

М.А. Грачева¹, А.А. Казакова^{1, 2*}, Д.Ф. Покровский², И.Б. Медведев²

¹ Институт проблем передачи информации им. А.А. Харкевича РАН, Москва, Российская Федерация

² Российский национальный исследовательский медицинский университет имени Н.И. Пирогова, Москва, Российская Федерация

Таблицы для оценки остроты зрения: аналитический обзор, основные термины

Обзор посвящен таблицам для оценки остроты зрения для дали. В первой части обзора приведены определения основных терминов: оптопты, шаги таблицы, дизайн таблицы; рассмотрены правила завершения процедуры измерения и перечислены наиболее распространенные единицы измерения, используемые для оценки остроты зрения. В следующем разделе дается исторический обзор развития табличного метода измерения остроты зрения, начиная с первых буквенных таблиц начала XIX в. Приводится общее описание самых распространенных российских и зарубежных таблиц — Снеллена, Головина–Сивцева, ETDRS, Lea; отмечены особенности их структуры и использованных оптоптов. При обсуждении достоинств и недостатков разных таблиц обращается внимание на удобство их применения на практике, в том числе возможность их использования для детей младшего возраста. Отмечается соответствие таблиц требованиям и рекомендациям существующих стандартов в отношении использованных оптоптов и их размещения. Отдельно обсуждаются современные тенденции видоизменения оптоптов в целях достижения большей точности и лучшей повторяемости результатов измерений остроты зрения, в том числе возможности использования «исчезающих» оптоптов.

Ключевые слова: острота зрения, оптопты, таблицы для проверки остроты зрения.

(Для цитирования: Грачёва М.А., Казакова А.А., Покровский Д.Ф., Медведев И.Б. Таблицы для оценки остроты зрения: аналитический обзор, основные термины. *Вестник РАМН.* 2019;74(3):000–000. doi: 10.15690/vramn1142)

176

Введение

Острота зрения — важнейший показатель состояния зрительной системы, и сегодня самым популярным способом ее оценки являются табличные тесты. Существующие таблицы сильно различаются по своим параметрам, хотя работы по стандартизации как таблиц, так и методов измерения этого показателя ведутся довольно давно. В одном из обзоров [1] подробно рассматривались основные требования различных стандартов США и акцентировалось внимание на том, когда можно обойтись без стандартизации таблиц, а в каких клинических процедурах она необходима. Авторы, цитируя один из стандартов [2], отмечают, что стандартизация позволяет: 1) сравнивать результаты текущего обследования с предыдущим; 2) сравнивать между собой результаты, полученные разными исследователями в разных клиниках; 3) единообразно оценивать результаты лечения; 4) оценивать изменение

остроты зрения с течением времени (например, проводить многолетние исследования возрастной динамики показателя).

В существующих стандартах и тематической литературе обсуждаются различные факторы, которые могут влиять на оценку остроты зрения — физические факторы и параметры таблиц (форма и контраст тестовых знаков, межзнаковые расстояния, характер освещения таблицы); особенности процедуры (дистанция наблюдения, монокулярное или бинокулярное рассматривание, степень понимания испытуемым инструкции, знакомство с процедурой, использование или отсутствие указки, правило завершения процедуры); состояние пациента (показатели рефракции, степень прозрачности глазных сред, величина зрачка, уровень утомления) [3–6].

В обзоре рассмотрены табличные тесты и оптопты для оценки остроты зрения для дали. В первой части обзора определены основные термины (оптопты, ди-

М.А. Gracheva¹, А.А. Kazakova^{1, 2}, D.F. Pokrovskiy², I.B. Medvedev²

¹ Institute for Information Transmission Problems (Kharkevich Institute) Russian Academy of Sciences, Moscow, Russian Federation

² Pirogov Russian National Research Medical University, Moscow, Russian Federation

Visual Acuity Charts: Analytical Review, Basic Terms

The review is dedicated to the visual acuity charts for assessment vision at far. The first part of the review provides definitions of basic terms: optotypes, step of the chart (change in the sign size from line to line), chart design; also, termination rules for measurement procedure and the main measuring units (logMAR, decimal units) are discussed. The second part of the paper provides historical review of charts development, starting from the beginning of the XIX century. The most wide spread visual acuity charts are described: Snellen chart, Sivtsev-Golovin chart, ETDRS chart, Lea chart, etc. The features of their structure and the optotypes used are discussed, taking into account their usefulness, practicality and feasibility in children vision assessment. Charts compliance with the standard in view of recommendations about optotypes properties and optotypes distribution on the chart field are reviewed. A special attention is drawn to the modern tendencies in optotypes development in order to obtain better repeatability of visual acuity assessment

Keywords: visual acuity, optotypes, visual acuity charts.

(For citation: Gracheva MA, Kazakova AA, Pokrovskiy DF, Medvedev IB. Visual acuity charts: analytical review, basic terms. *Annals of the Russian Academy of Medical Sciences.* 2019;74(3):000–000. doi: 10.15690/vramn1142)

зайн и шаги таблицы), рассмотрены правила завершения процедуры измерения остроты зрения. Вторая часть знакомит с историей появления и совершенствования пространственных таблиц, предлагая их описание.

Основные понятия

Таблицы для оценки остроты зрения различаются по общей структуре и виду тестовых знаков. *Оптотипами* называются используемые для измерения тестовые изображения — буквы, картинки, кольца Ландольта и др. В разных статьях для оптотипов используют термины «знаки», «символы», «стимулы», «паттерны». *Дизайн* таблицы объединяет в себе распределение знаков по таблице, количество знаков в строке, расстояние между знаками и строками, шаги изменения размера знаков от строки к строке.

Различные виды таблиц и оптотипов расположены в хронологическом порядке на **рис. 1**.

На сегодняшний день разработано довольно много различных видов оптотипов и, несмотря на это, продолжается разработка новых [7, 8]. Все оптотипы условно можно подразделить на буквы, цифры, картинки и специальные символы (кольца Ландольта, трехполосные стимулы, «кувыркающиеся» E — tumbling-E и др.).

В качестве важного критерия при разработке оптотипов часто упоминают необходимость обеспечить сходство их размытых фигур: когда оптотипы видны нечетко, все символы одного размера должны иметь одинаковую форму размытого пятна [2, 8–11]. В некоторых исследованиях по этому параметру критикуют буквенные оптотипы [7, 12]. Кроме того, в стандарте 1984 года [5] есть такое замечание: из 26 букв английского алфавита только одна имеет форму треугольника с основанием внизу («А»), поэтому для ее опознания достаточно увидеть общий контур

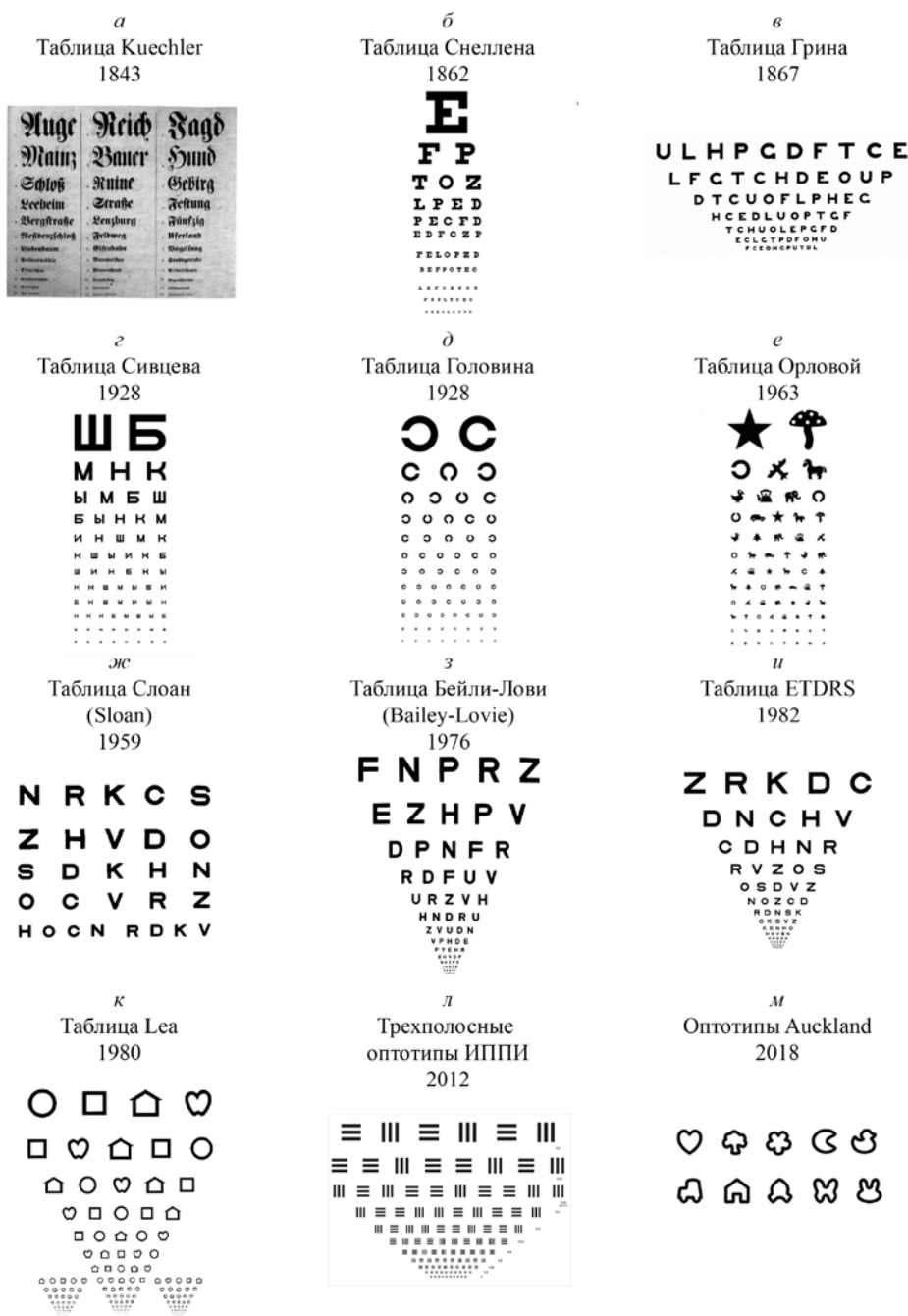


Рис. 1. Виды таблиц и оптотипов с указанием года первой публикации

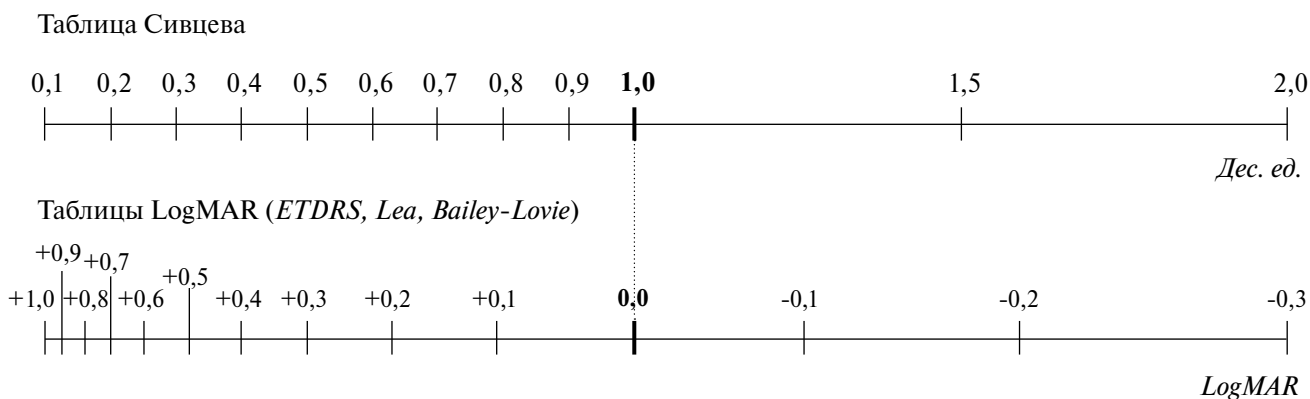


Рис. 2. Шаги изменения значений остроты зрения от строки к строке в таблице Сивцева и в logMAR-таблицах (таких как ETDRS, Lea, Bailey–Lovie)

треугольника, а не тонкую структуру линий, что искажает результаты измерения. В данном обзоре сходство формы при размытии и одинаковую вероятность угадывания опто типов одного размера мы будем называть «одинаковой различимостью на пороге узнавания».

Оценка остроты зрения требует определенного правила окончания процедуры, и в литературе описываются разные алгоритмы поиска порогового значения. Например, в работе [13] в качестве самых часто используемых перечисляются следующие: 1) учитывается последняя строка, которую испытуемый называет без ошибок; 2) учитывается последняя строка, в которой испытуемый может назвать все опто типы, кроме одного; 3) учитывается последняя строка, в которой испытуемый может распознать не менее половины опто типов (50% и более); 4) алгоритм, при котором каждый распознанный стимул вносит вклад в итоговое значение измеряемой остроты зрения (впервые введенный в практику в работе I. Vailey и J. Lovie (Иэн Бейли, Джен Лоуви-Китчин) в 1976 г. [14]. Выбранный алгоритм существенно влияет на получаемые значения, что важно учитывать при анализе и интерпретации данных.

В качестве меры остроты зрения используют различные единицы: десятичные (самые распространенные в России и Европе), 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 [15–17]. По мнению некоторых авторов, logMAR-единицы являются более подходящими для статистической обработки данных [18, 19], однако недавно ведущие офтальмологические журналы начали рекомендовать при публикации результатов в logMAR приводить рядом соответствующее значение в привычных десятичных единицах [20], т.к. большинство специалистов плохо понимают данные, представленные в logMAR. Различные единицы используются не только для выражения полученных результатов, но и для определения шага изменения размера опто типа от строки к строке при создании таблиц [1, 5].

Самые распространенные виды дизайна таблиц — пропорциональный и равномерный. Первые таблицы в основном имели *равномерный дизайн* (wide-spaced design), при котором расстояние между знаками и строками не зависит от размера знака, так что все поле таблицы покрыто знаками равномерно (например, см. рис. 1, б, г–ж). Чуть позже появились работы, свидетельствующие о том, что близкорасположенные знаки могут влиять друг на друга (*краудинг-эффект*, или взаимодействие контуров), и в связи с этим в разных работах обсуждался вопрос о необходимости эквивалентной плотности при всех размерах опто типов. Исходя из

предположения, что зона проявления краудинг-эффекта пропорциональна размеру тестового знака, при *пропорциональном дизайне* (proportional design) расстояние между стимулами и строчками меняется пропорционально размеру стимула (т.е. с уменьшением опто типа расстояние между опто типами и строками тоже уменьшается) (например, см. рис. 1, в, з, и). Считается, что при пропорциональном дизайне краудинг-эффект уравнивается по всей таблице, что может быть преимуществом этого дизайна [5]. Иногда встречается также *линейный дизайн* (linear-spaced design), при котором горизонтальные расстояния между опто типами в строках пропорциональны их размерам, а вертикальные расстояния между строками подбираются под общий размер таблицы (т.е. никакими строгими правилами не регулируются), и создатели размещают в таблице столько строк, сколько считают нужным) [1].

Дизайн таблиц описывает расположение знаков по площади таблицы. Помимо этого, независимо от дизайна в разных таблицах используется разный принцип изменения размера букв от строки к строке — шага (рис. 2). Шаг может соответствовать арифметической или геометрической прогрессии изменения значений остроты зрения (часто используется так называемый *логарифмический шаг*) или может быть подобран без конкретного правила (по усмотрению разработчиков таблицы). При *арифметической прогрессии* размер знаков в следующей строке соответствует изменению остроты зрения на постоянную величину в десятичных единицах, например на 0.1: за строкой 0.7 следуют строки 0.8, 0.9, 1.0 и т.д. При *геометрической прогрессии* размер знаков следующей строки определяется умножением размера знаков предыдущей строки на некоторый коэффициент: например, во многих распространенных таблицах (ETDRS, Lea, Bailey–Lovie) используется коэффициент 1.26, где за строкой, соответствующей остроте зрения 0.5, идут строки 0.63, 0.8, 1.0, 1.26. Коэффициент 1.26 соответствует шагу 0.1 в величинах logMAR, т.е. те же значения при переводе в logMAR будут меняться 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. Проще всего переводить значения из десятичных единиц в logMAR и обратно, опираясь на то, что значение 1.0 в привычных десятичных единицах соответствует значению 0 logMAR.

Важно понимать, что логарифмический шаг — изменение размера букв — не обязательно означает таблицу с logMAR-дизайном (logMAR chart), т.к. LogMAR-дизайн включает и шаг, и распределение опто типов по таблице (принцип LogMAR-таблиц будет описан ниже).

Исторический обзор создания таблиц, краткое описание достоинств и недостатков

До середины XIX в. состояние зрения у пациентов в историях болезней описывали только в общем виде: нормальное зрение, зрение испортилось, зрение улучшилось, зрение ослабло [21]. Период от середины XIX в. Колленбрандер (A. Colenbrander) [22] в своем обзоре назвал «золотым веком» офтальмологии — именно тогда Гельмгольц, Грефе, Боумен и Дондерс активно разрабатывали новые, революционные методы подробной оценки зрительных функций, среди которых можно перечислить и изобретенный Гельмгольцем в 1851 г. офтальмоскоп.

На рис. 3 представлена хронологическая схема появления наиболее известных таблиц для оценки остроты зрения для дали.

Первые известные таблицы для проверки остроты зрения для дали были предложены Кюхлером (Kuechler) в 1843 г. (см. рис. 1, а; [22]), а в 1854 появились первые таблицы для близости — таблицы Джагера, которые во многих странах используются до сих пор.

На протяжении долгого времени в западных странах наиболее распространенной таблицей была таблица, разработанная Германом Снелленом (H. Snellen) в 1862 г. [1, 23, 24], внешний вид которой представлен на рис. 1, б. Дизайн таблицы близок к равномерному, она имеет различное количество букв в каждой строке и непропорциональные расстояния между буквами и строками. Согласно обзору [22], 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 [25], а после создания Снелленом таблиц проводил вместе со своими учениками масштабные исследования возрастной динамики остроты зрения [22, 26].

В России самой распространенной таблицей для проверки остроты зрения является парная таблица Сивцева–Головина, разработанная Д. Сивцевым и С. Головиным в 1928 г. [21]. Данная таблица в одной части содержит буквенные оптоотипы — 7 буквенных оптоотипов с повторами (таблица Сивцева; см. рис. 1, г), в другой — кольца Ландольта (таблица Головина; см. рис. 1, д). Обе части таблицы сделаны 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. Для

детей чаще всего используется похожая по структуре таблица Орловой с картинками (см. рис. 1, е).

Из рис. 1 видно, что по принципу построения таблица Сивцева–Головина похожа на таблицу Снеллена. Вероятно, именно таблица Снеллена была взята за основу при разработке отечественного инструмента. Проверка зрения за рубежом до сих пор иногда проводится по таблице Снеллена, несмотря на то, что ее недостатки обсуждались почти с момента появления, и, согласно опубликованным данным, оценки остроты зрения, полученные с ее помощью, имеют плохую повторяемость: до 13% испытуемых при повторном тестировании показывают различие результатов в две строки или более [27, 28].

В работе A. Bennett [24] проведен обзор развития тестовых таблиц для проверки остроты зрения со времен таблицы Снеллена. Из множества идей и предложенных усовершенствований две рекомендации устойчиво продолжают повторяться в международных стандартах и использоваться при разработке тестовых таблиц.

Во-первых, размер знаков от строки к строке рекомендуется выбирать в соответствии с логарифмическим шагом значений остроты зрения 0.1 log unit. Упрощенно это значит, что острота зрения в десятичных единицах, соответствующая каждой следующей строке, отличается от предыдущей примерно в 1.26 раза [29]. Эта идея впервые была предложена J. Green (см. рис. 1, в; [30]), всего через 5 лет после публикации таблиц Снеллена. Тогда эта идея не была оценена и не получила распространения. Однако в 1953 г. данный принцип был принят Международным советом по офтальмологии (International Council of Ophthalmology Committee on Optotypes) [31], после чего в 1959 г. L. Sloan (Слоан) опубликовала новые варианты таблиц, составленные в соответствии с этим требованием [32], а затем оно стало официальной рекомендацией немецкого стандарта [33]. Затем это требование закрепилось в большинстве международных стандартов по оценке остроты зрения. Некоторые авторы также утверждают, что геометрическая прогрессия изменения оптоотипов от строки к строке облегчает измерение остроты зрения по таблицам с разных расстояний: если дистанции выбраны в отношении, соответствующем шагу в таблице (1.26), то при изменении расстояния в один шаг от рекомендуемого расстояния до таблицы острота зрения засчитывается с изменением на одну строчку (выше либо ниже, в зависимости от того, увеличено или уменьшено расстояние на один шаг) [29]. В России идея геометрической прогрессии размера букв (с коэффициентом 1,1) предлагалась А. Холиной [34], но разработанные ею таблицы не получили

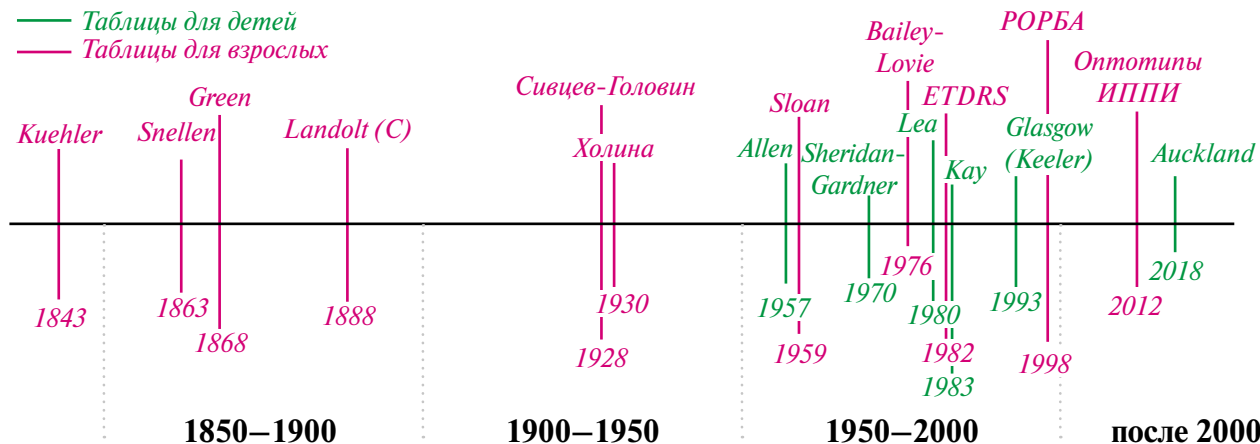


Рис. 3. Хронологическая схема появления различных таблиц для оценки остроты зрения вдаль

широкого распространения, в отличие от таблиц Сивцева и Головина, вероятно, из-за их громоздкости, что отмечается в качестве недостатка и сама автор.

Во-вторых, до сих пор сохраняется правило использовать оптоотипы одинаковой различимости (legibility). Это лучше соблюдается в случае колец Ландольта, «кувыркающихся» Е и похожих оптоотипов; для буквенных оптоотипов это правило соблюсти почти невозможно. Ряд работ был проведен для подбора букв одинаковой различимости в зависимости от используемого шрифта [24, 32, 35, 36].

В работе L. Sloan [32] была сделана попытка учесть обе этих рекомендации: в своих таблицах автор использовала логарифмический шаг размера, а также предложила набор из 10 букв в таком начертании, чтобы они имели пропорции 5×5 и одинаковую, по ее мнению, различимость (см. рис. 1, ж). Однако более поздние работы с оценкой психометрических функций каждой отдельной буквы из этого набора показывают, что различимость букв все же существенно различается [37].

В 1976 г. И. Бейли и Д. Лоуви предложили свои новые таблицы [14], в которых были использованы оптоотипы, рекомендуемые британским стандартом [38], и разработали новый дизайн — строгие критерии расположения оптоотипов на таблице. Таблица Бейли–Лоуви (см. рис. 1, з) построена в пропорциональном дизайне (шаг между буквами равен ширине буквы, а шаг между строками — высоте меньшей строки); изменение размера букв от строки к строке идет в геометрической прогрессии, как в таблицах Слоан; в каждой строке используется одинаковое число букв, при этом подобранные буквы, по мнению авторов, таблицы, одинаковы по различимости [14]. Разработанный дизайн вне зависимости от используемых оптоотипов часто называют «золотым стандартом» [28, 39], 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, т.к. ее разработчиками была группа ученых с одноименным названием из Национального глазного института (National Eye Institute, США). В 1978 г. группа ETDRS планировала масштабное мультицентровое исследование, для чего требовались наиболее точные и стандартизированные таблицы. Взяв за основу таблицы Бейли–Лоуви и адаптировав их согласно рекомендациям NAS-NRC (National Academy of Sciences—National Research Council, Национальная академия наук—Национальный исследовательский совет) [2], ученые опубликовали работы, представлявшие новые таблицы ETDRS [29, 40]. В упомянутом стандарте NAS-NRC рекомендуется использовать кольца Ландольта или буквы Слоан, и F. Ferris с соавт. заменили в таблице Бейли–Лоуви буквы Британского стандарта [38], имеющие пропорции 5×4, на буквы Слоан с пропорциями 5×5. Еще одно отличие таблицы ETDRS от таблицы Бейли–Лоуви — расстояние измерения, т.е. расстояние от пациента до таблицы: таблица Бейли–Лоуви рассчитана для расстояния 6 м, а таблица ETDRS — для 4 м, что также согласуется с рекомендациями NAS-NRC [2]. В остальном дизайн двух таблиц не отличался. Обзор разработки дизайна LogMAR-таблиц и история появления таблиц ETDRS представлены в работе I. Bailey и J. Lovie-Kitchin [39].

Таблицы с оптоотипами-картинками наиболее удобны для диагностики зрения у детей младшего возраста, т.к. многие из них не знают алфавита или называют буквы неуверенно. Специальные символы (кольца Ландольта или буквы Е) не всегда для этого подходят: многие дети довольно долго путаются в определении правого и левого направления, а картинки упрощают процесс тестирования и вызывают у детей большую заинтересованность. Среди самых популярных таблиц для детей можно назвать таблицу Орловой, тест Аллена (Allen figures test), таблица с жемчужинами (Handy eye chart), таблица Кэй (Kay Pictures) и др. Однако все они часто подвергаются критике, т.к. не всегда соответствуют главному принципу, предъявляемому к разработке и отбору оптоотипов: 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 (от имени разработчицы — Леи Хювяринен) (см. рис. 1, к) [9]. Таблица использует четыре оптоотипа-картинки — домик, квадрат, круг и яблочко (сердечко). Сама автор таблиц пишет, что вид картинки при расфокусировке был одним из главных параметров при разработке [41]. В оригинальной работе автор описывает процесс выбора параметров для оптоотипов: референтной таблицей, под значения которой подбирались оптоотипы, была таблица с буквами Е (tumbling-Е). Сегодня таблица с «кувыркающимися» Е реже используется как стандартное средство измерения, и в сравнительных работах часто появляются данные, что таблица Lea несколько превышает получаемые значения остроты зрения [42–45]. Например, в работе V. Dobson и соавт. [43] при сравнении таблиц Lea и ETDRS на одних и тех же испытуемых значения, полученные по Lea, на 0.5 строчки выше, чем по ETDRS. Учитывая структуру таблицы, 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 R. Becker и соавт. [44] при сравнении Lea и колец Ландольта результат по Lea был выше на 1 строку.

Несмотря на большое количество существующих оптоотипов и таблиц, разработка новых методов и тестов продолжается как за рубежом [7, 37, 46, 47], так и в России [10, 11, 48–51].

Одним из перспективных отечественных методов диагностики остроты зрения являются модифицированные трехполосные стимулы, разработанные в ИППИ РАН [10, 11]. Оптоотипы представляют собой решетки из трех полос, расположенных горизонтально или вертикально (см. рис. 1, л). Главным критерием при разработке этих оптоотипов являлась одинаковая форма размытых изображений. Этот критерий эквивалентен отсутствию возможности узнавания оптоотипов на основе низкочастотных составляющих Фурье-спектров. Для определения параметров оптоотипов 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 оптоотипов показало их лучшую повторяемость в сравнении с оптоотипами Е [8, 11] и при предварительном сравнении с таблицами Lea, ETDRS и Сивцева [52]. Оптоотипы могут быть удобны при тестировании детей, т.к. не являются буквами и не имеют горизонтальной асимметрии (т.е. для тестирования не нужно различать правое и левое направления). Из недостатков оптоотипов можно назвать малое количество символов: всего два варианта, вертикальный и горизон-

тальный, и из-за этого вероятность случайного угадывания такого опто типа довольно высока, поэтому для корректного результата требуется предъявление большего числа опто типов (в сравнении с опто типами E — в два раза). Тем не менее на данный момент опто типы успешно применяются при точной оценке остроты зрения, например после хирургии катаракты [53].

Проблема неодинаковой различимости опто типов в разных наборах не перечеркивает удобства использования давно привычных методов, однако приводит к появлению все большего числа работ по модификации и улучшению существующих опто типов. Например, упомянутые трехполосные опто типы ИППИ РАН являются усовершенствованной версией классических трехполосных опто типов; аналогично в Великобритании проводятся работы по усовершенствованию популярных там Kay optotypes [54], а на базе опто типов Lea были разработаны оптометрические таблицы Patti pics (опто типы Патти).

Опто типы в виде картинок, удобные для работы с детьми (такие как Kay и Lea), не теряют популярности при тестированиях. Недавно были разработаны новые опто тип-картинки [7, 55], для создания которых авторы тщательно проанализировали свойства предлагаемых изображений и провели подробную сравнительную работу на молодых взрослых. В своей работе авторы делают акцент, что данная область задач еще не исчерпана, и призывают сообщество разрабатывать новые методы и тесты. В частности, свои опто типы — Auckland optotypes (Окленд опто типы; см. рис. 1, 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 опто типы Sloan (<http://psych.nyu.edu/pelli/software.html>). Хочется надеяться, что и другие исследователи будут поддерживать эту волну открытых разработок.

В упомянутой статье, помимо описания разработки новых опто типов, авторы также подробно рассматривают перспективность использования исчезающих опто типов (vanishing optotypes) [7, 49, 55, 56]. Обычные опто типы выглядят как знаки, начертанные черной линией на белом фоне; исчезающие опто типы выглядят как изображения, выполненные двойными или тройными линиями из черных и белых полос на сером фоне (рис. 4).

При расфокусировке такого изображения, когда полосы, формирующие фигуру опто типа, перестают различаться, опто тип сливается с фоном, и благодаря этому различимость формы опто типа оказывает меньшее влияние на измерение. В отдельных работах [7, 57] было показано, что исчезающая модификация дает лучшую повторяемость в сравнении с обычными опто типами. К тому же такие опто типы при соответствующем дизайне можно использовать для тестирования пациентов с ограниченными когнитивными возможностями и детей, которые не умеют говорить (по методике предпочтительного взглядывания — preferential looking). Самыми известными исчезающими опто типами являются Cardiff optotypes (Кардифф опто типы) [58, 59]. Исчезающие опто типы также имеют большие перспективы при проведении врачебной экспертизы, т.к. не дают возможности симулянтам и диссимулянтам показывать значения остроты зрения, не соответствующие истинным (например, умышленно занижать показатели при желании избежать исполнения служебных обязанностей, или завышать их для успешного прохождения медосмотров) [49]. Однако опто типы в исчезающей модификации имеют некоторые недостатки:

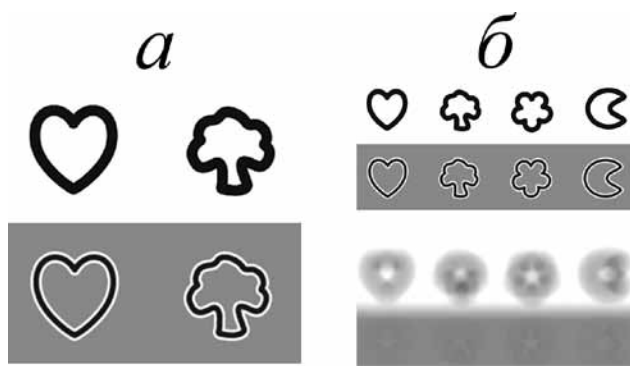


Рис. 4. Иллюстрация принципа создания исчезающей модификации опто типов на примере опто типов Auckland

Примечание. а — привычный вид двух опто типов (сверху, на белом фоне) и исчезающая модификация (снизу, на сером фоне); б — Применение обработки, имитирующей размытие изображений путем добавления линзы, к обычным и исчезающим опто типам. Как видно, исчезающая модификация почти полностью сливается с фоном.

их труднее реализовать при печати на бумаге (требуется тщательно подбирать уровни серого; аккуратно подбирать профиль яркости контура изображения), и при правильной реализации они занимают больше места, чем обычные опто типы.

Несмотря на тенденции к компьютеризации измерений зрительных функций, таблицы для оценки остроты зрения не теряют своей популярности в силу компактности, дешевизны и простоты их использования. Основное, для чего используются таблицы в клинической практике, — это подбор оптической коррекции и выделение групп пациентов с явными нарушениями. С обеими этими задачами удовлетворительно справляются все применяемые таблицы, в том числе и широко используемая в России таблица Сивцева–Головина. Однако для проведения научных исследований, для точной оценки улучшения зрения после проведенного лечения, мониторинга зрительных функций и наблюдения возрастной динамики, а также для проведения точной медико-социальной экспертизы требуются более надежные и точные методы. Поиск опто типов, протоколов и методов, позволяющих проводить такие измерения, все еще является открытой областью исследований.

Дополнительная информация

Источник финансирования. Работа частично выполнена в рамках государственного задания ИППИ РАН (тема №0061-2019-0004).

Конфликт интересов. Авторы данной статьи подтвердили отсутствие конфликта интересов, о котором необходимо сообщить.

Выражение признательности. Авторы выражают огромную благодарность Рожковой Галине Ивановне за содержательные замечания, консультации и конструктивную критику рукописи.

Участие авторов: все авторы в равной степени внесли вклад в проведение поисково-аналитической работы и подготовку статьи, прочли и одобрили финальную версию до публикации.

ЛИТЕРАТУРА

1. Chaplin PK, Bradford GE A historical review of distance vision screening eye charts: what to toss, what to keep, and what to replace. *NASN School Nurse*. 2011;26(4):221–228. doi: 10.1177/1942602X11411094.
2. 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;41:103–148.
3. Hazel CA, Elliott DB. The dependency of LogMAR visual acuity measurements on chart design and scoring rule. *Optom Vis Sci*. 2002;79(12):788–792. doi: 10.1097/00006324-200212000-00011.
4. Рожкова Г.И., Матвеев С.Г. *Зрение детей: проблемы оценки и функциональной коррекции*. — М.: Наука, 2007. — 314 с. [Rozhkova GI, Matveev SG. *Zrenie detei: problemy otsenki i funktsional'noi korrektsii*. Moscow: Nauka; 2007. 314 p. (In Russ).]
5. 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>.
6. Riggs LA. *Visual acuity*. In: Vision and visual perception; Graham CH. (ed). New York: Wiley; 1965. pp. 321–349.
7. Hamm LM, Yeoman JP, Anstice NS, Dakin SC. The Auckland optotypes : an open-access pictogram set for measuring recognition acuity. *J Vis*. 2018;18(3):13. doi: 10.1167/18.3.13.
8. Rozhkova G, Lebedev D, Gracheva M, Rychkova S. Optimal optotype structure for monitoring visual acuity. *J Latv Acad Sci*. 2017;71(5):327–338. doi: 10.1515/prolas-2017-0057.
9. Hyvärinen L, Näsänen R, Laurinen P. New visual Acuity test for pre-school children. *Acta Ophthalmol*. 1980;58(4):507–511. doi: 10.1111/j.1755-3768.1980.tb08291.x.
10. Рожкова Г.И., Белозеров А.Е., Лебедев Д.С. Измерение остроты зрения: неоднозначность влияния низкочастотных составляющих спектра Фурье оптоотипов // *Сенсорные системы*. — 2012. — Т.26. — №2. — С. 160–171. [Rozhkova GI, Belozеров AE, Lebedev DS. Visual acuity measurement: uncertain effect of the low-frequency components of the optotype fourier spectra. *Sensornye Sistemy*. 2012;26(2):160–171. (In Russ).]
11. Рожкова Г.И., Грачева М.А., Лебедев Д.С. *Оптимизация тестовых знаков и таблиц для измерения остроты зрения*. / Материалы научной конференции офтальмологов «Невские горизонты-2014». — СПб., 2014. — С. 563–567. [Rozhkova GI, Gracheva MA, Lebedev DS. *Optimizatsiya testovykh znakov i tablits dlya izmereniya ostrotы zreniya*. Materialy nauchnoi konferentsii oftal'mologov «Nevskie gorizontы-2014». St. Petersburg; 2014. Pp. 563–567. (In Russ).]
12. Candy TR, Mishoulam SR, Nosofsky RM, Dobson V. Adult discrimination performance for pediatric acuity test optotypes. *Invest Ophthalmol Vis Sci*. 2011;52(7):4307–4313. doi: 10.1167/iovs.10-6391.
13. Shamir RR, Friedman YG, Joskowicz L, et al. The influence of varying the number of characters per row on the accuracy and reproducibility of the ETDRS visual acuity chart. *Graefes Arch Clin Exp Ophthalmol*. 2016;254(5):971–976. doi: 10.1007/s00417-015-3252-3.
14. Bailey IL, Lovie JE. New design principles for visual acuity letter charts. *Am J Optom Physiol Opt*. 1976;53(11):740–745. doi: 10.1097/00006324-197611000-00006.
15. Рожкова Г.И. LogMAR для остроты зрения хуже, чем лошадиная сила для мощности электрической лампочки // *Сенсорные системы*. — 2017. — Т.31. — №1. — С. 31–43. [Rozhkova GI. LogMAR for visual acuity is worse than horsepower for electric lamp. *Sensornye Sistemy*. 2017;31(1):31–43. (In Russ).]
16. Рожкова Г.И. Есть ли реальные основания считать таблицы ETDRS «золотым стандартом» для измерений остроты зрения? // *Известия Российской Военно-медицинской академии*. — 2018. — Т.37. — №2. — С. 120–123. [Rozhkova GI. Are there true reasons to consider etdrs charts as a “golden standard” for measuring visual acuity? *Izvestiya Rossiiskoi Voенno-meditsinskoi akademii*. 2018;37(2):120–123. (In Russ).]
17. Holladay JT. Proper method for calculating average visual acuity. *J Refract Surg*. 1997;13(4):388–391. doi: 10.3928/1081-597X-19970701-16.
18. Elliott DB. The good (logMAR), the bad (Snellen) and the ugly (BCVA, number of letters read) of visual acuity measurement. *Ophthalmic Physiol Opt*. 2016;36(4):355–358. doi: 10.1111/opo.12310.
19. Wild JM, Hussey MK. Some statistical concepts in the analysis of vision and visual acuity. *Ophthalmic Physiol Opt*. 1985;5(1):63–71. doi: 10.1111/j.1475-1313.1985.tb00637.x.
20. Tsou BC, Bressler NM. Visual acuity reporting in clinical research publications. *JAMA Ophthalmol*. 2017;135(6):651–653. doi: 10.1001/jamaophthalmol.2017.0932.
21. Головин С.С., Сивцев Д.А. *Шрифты для измерения зрения на близком расстоянии*. — М., 1928. [Golovin SS, Sivtsev DA. *Shriftы dlya izmereniya zreniya na blizkom rasstoyanii*. Moscow; 1928. (In Russ).]
22. Colenbrander A. The historical evolution of visual acuity measurement. *Vis Impair Res*. 2008;10(2–3):57–66. doi: 10.1080/13882350802632401.
23. Snellen H, Graham CH. *Probuchstaben zur bestimmung der sehschärfe*: Test letters for determining visual acuity. Utrecht; 1862. 19 p.
24. Bennett AG. Ophthalmic test types. A review of previous work and discussions on some controversial questions. *Br J Physiol Opt*. 1965;22(4):238–271.
25. Linksz A. The development of visual standards: Snellen, Jaeger, and Giraud-Teulon. *Bull N Y Acad Med*. 1975;51(2):277–285.
26. de Haan V. *Onderzoekingen naar de invloed van de leeftijd op de gezichtsscherpte* Research on the influence of age on visual acuity [Doctoral Dissertation]. Utrecht; 1862.
27. Gibson SA, Sanderson HF. Observer variation in ophthalmology. *British J Ophthalmol*. 1980;64(6):457–460. doi: 10.1136/bjo.64.6.457.
28. McGraw P, Winn B, Whitaker D. Reliability of the Snellen chart. *BMJ*. 1995;310(6993):1481–1482. doi: 10.1136/bmj.310.6993.1481.
29. Ferris FL 3rd, Kassoff A, Bresnick GH, Bailey I. New visual acuity charts for clinical research. *Am J Ophthalmol*. 1982;94(1):91–96. doi: 10.1016/0002-9394(82)90197-0.
30. Green J. On a newseries ofttest-letters fordetermining the acuteness of vision. *Trans Am Ophthalmol Soc*. 1868;1(4–5):68–71.
31. Ogle KN. On the problem of an international nomenclature for designating visual acuity. *Am J Ophthalmol*. 1953;36(7):909–921. doi: 10.1016/0002-9394(53)92172-2.
32. Sloan LL. New test charts for the measurement of visual acuity at far and near distances. *Am J Ophthalmol*. 1959;48:807–813. doi: 10.1016/0002-9394(59)90626-9.
33. Sehscharfenbestimmung. Prüfung für Gutachten (DIN58220). DIN Deutsches Institut für Normung e.V. (Ed.). DIN Taschenbuch 177, Berlin, Beuth-Verlag, 1991.
34. Холина А. Новая таблица для исследования остроты зрения // *Русский офтальмологический журнал*. — 1930. — Т.11. — №1. — С. 42–47. [Kholina A. Novaya tablitsa dlya issledovaniya ostrotы zreniya. *Russkii oftal'mologicheskii zhurnal*. 1930;11(1):42–47. (In Russ).]
35. Coates WR. *Visual acuity and test letters, transactions of the Institute of ophthalmic opticians*, III, 1935. In: Bennett AG. Ophthalmic test types. *British J Physiolog Optics*. 1965;22:238.
36. Woodruff EW. *Visual acuity and the selection of test letters*. In: Some Recent Advances in Ophthalmic Optics. London: Hatton Press; 1947. pp. 59–70.

37. Plainis S, Tzatzala P, Orphanos Y, Tsilimbaris MK. A modified ETDRS visual acuity chart for European-wide use. *Optom Vis Sci.* 2007;84(7):647–653. doi: 10.1097/OPX.0b013e3180dc9a60.
38. *Test charts for determining distance visual acuity: BS 4274-1968.* British Standards Institute, London; 1968.
39. Bailey IL, Lovie-Kitchin JE. Visual acuity testing. From the laboratory to the clinic. *Vision Res.* 2013;90:2–9. doi: 10.1016/j.visres.2013.05.004.
40. Kassoff A; Diabetic Retinopathy Study Research Group. Design of a new visual acuity chart (modified Bailey–Lovie). *Investigative Ophthalmology and Visual Science.* 1979;18:S219.
41. Хювяринен Л. *Зрение у детей: нормальное и с нарушениями.* / Пер. с англ. Е.В. Бобровой, С.В. Куликовой. — СПб.: Петербург — XXI век, 1996. — 71 с. [Khyuvyarinen L. *Zrenie u detei: normal'noe i s narusheniyami.* Transl. from English EV Bobrova, SV Kulikova. St. Petersburg: Peterburg — XXI vek; 1996. 71 p. (In Russ).]
42. Mercer ME, Drover JR, Penney KJ, et al. Comparison of Patti Pics and Lea Symbols. *Optom Vis Sci.* 2013;90(3):236–241. doi: 10.1097/OPX.0b013e3182825eb7.
43. Dobson V, Clifford-Donaldson CE, Miller JM, et al. A comparison of Lea Symbol vs ETDRS letter distance visual acuity in a population of young children with a high prevalence of astigmatism. *J AAPOS.* 2009;13(3):253–257. doi: 10.1016/j.jaapos.2009.01.007.
44. Becker R, Hübsch S, Gräf MH, Kaufmann H. Examination of young children with Lea symbols. *Br J Ophthalmol.* 2002;86(5):513–516. doi: 10.1136/bjo.86.5.513.
45. Singman EL, Matta NS, Tian J, Silbert DI. Comparing visual acuity measured by Lea Symbols and Patti Pics. *Am Orthopt J.* 2015;65(1):94–98. doi: 10.3368/aoj.65.1.94.
46. Sailoganathan A, Siderov J, Osuobeni E. A new Gujarati language logMAR visual acuity chart: development and validation. *Indian J Ophthalmol.* 2013;61(10):557–561. doi: 10.4103/0301-4738.121069.
47. Negiloni K, Mazumdar D, Neog A, et al. Construction and validation of logMAR visual acuity charts in seven Indian languages. *Indian J Ophthalmol.* 2018;66(5):641–646. doi: 10.4103/ijo.IJO_1165_17.
48. Патент РФ на изобретение RU № 2447826. Лебедев Д.С., Белозеров А.Е., Рожкова Г.И. *Оптитипы для точной оценки остроты зрения.* [Patent RUS № 2447826. Lebedev DS, Belozеров AE, Rozhkova GI. *Optotipy dlya tochnoi otsenki ostrotы zreniya.* (In Russ).] Доступно по: <https://patentinform.ru/inventions/reg-2447826.html>. Ссылка активна на 13.02.2019.
49. Коскин СА. *Система определения остроты зрения в целях врачебной экспертизы:* Дис. ... докт. мед. наук. — Санкт-Петербург, 2009. — 178 с. [Koskin SA. *Sistema opredeleniya ostrotы zreniya v tselyakh vrachebnoy ekspertizы.* [dissertation] St. Petersburg; 2009. 178 p. (In Russ).] Доступно по: <https://search.rsl.ru/ru/record/01004294992>. Ссылка активна на 26.01.2019.
50. Росляков В.А. Новые таблицы для измерения остроты зрения: Комментарий к Первому международному стандарту и его реализации // *Рус. офтальмол. журн.* — 2001. — Т.2. — №1. — С. 36–38. [Roslyakov VA. *Novye tablitsy dlya izmereniya ostrotы zreniya: Kommentarii k Pervomu mezhdunarodnomu standartu i ego realizatsii.* *Rus Oftal'mol Z.* 2001;2(1):36–38. (In Russ).]
51. Розенблюм Ю.З., Проскурина О.В. *Острота зрения, рефракция и аккомодация у детей. Зрительные функции и их коррекция у детей: руководство для врачей.* / Под ред. С.Э. Аветисова, Т.П. Кашенко, А.М. Шамшиновой. — М.: Издательство «Медицина», 2005. — 872 с. [Rozenblyum YuZ., Proskurina OV. *Ostrota zreniya, refraktsiya i akkomodatsiya u detei. Zritel'nye funktsii i ikh korrektsiya u detei: rukovodstvo dlya vrachei.* Ed by SE Avetisov, TP Kashchenko, AM Shamshinova. — Moscow: Izdatel'stvo «Meditsina»; 2005. 872 p. (In Russ).]
52. Kazakova A, Gracheva M. *Comparison of four charts for visual acuity in view of repeatability.* Proc. of 10th Conference Of The Lithuanian Neuroscience Association. LNA and 2nd International Symposium On Visual Physiology, Environment and Perception. Vispep; 2018. p. 48.
53. Мalyugin Б.Э., Соболев Н.П., Фомина О.В. Анализ функциональных результатов имплантации новой модели трифокальной интраокулярной линзы // *Офтальмохирургия.* — 2017. — №4. — С. 6–14. [Malyugin BE, Sobolev NP, Fomina OV. *Visual assessment performance after implantation of a new trifocal intraocular lens.* *Oftal'mokhirurgiya.* 2017;(4):6–14. (In Russ).] doi: 10.25276/0235-4160-2017-4-6-14.
54. Milling A, Newsham D, Tidbury LP, et al. The redevelopment of the Kay picture test of visual acuity. *Br Ir Orthopt J.* 2016;13(6):14–21.
55. Hamm LM, Anstice NS, Black JM, Dakin SC. Recognition acuity in children measured using the Auckland optotypes. *Ophthalmic Physiol Opt.* 2018;38(6):596–608. doi: 10.1111/opo.12590.
56. Frisén L. Vanishing optotypes. New type of acuity test letters. *Arch Ophthalmol.* 1986;104(8):1194–1198. doi: 10.1001/archophth.1986.01050200100060.
57. Shah N, Dakin SC, Dobinson S, et al. Visual acuity loss in patients with age-related macular degeneration measured using a novel high-pass letter chart. *Br J Ophthalmol.* 2016;100(10):1346–1352. doi:10.1136/bjophthalmol-2015-307375.
58. Anstice NS, Thompson B. The measurement of visual acuity in children: an evidence-based update. *Clin Exp Optometry.* 2014;97(1):3–11. doi: 10.1111/cxo.12086.
59. Adoh TO, Woodhouse JM. The Cardiff acuity test used for measuring visual acuity development in toddlers. *Vision Res.* 2003;34(4):555–560. doi: 10.1016/0042-6989(94)90168-6.

КОНТАКТНАЯ ИНФОРМАЦИЯ

***Казаква Анна Алексеевна**, аспирант [**Anna A. Kazakova**, MD]; Адрес: 127051, Москва, Большой Каретный пер., д. 19, стр. 1 [address: 19 bld 1, Bolshoy Karetniy pereulok, 127051 Moscow, Russia], тел.: +7 (495) 536-92-92, e-mail: AnneKazakova@mail.ru, SPIN-код: 2648-5849, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5184-5316>

Грачева Мария Александровна, к.б.н. [**Maria A. Gracheva**, PhD]; e-mail: mg.iitp@gmail.com, SPIN-код: 1164-7489, ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-0196-148X>

Покровский Дмитрий Фёдорович, к.м.н., доцент [**Dimitry F. Pokrovsky**, MD, PhD, assistant professor]; e-mail: dfpokrovskiy@gmail.com, SPIN-код: 6487-5793, ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5475-0398>

Медведев Игорь Борисович, д.м.н., профессор [**Igor B. Medvedev**, MD, PhD, Professor]; e-mail: glazmed@list.ru, SPIN-код: 5779-2406, ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9155-8736>