используемыми таблицами являются таблицы Сивцева-Головина, впервые изданные в 1923 году [12]. Для детей часто используются таблицы Орловой. За рубежом используют таблицы с буквами латинского алфавита – таблицы Снеллена, ETDRS – и таблицы Lea с картинками для детей. Несмотря на повсеместную компьютеризацию, табличные тесты остаются наиболее удобным для врача и пациента методом и еще долго не уступят свое место более сложным и требующим технической поддержки решениям.

Задача разработки удобных, надежных и точных таблиц для разных целей исследования зрительной системы по-прежнему остается актуальной. На сегодняшний день активно продолжается разработка и апробация новых таблиц и опто типов как за рубежом [105, 106, 132, 123,

128, 133, 134, ;143, 144, 6, 91], так и в России [71, 28, 36, 44, 45, 24, 50, 49, 30, 3,].

Для оценки качества и удобства таблиц проводят сравнительные исследования [73, 119, 95]. Чаще всего таблицы сравнивают по критерию повторяемости результата – repeatability [135, 126, 131, 118]. Для этого обычно проводят тестовое и ретестовое (повторное) измерения и оценивают разность полученных значений. В идеале при повторных исследованиях данные должны точно повторяться, следовательно, чем меньше разность значений при тесте и ретесте, тем лучше повторяемость оптометрической таблицы. В некоторых исследованиях сравнивают результаты оценки зрительных функций одного и того же испытуемого при использовании разных таблиц, то есть сравнивают таблицы между собой. Чаще всего такие сравнения проводят с использованием метода анализа Бленда-Альтмана (графики Бленда-Альтмана) и оценки границ согласованности (limits of agreement, LoA) [81, 82, 83].

В России не существует широко используемой более точной и надежной замены таблицам Сивцева-Головина, несмотря на то, что по ряду критериев они не удовлетворяют международным требованиям [121, 122, 114]. Одними из самых перспективных для оценки остроты зрения являются разработанные в ИППИ РАН трехполосные оптотипы [44, 45, 28]. Оптотипы представляют собой решетки из трёх полос, расположенных горизонтально или вертикально. При разработке этих тестовых знаков авторы опирались именно на критерий различимости, то есть пытались разработать знаки, которые на пороге разрешения будут выглядеть одинаково. Этому свойству добивались, используя анализ Фурье-спектров изображений оптотипов и минимизируя низкочастотную компоненту разностных спектров вертикального и горизонтального оптотипов.

Помимо тщательно подобранной структуры, обеспечивающей одинаковую различимость, оптотипы обладают и другими преимуществами. Модифицированные трехполосные оптотипы позволяют

проверять зрение как у грамотных, так и у неграмотных пациентов, в том числе у детей или у тех пациентов, которые не знают кириллический алфавит (например, иностранцев).

В ходе диссертационного исследования соискателем были разработаны новые таблицы на основе модифицированных трехполосных опто типов [Патент РФ №2019504724].

В диссертационной работе использовались как стандартные таблицы для проверки остроты зрения, так и новые разработанные таблицы. Всего в исследовании приняло участие 156 пациентов, которые были разделены на 4 группы. В проведенных сериях экспериментов участвовало различное число пациентов, необходимое для проведения исследований.

В серии I использовались четыре таблицы: таблица Сивцева-Головина, ETDRS, Lea, таблица с модифицированными трехполосными опто типами в круговом дизайне (ИППИ-К). В данной серии приняло участие 19 молодых взрослых без офтальмопатологии. Повторяемость результатов оценивалась по методу Бленда-Альтмана с оценкой границ диапазона согласованности (LoA). Показано, что таблица ИППИ-К по диапазону согласованности сопоставима с таблицей ETDRS (0,5 и 0,42 соответственно). Границы диапазона согласованности для таблицы Сивцева-Головина и Lea составили 1,0 и 0,97 соответственно. Таким образом, таблицы ИППИ-К и ETDRS показали сопоставимые результаты, и обе оказались лучше по повторяемости, чем таблицы Сивцева-Головина и Lea.

В серии II использовались четыре таблицы: таблица Сивцева-Головина, ETDRS, Lea, таблица с модифицированными трехполосными опто типами в равномерном дизайне (ИППИ-Р). В данной серии приняло участие 26 пациентов старшего школьного возраста и молодых взрослых. Все пациенты имели хорошую ОЗ: (от 1 до 1.5 по таблице Сивцева-Головина, ср. - 1.39). Методом Бленд-Альтмана было получено, что самый

широкий диапазон согласованности, т.е. самая плохая повторяемость, получилась для таблицы Сивцева-Головина. Для трех других таблиц диапазоны согласованности имели схожую ширину (то есть схожую повторяемость). В данной серии результаты измерений ОЗ, получаемые при помощи новой таблицы ИППИ-Р, хорошо согласуются с данными, получаемыми с использованием стандартизированной таблицы ETDRS.

В серии III использовались три таблицы: Lea, ИППИ-Р, ИППИ-П. В серии приняли участие 42 пациента младшего возраста с офтальмопатологией, условно поделенные на 2 группы: первая группа (15 человек) с остротой зрения < 0.5 дес.ед. и патологиями глазного дна (атрофией зрительного нерва и ретинопатией недоношенных); вторая группа (27 человек) с остротой зрения > 0.5 и функциональными поражениями зрительной системы (амблиопией слабой степени). Анализ абсолютных значений ОЗ по графикам Бленд-Альтмана показывает, что таблицы ИППИ-Р и ИППИ-П дают сопоставимые по абсолютным значениям оценки остроты зрения в сравнении с таблицей Lea, то есть не завышают и не занижают значения. В обеих группах наиболее узкие диапазоны согласованности (LoA), т.е. наилучшая повторяемость результатов, получены при использовании таблиц ИППИ-П. В группе 1, то есть в группе с более низкой остротой зрения, этот эффект выражен сильнее, чем в группе 2.

В серии IV сравнивались четыре таблицы: ETDRS, ИППИ-П, ИППИ-Р, таблица со знаками «Е». В серии приняли участие 69 пациентов с незрелой катарактой. Катаракта является одной из самых частых патологий хрусталика [54, 60], и определение остроты зрения до и после операции – важная процедура для оценки эффективности хирургического лечения [31, 63]. В данной серии было показано, что по критерию повторяемости между таблицами нет значимой разницы, что говорит о сопоставимой повторяемости новых таблиц со стандартными таблицами, и о возможности их использования на данной группе пациентов.

Дополнительно при сравнении абсолютных значений ОЗ, полученных по разным таблицам, было показано, что таблицы с модифицированными трехполосными стимулами дают достоверно более высокие показатели остроты зрения у группы пациентов с катарактой ($p < 0.05$).

Апробированная в серии 1 таблица с модифицированными трехполосными опто типами кругового дизайна (ИППИ-К, разработка ИППИ РАН) показала хорошую повторяемость результатов при исследовании по тест-ретест методу и по анализу Бленд-Альтмана (ширина диапазона согласованности $LoA = 0.16 \log MAR$). Однако круговой дизайн таблицы у многих пациентов вызывал затруднения в поиске опто типов одного размера, и малый шаг таблицы давал большее число несовпадений малой амплитуды при повторных измерениях.

Результаты оценки остроты зрения в группе пациентов с нормальной остротой зрения по новой разработанной таблице с модифицированными трехполосными опто типами в равномерном дизайне (ИППИ-Р) сопоставимы с результатами оценки по стандартизированной таблице ETDRS, о чем говорит самый узкий в данной серии диапазон между границами согласованности по результатам анализа Бленда-Альтмана.

В группе детей с офтальмопатологиями наилучшая повторяемость по результатам анализа Бленда-Альтмана (самый узкий диапазон границ согласованности результатов тест-ретест исследований) была получена для новых разработанных таблиц с модифицированными трехполосными опто типами в пропорциональном дизайне, причем эта тенденция была более выражена у пациентов с остротой зрения ниже 0.5 дес.ед.

В группе пациентов с катарактой новые разработанные таблицы с модифицированными трехполосными опто типами показали повторяемость, сопоставимую с повторяемостью стандартных таблиц (ETDRS и таблица со знаками «Е»). При этом получаемые значения

остроты зрения по таблицам с модифицированными трехполосными опто типами были выше ($p < 0.05$).

Разработанные таблицы с модифицированными трехполосными опто типами являются эффективным средством для оценки остроты зрения, сопоставимы по повторяемости со стандартными таблицами для проверки остроты зрения и в некоторых группах испытуемых могут показывать лучшую повторяемость. Таблица Сивцева-Головина показывает плохую повторяемость у пациентов с высокой остротой зрения и не рекомендуется для точной многократной оценки остроты зрения у здоровых испытуемых. Таблица Lea показывает более высокие значения на испытуемых с нормальной остротой зрения, что нужно учитывать при проведении сравнительных исследований. Новые таблицы с модифицированными трехполосными опто типами показывают лучшую повторяемость показателей остроты зрения у детей с офтальмопатологией по сравнению с таблицей Lea, и, соответственно, являются более точными и лучше подходят для оценки зрения детей с патологией и для мониторинга динамики. Новая таблица с модифицированными трехполосными опто типами с пропорциональным дизайном более предпочтительна при измерении остроты зрения у детей с офтальмопатологией по сравнению с таблицей в равномерном дизайне. У пациентов с катарактой таблицы ИППИ-Р и ИППИ-П могут эффективно применяться для оценки остроты зрения. Результаты измерений с помощью данных таблиц достоверно выше по сравнению с ETDRS и таблицей со знаками «Е».

Разработанные таблицы могут стать эффективным и более надежным аналогом как таблицы Сивцева-Головина, так и зарубежных таблиц для оценки остроты зрения. При оценке остроты зрения у детей с $OZ < 0.5$ дес.ед. новые таблицы показывают лучшую повторяемость результатов, что может позволить эффективно отслеживать ОЗ таких пациентов. При проведении сравнительной оценки различных таблиц для проверки зрения было показано, что по таблице со знаками «Е» пациенты

путали направление символов (право-лево; верх-низ), в качестве недостатков буквенных таблиц можно отметить неравнозначность в узнаваемости знаков, например, в таблице ETDRS на некоторых буквах испытуемые чаще допускают ошибки (О часто принимают за Q, G или C; V путают с Y; S называют B или G). Таблицы с модифицированными трехполосными опто типами могут заменять картинки, удобны и понятны для детей, а также для взрослых любого уровня образования, в том числе и для тех, кто не знает кириллический алфавит.

ВЫВОДЫ

1. Разработаны новые таблицы с модифицированными трехполосными опто типами ИППИ (оптотипы Института Проблем Передачи Информации), соответствующие принципам равномерного (ИППИ-Р) и пропорционального дизайнов (ИППИ-П).
2. Таблица с модифицированными трехполосными опто типами кругового дизайна (ИППИ-К) показала хорошую повторяемость результатов при исследовании по тест-ретест методу и по анализу Бленд-Альтмана (ширина диапазона согласованности $LoA = 0.16 \log MAR$). Однако круговой дизайн таблицы у многих пациентов вызывал затруднения в поиске опто типов одного размера, и малый шаг таблицы давал большее число несовпадений малой амплитуды при повторных измерениях. Таблица с модифицированными трехполосными опто типами в равномерном дизайне (ИППИ-Р) сопоставима по критерию повторяемости результатов со стандартизированной таблицей ETDRS.
3. В группе детей с офтальмопатологиями наилучшая повторяемость по результатам анализа Бленда-Альтмана (самый узкий диапазон границ согласованности результатов тест-ретест исследований) был получен для новых разработанных таблиц с модифицированными трехполосными опто типами в пропорциональном дизайне, причем эта тенденция была более выражена у пациентов с остротой зрения ниже 0.5 дес.ед.
4. В группе пациентов с катарактой новые разработанные таблицы с модифицированными трехполосными опто типами показали повторяемость, сопоставимую с повторяемостью стандартных таблиц (ETDRS и таблица со знаками «Е»). При этом получаемые значения остроты зрения по таблицам с модифицированными трехполосными опто типами были выше ($p < 0.05$).

ПРАКТИЧЕСКИЕ РЕКОМЕНДАЦИИ

1. Разработанные таблицы могут стать эффективным и более надежным аналогом как таблицы Сивцева-Головина, так и зарубежных таблиц для оценки остроты зрения. При оценке остроты зрения у детей с $OЗ < 0.5$ дес.ед. новые таблицы показывают лучшую повторяемость результатов, что может позволить эффективно отслеживать изменение ОЗ таких пациентов.
2. При проведении сравнительной оценки различных таблиц для проверки зрения было показано, что по таблице со знаками «Е» пациенты путали направление символов (право-лево; верх-низ), в качестве недостатков буквенных таблиц можно отметить неравнозначность в узнаваемости знаков, например, в таблице ETDRS на некоторых буквах испытуемые чаще допускают ошибки (О часто принимают за Q, G или С; V путают с Y; S называют В или G). Модифицированные трехполосные оптоотипы могут заменять картинки и удобны для детей, а также для взрослых любого уровня образования, в том числе и для тех, кто не знает или неуверенно знает кириллический алфавит.
3. Таблицы с модифицированными трехполосными оптоотипами удобны, просты и понятны для детей. Ребенок может отвечать как словесно, так и жестами, показывая рукой направление оптоотипов («лежат» или «стоят»).

СПИСОК ТЕРМИНОВ И СОКРАЩЕНИЙ

ОЗ – острота зрения.

Дес. ед. – десятичные единицы оценки остроты зрения.

РН – ретинопатия недоношенных.

ЧАЗН – частичная атрофия зрительного нерва.

LogMAR – логарифм минимального угла разрешения (logarithm of the Minimum Angle of Resolution).

ETDRS – таблица для проверки ОЗ, разработанная группой с одноименным названием Early Treatment Diabetic Retinopathy Study.

Lea – таблица для проверки ОЗ, названная по инициалам разработчицы Lea Hyvärinen.

ИППИ-К – таблица для проверки ОЗ, содержащая модифицированные трехполосные оптоотипы. Таблица имеет круговой дизайн с вспомогательными аккомодационными стимулами. (Разработана в Институте проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН – ИППИ РАН).

ИППИ-Р – таблица, содержащая модифицированные трехполосные оптоотипы и имеющая равномерный дизайн.

ИППИ-П – таблица, содержащая модифицированные трехполосные оптоотипы и имеющая пропорциональный дизайн.

Оптоотипы – знаки, используемые для оценки остроты зрения. Чаще всего в офтальмологии и оптометрии используются буквы, знаки Е и другие символы.

OD – oculus dextra – правый глаз.

OS – oculus sinistra – левый глаз.

OU – oculus uterque – оба глаза (или бинокулярные показатели).

СПИСОК ЛИТЕРАТУРЫ

1. Алексеев, В.Н. Глава 1. Определение остроты зрения / Офтальмология: национальное руководство / О. Н. Авдеева, С. Э. Аветисов, Н. А. Аклаева [и др.]; Под ред. С. Э. Аветисова, Е. А. Егорова, Л. К. Мошетовой, В. В. Нероева, Х. П. Тахчиди. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательская группа "ГЭОТАР-Медиа". – 2018. – 904 с.
2. Алексеев, В. Н. Офтальмология. Учебник для вузов / В. Н. Алексеев, Е.А. Егоров, Ю.С. Астахов, Т.В. Ставицкая // Издательство: ГэотарМедиа, 2010 - 242 стр. ил.
3. Алиев, А.Г.Д. Оптотип и таблица для прецизионных визометрических исследований / А.Г.Д. Алиев, А.А.Г. Алиев, М.М. Нурудинов // Российский офтальмологический журнал. – 2019. – Т. 12. – №. 4. – С. 8-12.
4. Асташева, И.Б. Динамика частоты ретинопатии недоношенных в Москве / И. Б. Асташева, Е. И. Сидоренко, А. Р. Тумасян, Е.В. Безенина, Н.Ю. Ежова, О.А. Шеверная // Современные технологии в офтальмологии. – 2020. – Т. 35. – № 4. – С. 207-208.
5. Базарный, В.Ф. Зрение у детей / В.Ф. Базарный // Проблемы развития– Новосибирск: Наука. – 1991.
6. Безкоровайна, І. М. Спосіб перевірки гостроти зору за допомогою модифікованих таблиць ETDRS з українськими опто типами / І.М. Безкоровайна, М.К. Ткаченко, Д.О. Наконечний // Патент UA 117908. – 2017.
7. Белозеров, А.Е. Теоретическая оценка трехполосных стимулов как опто типов для измерения остроты зрения в сравнении с элементами Габора / А.Е. Белозеров // Сенсорные системы. – 2013. – Т. 27. – №. 2. – С. 108-121.

8. Бондарко, В.М. Острота и гиперострота зрения у школьников 11-17 лет / В.М. Бондарко, Л.А. Семенов // Физиология человека. – 2012. – Т. 38. – №. 3. – С. 56-56.
9. Бондарко, В.М. Острота зрения и краудинг-эффект у взрослых и детей различного возраста / В.М. Бондарко // Нейротехнологии: коллективная монография. Санкт-Петербург: ВВМ. – 2018. – С. 46-116.
10. Бржеский, В.В. Руководство по педиатрии: В 11 томах / В.В. Бржеский, Д.О. Иванов, О.А. Конилова [и др.]. – Санкт-Петербург : Санкт-Петербургский государственный педиатрический медицинский университет" Министерства здравоохранения Российской Федерации, 2022. – 344 с. – ISBN 978-5-907443-73-0.
11. Волков, В.В. Частотно-контрастные характеристики и острота зрения в офтальмологической практике. / В.В. Волков, Л.Н. Колесникова, Ю.Е. Шелепин // Офтальмологический журнал – 1983 – № 3. — С. 148–151.
12. Головин, С.С. Клиническая офтальмология / С.С. Головин // М.: Пгр. – 1923. – С. 960.
13. Головин, С.С., Шрифты для измерения зрения на близком расстоянии / С.С. Головин, Д.А. Сивцев // М. – 1928. – С.5.
14. Громакина Е. В. Сохранение зрения школьников / Е. В. Громакина, С. Ю. Клецова, С. В. Денискина, И. С. Янец // Вестник Кузбасского научного центра. – 2013. – № 18. – С. 196-197.
15. Даниличев, С.Н. Оптические и психофизические исследования зрительной системы космонавтов до и после длительных орбитальных полетов / С.Н. Даниличев, С.В. Пронин, Ю.Е. Шелепин, А.Н. Куликов, О.М. Манько // Оптический журнал. – 2019. – Т. 86. – № 11. – С. 21-28.
16. Даниличев, С.Н. Состояние зрительной сенсорной системы в условиях длительного космического полета / С.Н. Даниличев, О.М.

- Манько // Пилотируемые полеты в космос : Материалы XI Международной научно-практической конференции, Звездный городок, Моск. обл., 10–12 ноября 2015 года. – Звездный городок, Моск. обл.: Научно-исследовательский испытательный центр подготовки космонавтов имени Ю.А. Гагарина, 2015. – С. 380-381.
17. Егоров, Е. А. Офтальмология: учебник / под ред. Е. А. Егорова. – 2-е изд., перераб. и доп. – Москва: ГЭОТАР-Медиа, 2021. – 272 с. : ил. ISBN 978-5-9704-5976-8
18. Жильцова, Е. Ю. Профилактика нарушений органа зрения в условиях образовательного учреждения / Е. Ю. Жильцова, Е. И. Сидоренко, А. В. Воробьев, Е. В. Фаустов // X Съезд офтальмологов России, Москва, 17–19 июня 2015 года. – Москва: Издательство "Офтальмология". – 2015. – С. 39-40.
19. Жильчук, Д.И. Сравнение показателей, полученных с помощью таблиц Головина-Сивцева и «исчезающих» опто типов / Д.И. Жильчук, С.А. Коскин // Известия Российской Военно-медицинской академии. – 2021. – Т. 40. – №. S1-3. – С. 110-114.
20. Жукова, Е. А. Возрастная динамика показателей остроты ближнего и дальнего зрения у школьников на протяжении первых четырех лет обучения / Е. А. Жукова, М. А. Попова, Е. Г. Шушканова // Вятский медицинский вестник. – 2011. – №. 2.
21. Жукова, Е.А. Острота зрения и психические процессы у младших школьников с нарушением глазодвигательной системы / Е.А. Жукова, Ю.А. Волкомуров, К.Н. Коротаева, О.В. Шитова // Вятский медицинский вестник. – 2016. – Т. 51. – № 3. – С. 52-57.
22. Лебедев, Д.С. Опто типы для точной оценки остроты зрения / Д.С. Лебедев, А.Е. Белозеров, Г.И. Рожкова // Патент РФ на изобретение RU № 2447826. – 2012.
23. Копаева, В.Г. Глава 12. Хрусталик. / Глазные болезни: Учебник / С. Э. Аветисов, Е. Л. Атькова, В. Г. Белоглазов [и др.]. – Издание

- четвертое, исправленное и дополненное. – Москва: Издательство "Офтальмология". – 2018. – 496 с.
24. Коскин, С.А. Система определения остроты зрения в целях врачебной экспертизы: Дис. ... докт. мед. наук: 14.00.08 / Коскин Сергей Алексеевич – СанктПетербург, 2009. – 178 с.
25. Коскин, С.А. Современные объективные методы визометрии в целях врачебной экспертизы / С.А. Коскин, А.К. Хараузов, Ю.Е. Шелепин, Э.В. Бойко, В.А. Фокин, Г.Е. Труфанов, ... & А.Ф. Соболев // Вестник Российской Военно-Медицинской Академии. – 2007. – Т. 20. – № 4. – С. 53-60.
26. Коскин, С.А. Современные методы измерения разрешающей способности зрительной системы / С.А. Коскин, Э.В. Бойко, Ю.Е. Шелепин // Оптический журнал. – 2008. – Т. 75. – № 1. – С. 22-27.
27. Кукуюк, Т.В. Объективная проверка остроты зрения у детей раннего возраста / Т.В. Кукуюк, Е.В. Громакина // IX Съезд офтальмологов России : тезисы докладов IX Съезда офтальмологов России, Москва, 16–18 июня 2010 года / редколлегия: С.Э. Аветистов, В.С. Акопян, В.Г. Белоглазов. – Москва: Издательство "Офтальмология", 2010. – С. 460.
28. Лебедев, Д.С. Оптотипы для точной оценки остроты зрения / Д.С. Лебедев, А.Е. Белозеров, Г.И. Рожкова // Патент РФ на изобретение № 2447826. – 2012г.
29. Лещенко, И.А. О системах и правилах определения остроты зрения / И.А. Лещенко // Вестник оптометрии. – 2009. – Т. 3. – С. 54-58.
30. Малюгин, Б.Э., Способ экспертной оценки остроты зрения / Б.Э. Малюгин, Г.И. Рожкова, О.В. Фомина, А.П. Терехин // Патент РФ № 2727873. – 2020.
31. Малюгин, Б.Э. Анализ функциональных результатов имплантации новой модели трифокальной интраокулярной линзы / Б.Э. Малюгин,

- Соболев Н.П., Фомина О.В. // Офтальмохирургия. – 2017. – № 4. – С. 6-14.
32. Манько, О.М. Проблема оценки остроты зрения в свете современных представлений о механизмах зрительного восприятия / О.М. Манько, Г.И. Рожкова // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием, Воронеж, 18–22 сентября 2017 года. – Воронеж: Издательство Истоки, 2017. – С. 1862-1864.
33. Маркова, Е.Ю. Методы исследования органа зрения / Е.Ю. Маркова // Офтальмология под. ред. Е.И. Сидоренко. М.: “Гэотар-медиа”. – 2018а. – С. 93-122.
34. Маркова, Е.Ю. Функции зрительного анализатора / Е.Ю. Маркова // Офтальмология под. ред. Е.И. Сидоренко. М.: “Гэотар-медиа”. – 2018б. – С. 124-149.
35. Моисеенко, Г.А. «Исчезающие» оптометры и объективное измерение остроты зрения человека / Г.А. Моисеенко, С.В. Пронин, Д.И. Жильчук, С.А. Коскин, & Ю.Е. Шелепин // Оптический журнал. – 2020. – Т. 87. – №. 12. – С. 84-92.
36. Нагорский, П.Г. Способ проверки остроты зрения у детей дошкольного возраста / П.Г. Погорский // Патент РФ RU № 2281685. – 2006.
37. Овечкин, И.Г. Современная оптометрия и офтальмоэргономика. Избранные лекции / И.Г.Овечкин, Е.И.Беликова, С.И.Абрамов, Д.Ф.Покровский., М.: А. С. Сирмайс. – 2019. – 179 с.
38. Парамей, О. В. Влияние патологии перинатального периода на рефрактогенез, частоту и характер заболеваний глаз у детей / О. В. Парамей, Е. И. Сидоренко // Вестник офтальмологии. – 1999. – Т. 115. – №. 6. – С. 32.

39. Петри, А. Наглядная медицинская статистика / А. Петри, К. Сэбин // Пер. с англ. под ред. В.П. Леонова – 2-е изд., перераб. и доп. – М.: ГЭОТАР-Медиа. – 2009. – 168 с.
40. Проскурина О.В. Использование проекторов знаков в практике подбора очков / О.В. Проскурина // Вестник оптометрии. – 2004. – №. 2. – С. 62.
41. Проскурина О.В. Подробный протокол исследований для оценки эффективности методов контроля миопии / О.В. Проскурина, Е.П. Тарутта // The Eye Глаз. – 2020. – Т. 22. – №. 3 (131). – С. 5-18.
42. Проскурина О.В. Таблица для исследования остроты зрения у детей / О.В. Проскурина, Ю.З. Розенблюм, М.И. Бершанский // Вестник офтальмологии. – 1998. – Т. 3. – С. 43-5.
43. Рожкова Г.И. Зрение детей: проблемы оценки и функциональной коррекции / Г.И. Рожкова, С.Г. Матвеев – М.: Наука – 2007. – 314 с.
44. Рожкова, Г.И. Измерение остроты зрения: неоднозначность влияния низкочастотных составляющих спектра Фурье опто типов / Г.И. Рожкова, А.Е. Белозеров, Д.С. Лебедев // Сенсорные системы. — 2012. — Т. 26. — № 2. — С. 160–171.
45. Рожкова, Г.И. Оптимизация тестовых знаков и таблиц для измерения остроты зрения / Г.И. Рожкова, М.А. Грачева, Д.С. Лебедев // Материалы научной конференции офтальмологов «Невские горизонты-2014». — СПб. — 2014. — С. 563–567.
46. Рожкова, Г.И. LogMAR для остроты зрения хуже, чем лошадиная сила для мощности электрической лампочки / Г.И. Рожкова // Сенсорные системы. — 2017. — Т. 31. — № 1. — С. 31–43.
47. Рожкова, Г.И. Есть ли реальные основания считать таблицы ETDRS «золотым стандартом» для измерений остроты зрения / Г.И. Рожкова // Известия Российской Военно-медицинской академии. — 2018. — Т. 37. — № 2. — С. 120–123.

48. Рожкова, Г.И. Анализ современных средств для количественной оценки остроты зрения / Г.И. Рожкова, О.М. Манько // Материалы XXIII съезда Физиологического общества им. И. П. Павлова с международным участием, Воронеж, 18–22 сентября 2017 года. – Воронеж: Издательство Истоки, 2017. – С. 1864-1866.
49. Розенблюм, Ю.З. Острота зрения, рефракция и аккомодация у детей / Ю.З. Розенблюм, О.В. Проскурина // Зрительные функции и их коррекция у детей: руководство для врачей. Под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кащенко, А.М. Шамшиновой. — М.: Издательство «Медицина». — 2005. — 872 с.
50. Росляков, В.А. Новые таблицы для измерения остроты зрения: Комментарий к Первому международному стандарту и его реализации / В.А. Росляков // Русский офтальмологический журнал. — 2001. — Т. 2. — № 1. — С. 36–38.
51. Сивцев, Д.А. Сравнительная оценка таблиц для определения остроты зрения / Д.А. Сивцев // Русский офтальмологический журнал. — 1925. — Т. 4. — № 2. — С. 136–158.
52. Сидоренко, Е. И. Перспективы лечения ретинопатии недоношенных / Е. И. Сидоренко, Е. Е. Сидоренко // Российская детская офтальмология. – 2021. – № 1. – С. 50-56.
53. Сидоренко, Е. И. Новая концепция патогенеза ретинопатии недоношенных / Е. И. Сидоренко // Российская детская офтальмология. – 2020. – № 3. – С. 5-12.
54. Сидоренко, Е.И. Патология хрусталика. / Е.И. Сидоренко // Офтальмология. под. ред. Е.И. Сидоренко. М.: “Гэотар-медиа”. – 2018. – С. 420-447.
55. Сидоренко, Е.И. Охрана зрения детей. / Е.И. Сидоренко, Е.Ю. Жильцова // Офтальмология. под. ред. Е.И. Сидоренко. М.: “Гэотар-медиа”. – 2018. – С. 588-597.

56. Сидоренко, Е.И. Скрининговые исследования ретинопатии недоношенных и ее перспективы для офтальмологии / Е.И. Сидоренко, Г.В. Николаева, Е.Е. Сидоренко, С.А. Обрубков, З.М. Ваганова // Российская детская офтальмология. – 2020. – № 4. – С. 44-49.
57. Сидоренко, Е.И. Хирургическая реабилитация детей с врожденной патологией глаз / Е.И. Сидоренко и др. // Методические рекомендации. - М. – 1996. - 20 с.
58. Сомов, Е.Е. Клиническая офтальмология. / Е.Е. Сомов - М.: МЕДпресс-информ, 2005. - 392 с., илл. ISBN 5-98322-111-6.
59. Стулова, А.Н., Оценка остроты зрения: взгляд в прошлое и современные тенденции / А.Н. Стулова, Н.С. Семенова, В.С. Акопян // Вестник офтальмологии. – 2019. – Т. 135. – № 6. – С. 141-146.
60. Тахчиди, Х.П. Глава 29. Болезни хрусталика / Офтальмология: национальное руководство / О. Н. Авдеева, С. Э. Аветисов, Н. А. Аклаева [и др.]; Под ред. С. Э. Аветисова, Е. А. Егорова, Л. К. Мошетовой, В. В. Нероева, Х. П. Тахчиди. – 2-е изд., перераб. и доп.. – Москва: Общество с ограниченной ответственностью Издательская группа "ГЭОТАР-Медиа". – 2018. – 904 с.
61. Тахчиди, Х. П. Ретроспективный анализ эффективности коррекции зрительных функций у детей в условиях образовательного учреждения / Х. П. Тахчиди, С. И. Рычкова, Е. Ю. Жильцова, А. В. Стрижебок // Российская детская офтальмология. – 2019. – № 2. – С. 33-38.
62. Фильчикова, Л.И. Нарушения зрения у детей раннего возраста / Л.И. Фильчикова, М.Э. Бернадская, О.В. Парамей // – 2004.
63. Фомина, О.В. Новый метод оценки зрительных функций пациентов после имплантации мультифокальных интраокулярных линз: Дисс.... канд. мед. наук: 14.01.07 / Фомина Ольга Владимировна – Москва, 2021. – 217 с.

64. Холина, А. Новая таблица для исследования остроты зрения / А. Холина // Русский офтальмологический журнал. — 1930. — Т. 11. — № 1. — С. 42–47.
65. Хювяринен, Л. Зрение у детей: нормальное и с нарушениями / Л. Хювяринен // Пер. с англ. Е.В. Бобровой, С.В. Куликовой. — СПб.: Петербург – XXI век. — 1996. — 71 с.
66. Хватова, А.В. Состояние и перспективы исследований по проблеме ретинопатии недоношенных / А.В. Хватова, Л.А. Катаргина // Профилактика и лечение ретинопатии недоношенных: Материалы симп. М. – 2000. – С. 3-16.
67. Хватова, А.В., Ретинопатия недоношенных / А.В. Хватова, Л.А. Катаргина // Наследственные и врожденные заболевания сетчатки и зрительного нерва. М.: Медицина. – 2001. – С. 385.
68. Чупров, А. Д. Методы исследования центрального отдела зрительного анализатора (обзор) / А.Д. Чупров, Н.А. Жедяле, А.Е. Воронина // Саратовский научно-медицинский журнал. – 2021. – Т. 17. – №. 2. – С. 396-400.
69. Шамшинова, А.М. Функциональные методы исследования в офтальмологии / А.М. Шамшинова, В.В. Волков // М.: Медицина. – 1999. – 416 с.
70. Шедли, М. Исторический обзор способов нотации данных остроты зрения. / М. Шедли, А.В. Головченко, В.И. Сипливый // Медицина – 2021. – Т. 9. – № 1. – С. 69–78.
71. Шелепин, Ю.Е. Визоконтрастометрия: Измерение пространственных передаточных функций зрительной системы / Ю.Е. Шелепин, Л.Н. Колесникова, Ю.И. Левкович // Л.: Наука. – 1985. – 103 с.
72. Adoh, T.O. The Cardiff acuity test used for measuring visual acuity development in toddlers / T.O. Adoh, J.M. Woodhouse // Vision Res. – 2003. – V. 34.– № 4. – P. 555–560.

73. Anstice, N.S. Do picture-based charts overestimate visual acuity? Comparison of Kay Pictures, Lea Symbols, HOTV and Keeler logMAR charts with Sloan letters in adults and children / N.S. Anstice, R.J. Jacobs, S.K. Simkin, M. Thomson, B. Thompson, A.V. Collins // *PLoS One*. – 2017. – V. 12. – № 2. – e0170839.
74. Anstice, N.S. The measurement of visual acuity in children: an evidence-based update / N.S. Anstice, B. Thompson // *Clinical and Experimental Optometry*. – 2014. – V. 97. – № 1. – P. 3–11.
75. Bailey, I.L. New design principles for visual acuity letter charts / I.L. Bailey, J.E. Lovie // *American journal of optometry and physiological optics*. – 1976. – V. 53 – № 11 – P. 740–745.
76. Bailey, I.L. Visual acuity testing. From the laboratory to the clinic / I.L. Bailey, J.E. Lovie-Kitchin // *Vision Research*. – 2013. – V. 90 – P. 2–9.
77. Bailey, I.L. Clinical grading and the effects of scaling / I.L. Bailey, M.A. Bullimore, T.W. Raasch, & H.R. Taylor // *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. – 1991. – V. 32. – №2. – P. 422–432.
78. Barhoom, H. The effect of response biases on resolution thresholds of Sloan letters in central and paracentral vision / H. Barhoom, M.R. Joshi, G. Schmidtmann // *Vision Research*. – 2021. – V. 187. – P. 110-119.
79. Becker, R. Examination of young children with Lea symbols / R. Becker, S. Hübsch, M.H. Gräf, H. Kaufmann // *British journal of ophthalmology*. – 2002. – V. 86. – № 5. – P. 513-516.
80. Bennett, A.G. Ophthalmic test types. A review of previous work and discussions on some controversial questions / A.G. Bennett // *The British journal of physiological optics*. – 1965. – V. 22. – № 4. – P. 238-271.
81. Bland, J.M. Measuring agreement in method comparison studies / J.M. Bland, D.G. Altman // *Statistical methods in medical research*. – 1999. – V. 8. – № 2. – P. 135-160.

82. Bland, J.M. Agreement between methods of measurement with multiple observations per individual / J.M. Bland, D.G. Altman // *Journal of biopharmaceutical statistics*. – 2007. – V. 17. – № 4. – P. 571-582
83. Bland, J.M. Statistical methods for assessing agreement between two methods of clinical measurement / J.M. Bland, D.G. Altman // *International Journal of Nursing Studies*. – 2010. – V. 47. – № 8. P. 931–936.
84. Bondarko, V.M. What spatial frequency do we use to detect the orientation of a Landolt C? / V.M. Bondarko, M.V. Danilova // *Vision Research*. – 1997. – V. 37. – №. 15. – P. 2153-2156.
85. Bouma, H. Visual recognition of isolated lower-case letters / H. Bouma // *Vision research*. – 1971. – V. 11. – № 5. – P. 459-474.
86. BS 4274 – 1968. 142. Test charts for determining distance visual acuity. British Standards Institute, London – 1968.
87. Candy, T.R. Adult discrimination performance for pediatric acuity test optotypes / T.R. Candy, S.R. Mishoulam, R.M. Nosofsky, V. Dobson // *Investigative ophthalmology & visual science*. – 2011. – V. 52. – № 7. – P. 4307-4313.
88. Coates, W.R. Visual acuity and test letters, transactions of the Institute of ophthalmic opticians, III, 1935 / W.R. Coates // Bennett AG. Ophthalmic test types. *British J Physiolog Optics*. – 1965. – V. 22. – P. 238.
89. Cole, B.L. Measuring visual acuity is not as simple as it seems / B.L. Cole // *Clinical and Experimental Optometry*. – 2014. – V. 97. – № 1. – P. 1-2.
90. Colenbrander, A. The historical evolution of visual acuity measurement / A. Colenbrander // *Visual impairment research*. – 2008. – P. 10. – № 2-3. – P. 57-66.
91. Dall’Orto, G.C. Measurement of visual acuity with a digital eye chart: optotypes, presentation modalities and repeatability / G.C. Dall’Orto, A. Facchin, A. Bellatorre, S. Maffioletti, M. Serio // *Journal of Optometry*. – 2021. – V. 14. – № 2. – P. 133-141.

92. Danilova, M.V. Foveal contour interactions and crowding effects at the resolution limit of the visual system / M.V. Danilova, V.M. Bondarko // *Journal of Vision*. – 2007. – V. 7. – № 2. – P. 25-25.
93. De Haan, V. Onderzoekingen naar de invloed van de leeftijd op de gezichtsscherpte (Research on the influence of age on visual acuity): Doctoral Dissertation. / V. De Haan – Utrecht. –1862.
94. Deutche Normen. Sehscharfenbestimmung. Prufung fur Gutachten (DIN58220). DIN Deutsches Institut fur Normung e.V. (Ed.). DIN Taschenbuch 177, Berlin, Beuth-Verlag – 1974.
95. Dobson, V. A comparison of Lea Symbol vs ETDRS letter distance visual acuity in a population of young children with a high prevalence of astigmatism / V. Dobson, C.E. Clifford-Donaldson, J.M. Miller, et al. // *Journal of American Association for Pediatric Ophthalmology and Strabismus*. – 2009. – V. 13. – № 3. – P. 253-257.
96. Doria, C. À la recherche de la vision «normale» mesurer l'acuité visuelle au XIXe siècle / C. Doria // *Canadian Bulletin of Medical History*. – 2020. – V. 37. – № 1. – P. 147-172.
97. Doria, C. Searching for the normal vision. Measuring visual acuity in the 19th century / C. Doria // *Medicina Historica*. – 2021. – V. 5 – № 2 – P. e2021015. Available from: <https://mattioli1885journals.com/index.php/MedHistor/article/view/90>
98. Elliott, D.B. The good (logMAR), the bad (Snellen) and the ugly (BCVA, number of letters read) of visual acuity measurement / D.B. Elliott // *Ophthalmic and Physiological Optics*. – 2016. – V. 36. – № 4. – P. 355-358
99. Facchin, A. Different trajectories in the development of visual acuity with different levels of crowding: The Milan Eye Chart (MEC) / A. Facchin, S. Maffioletti, M. Martelli, R. Daini // *Vision research*. – 2019. – V. 156. – P. 10-16.

100. Ferris III, F.L. New visual acuity charts for clinical research / F.L. Ferris III, A. Kassoff, G.H. Bresnick, I. Bailey // *American journal of ophthalmology*. – 1982. – V. 94. – № 1. – P. 91-96.
101. Ferris III, F. L. Relative letter and position difficulty on visual acuity charts from the Early Treatment Diabetic Retinopathy Study / F.L. Ferris III, V. Freidlin, A. Kassoff, S.B. Green, R.C. Milton // *American Journal of Ophthalmology*. – 1993. – V. 116. – № 6. – P. 735-740.
102. Frisén, L. Vanishing optotypes. New type of acuity test letters / L. Frisén // *Archives of ophthalmology*. – 1986. – V. 104. – № 8. – P. 1194-1198.
103. Gibson, R.A. Observer variation in ophthalmology / R.A. Gibson, H.F. Sanderson // *British Journal of Ophthalmology*. – 1980. – V. 64. – № 6. – P. 457-460.
104. Green, J. On a new series of test-letters for determining the acuteness of vision / J. Green // *Transactions of the American Ophthalmological Society*. – 1868. – V. 1. – № 4-5. – P. 68
105. Hamm, L.M. The Auckland optotypes: an open-access pictogram set for measuring recognition acuity / L.M. Hamm, J.P. Yeoman, N.S. Anstice, S.C. Dakin // *Journal of vision*. – 2018. – V. 18. – № 3. – P. 13-13.
106. Hamm, L.M. Recognition acuity in children measured using the Auckland optotypes / L.M. Hamm, N.S. Anstice, J.M. Black, S.C. Dakin // *Ophthalmic and Physiological Optics*. – 2018. – V. 38. – № 6. – P. 596-608.
107. Hazel, C.A. The dependency of LogMAR visual acuity measurements on chart design and scoring rule / C.A. Hazel, D.B. Elliott // *Optometry and vision science*. – 2002. – V. 79. – № 12. – P. 788-792.
108. Heinrich, S.P. Resolution acuity versus recognition acuity with Landolt-style optotypes / S.P. Heinrich, M. Bach // *Graefes Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. – 2013. – V. 251. – № 9. – P. 2235-2241.

109. Holladay, J.T. Proper method for calculating average visual acuity / J.T. Holladay // *Journal of refractive surgery*. – 1997. – V. 13. – № 4. – P. 388-391.
110. Howland, B. High-pass spatial frequency letters as clinical optotypes / B. Howland, A. Ginsburg, F. Campbell // *Vision research*. – 1978. – V. 18. – № 8. – P. 1063-1066.
111. Hyvärinen, L. New visual Acuity test for pre-school children / L. Hyvärinen, R. Näsänen, P. Laurinen // *Acta ophthalmologica*. – 1980. – V. 58. – № 4. – P. 507-511.
112. Jackson, A.J. Visual acuity / A.J. Jackson, I.L. Bailey // *Optometry in practice*. – 2004. – V. 5. – P. 53-68.
113. Johansen, A. Screening for visual impairment in older people: validation of the Cardiff Acuity Test / A. Johansen, S. White, P. Waraisch // *Archives of gerontology and geriatrics*. – 2003. – V. 36. – № 3. – P. 289-293.
114. International Council of Ophthalmology. Visual acuity measurement standard [Internet]. 1984 [cited 1984 October 5]. Available from:
<http://www.icoph.org/dynamic/attachments/resources/icovisualacuity1984.pdf>.
115. Kassoff, A. Design of a new visual acuity chart (modified Bailey–Lovie) / A. Kassoff & Diabetic Retinopathy Study Research Group // *Investigative Ophthalmology and Visual Science*. – 1979. – V. 18. – P. 219.
116. Linksz, A. The development of visual standards: Snellen, Jaeger, and Giraud-Teulon / A. Linksz // *Bulletin of the New York Academy of Medicine*. – 1975. – V. 51. – № 2. – P. 277.
117. McGraw, P.V. Glasgow acuity cards: a new test for the measurement of letter acuity in children / P.V. McGraw, B. Winn // *Ophthalmic and Physiological Optics*. – 1993. – V. 13. – № 4. – P. 400-404.

118. McGraw, P. Reliability of the Snellen chart / P. McGraw, B. Winn, D. Whitaker // *Bmj*. – 1995. – V. 310. – № 6993. – P. 1481-1482.
119. Mercer, M.E. Comparison of Patti Pics and Lea Symbols / M.E. Mercer, J.R. Drover, K.J. Penney, M.L. Courage, R.J. Adams // *Optometry and Vision Science*. – 2013. – V. 90. – № 3. – P. 236-241.
120. Milling, A. The redevelopment of the Kay picture test of visual acuity / A. Milling, D. Newsham, L.P. Tidbury, A.R. O'Connor, H. Kay // *British and Irish Orthoptic Journal*. – 2016. – V. 13. – № 6. – P. 14-21.
121. NAS-NRC. Committee on vision. Recommended standard procedures for the clinical measurement and specification of visual acuity. Report, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C. *Adv Ophthalmol*. – 1980. – V. 41. – P. 103-148
122. NAS-NRC. Recommended standard procedures for the clinical measurement and specification of visual acuity. Report of working group 39. Committee on vision. Assembly of Behavioral and Social Sciences, National Research Council, National Academy of Sciences, Washington, D.C. *Adv Ophthalmol*. – 1980. – V. 41. – № 103.– P. 148.
123. Negiloni, K. Construction and validation of logMAR visual acuity charts in seven Indian languages / K. Negiloni, D. Mazumdar, A. Neog et al. // *Indian journal of ophthalmology*. – 2018. – V. 66. – № 5. – P. 641-646.
124. Ng, J.S. Line-by-line visual acuity scoring equivalence with letter-by-letter visual acuity scoring / J.S. Ng, A. Wong // *Clinical and Experimental Optometry*. – 2021. – P. 1-6.
125. Nottingham Chaplin, P.K. A historical review of distance vision screening eye charts: what to toss, what to keep, and what to replace / P.K. Nottingham Chaplin, G.E. Bradford // *NASN School Nurse*. – 2011. – V. 26 – № 4 – P. 221–228.
126. Nicolas, C. Reproducibility of visual acuity measurement using the ETDRS chart in daily clinical practice / C. Nicolas, G. Debellemanière, F.

- Boissier, C. Girard, C. Schwartz, B. Delbosc, M. Saleh // *Journal francais d'ophtalmologie*. – 2016. – V. 39. – № 8. – P. 700-705
127. Ogle, K.N. On the problem of an international nomenclature for designating visual acuity / K.N. Ogle // *American journal of ophthalmology*. – 1953. – T. 36. – № 7. – C. 909-921.
128. Plainis, S. A modified ETDRS visual acuity chart for European-wide use / S. Plainis, P. Tzatzala, Y. Orphanos, M.K. Tsilimbaris // *Optometry and vision science*. – 2007. – V. 84. – № 7. – P. 647-653.
129. Riggs, L.A. Visual acuity / L.A. Riggs // *Vision and visual perception*. New York: John Wiley and Sons. – 1965. – P. 321-349.
130. Rozhkova, G. Optimal optotype structure for monitoring visual acuity / G. Rozhkova, D. Lebedev, M. Gracheva, S. Rychkova // *J Latv Acad Sci*. – 2017. – V. 71. – № 5. – P. 327-338.
131. Sabour, S. Accuracy and reproducibility of the ETDRS visual acuity chart: methodological issues / S. Sabour, F. Ghassemi // *Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology*. – 2016. – V. 254. – № 10. – P. 2073.
132. Sailoganathan, A. A new Gujarati language logMAR visual acuity chart: development and validation / A. Sailoganathan, J. Siderov, E. Osuobeni // *Indian journal of ophthalmology*. – 2013. – V. 61. – № 10. – P. 557-561.
133. Shah, N. Effect of scoring and termination rules on test-retest variability of a novel high-pass letter acuity chart / N. Shah, S.C. Dakin, H.L. Whitaker, R.S. Anderson // *Investigative ophthalmology & visual science*. – 2014. – V. 55. – № 3. – P. 1386-1392.
134. Shah, N. Visual acuity loss in patients with age-related macular degeneration measured using a novel high-pass letter chart / N. Shah, S.C. Dakin, S. Dobinson, A. Tufail, C.A. Egan, R.S. Anderson // *British Journal of Ophthalmology*. – 2016. – V. 100. – № 10. – P. 1346-1352.

135. Shamir, R.R. The influence of varying the number of characters per row on the accuracy and reproducibility of the ETDRS visual acuity chart / R.R. Shamir, Y.G. Friedman, L. Joskowicz, M. Mimouni, E.Z. Blumenthal // Graefe's Archive for Clinical and Experimental Ophthalmology. – 2016. – V. 254. – № 5. – P. 971-976.
136. Sheridan M. D., Sheridan-Gardiner test for visual acuity / M.D. Sheridan, P.A. Gardiner // British Medical Journal. – 1970. – V. 2. – №. 5701. – P. 108.
137. Singman, E.L. Comparing visual acuity measured by Lea Symbols and Patti Pics / E.L. 116. Singman, N.S. Matta, J. Tian, D.I. Silbert // American Orthoptic Journal. – 2015. – V. 65. – № 1. – P. 94-98.
138. Sloan, L.L. New test charts for the measurement of visual acuity at far and near distances / L.L. Sloan // American journal of ophthalmology. – 1959. – V. 48. – № 6. – P. 807-813.
139. Smith, G. Ocular defocus, spurious resolution and contrast reversal // Ophthalmic and Physiological Optics. – 1982. – V. 2. – №. 1. – P. 5-23.
140. Snellen, H. Probebuchstaben zur bestimmung der sehschärfe: Test letters for determining visual acuity / H. Snellen, C.H. Graham // Utrecht. – 1862. – P.19
141. Strasburger, H. Blur unblurred—a mini tutorial / H. Strasburger, M. Bach, S.P. Heinrich // I-perception. – 2018. – V. 9. – № 2. – P. 1–15.
142. Teller, D. Do preferential looking techniques underestimate infant visual acuity? / D. Teller, D.L. Mayer, W.L. Makous, J.L. Allen. // Vision research. – 1982. – V. 22. – № 8. – P. 1017-1024.
143. Thomson, D. Va testing in optometric practice part 1: the Snellen chart / D. Thomson // Optometry Today. – 2005. – V. 45. – №. 7.
144. Thomson, D. VA testing in optometric practice. Part 2: Newer chart designs / D. Thomson // Optometry Today. – 2005. – V. 45. – P. 22-24.

145. Thorn, F. Effects of dioptric blur on Snellen and grating acuity / F. Thorn, F. Schwartz // *Optometry and vision science: official publication of the American Academy of Optometry*. – 1990. – T. 67. – № 1. – C. 3-7.
146. Tsou, B.C. Visual acuity reporting in clinical research publications / B.S. Tsou, N.M. Bressler // *JAMA ophthalmology*. – 2017. – V. 135. – № 6. – P. 651-653.
147. Vision in Preschoolers Study Group. Preschool visual acuity screening with HOTV and Lea symbols: testability and between-test agreement / Vision in Preschoolers Study Group // *Optometry and Vision Science*. – 2004. – V. 81. – № 9. – P. 678-683.
148. Vision in Preschoolers (VIP) Study Group. Visual acuity results in school-aged children and adults: Lea Symbols chart versus Bailey-Lovie chart / Vision in Preschoolers (VIP) Study Group // *Optometry and Vision Science*. – 2003. – V. 80. – № 9. – P. 650-654.
149. Wild, J.M. Some statistical concepts in the analysis of vision and visual acuity / J.M. Wild, M.K. Hussey // *Ophthalmic and Physiological Optics*. – 1985. – V. 5. – № 1. – P. 63-71.
150. Woodruff, E.W. Visual acuity and the selection of test letters / E.W. Woodruff // *Some Recent Advances in Ophthalmic Optics*. London: Hatton Press. – 1947. – P. 59-70.

Приложение





УТВЕРЖДАЮ
Начальник филиала № 1
ФГБУ «ГВКГ им. Н.Н.Бурденко»
полковник медицинской службы

В.Лим

« » февраля 2022 г.

А К Т ВНЕДРЕНИЯ
практических результатов диссертационной работы
Казаковой Анны Алексеевны по теме «Разработка новых таблиц для
оценки остроты зрения и сравнительный анализ результатов их
апробации на пациентах с различной офтальмопатологией».

В офтальмологическом отделении филиала № 1 ФГБУ «ГВКГ имени академика Н.Н.Бурденко» апробированы разработанные Казаковой А.А. новые печатные таблицы для оценки остроты зрения у пациентов после имплантации различных моделей мультифокальных интраокулярных линз. Внедрение результатов диссертационного исследования позволило повысить точность и достоверность измерения остроты зрения на различных дистанциях.

Предлагаемые Казаковой А.А. новые таблицы для оценки остроты зрения могут быть рекомендованы для использования в клинической практике в специализированных офтальмологических отделениях, а также для офтальмологического обследования водителей, летчиков, специалистов других профессий, где важна острота зрения.

Начальник офтальмологического отделения
подполковник медицинской службы

Д.Подьянов

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

по результатам внедрения в рабочий процесс таблиц для проверки остроты зрения с модифицированными трехполосными оптотипами

На основании договора о сотрудничестве с ИППИ РАН в научной группе "Физиология и психофизиология зрительной системы" отдела психологии и психофизиологии Государственного научного центра — Института медико-биологических проблем РАН внедрены в использование таблицы для проверки остроты зрения с модифицированными трехполосными оптотипами, разработанные в рамках диссертационного исследования аспиранта РНИМУ им. Н.И. Пирогова Казаковой Анны Алексеевны.

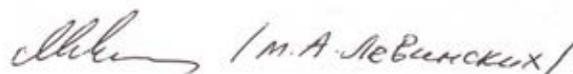
Применение данных таблиц при скрининге остроты зрения космонавтов, операторов и испытуемых способствует получению наиболее точных результатов. Таким образом, используемый метод диагностики обладает высокой эффективностью.

«8» 04 2020 г.

Ответственный за внедрение:
в.н.с., руководитель научной группы
"Физиология и психофизиология
зрительной системы" отдела психологии и
психофизиологии Государственного
научного центра — Института медико-
биологических проблем РАН

Манько О.М.





127051, г. Москва,
Б. Каретный пер., д. 19, стр. 1
ФЕДЕРАЛЬНОЕ ГОСУДАРСТВЕННОЕ
БЮДЖЕТНОЕ УЧРЕЖДЕНИЕ НАУКИ
ИНСТИТУТ ПРОБЛЕМ ПЕРЕДАЧИ ИНФОРМАЦИИ
им. А.А. ХАРКЕВИЧА РОССИЙСКОЙ АКАДЕМИИ НАУК



«УТВЕРЖДАЮ»

Директор ИППИ РАН

Соболевский А.Н.

« » 2021 г.

АКТ ВНЕДРЕНИЯ

практических результатов диссертационной работы Казаковой Анны Алексеевны по теме «Разработка новых таблиц для оценки остроты зрения и сравнительный анализ результатов их апробации на пациентах с различной офтальмопатологией».

В лаборатории №11 «Зрительные системы» ИППИ РАН внедрены разработанные и апробированные в ходе диссертационной работы Казаковой А.А. новые печатные таблицы для оценки остроты зрения. Внедрение результатов диссертационного исследования позволило повысить точность и достоверность измерения остроты зрения на различных дистанциях. Разработанные таблицы для оценки остроты зрения применялись в международном исследовательском проекте SIRIUS, проекте «сухая иммерсия», для фоновых измерений испытуемых в работе по договору ТС20210610005 от 18.06.2021 г. с ООО «Техкомпания Хуавей».

Предлагаемые Казаковой А.А. новые таблицы для оценки остроты зрения могут быть рекомендованы для широкого использования, проведения научных исследований, а также для клинической практики.

Заведующий лабораторией №11
«Зрительные системы»
ИППИ РАН

 Николаев Д.П.