Оптический журнал

Нейроиконика

DOI: 10.17586/1023-5086-2022-89-08-86-96

УДК 004.93.1; 004.932.75; 612.84

Синтез изображений изогностических текстов для оценки зрительной работоспособности

Иван Русланович Степанец[1]✉, Алексей Николаевич Куликов[2], Сергей Алексеевич Коскин[3], Дмитрий Иванович Жильчук[4], Сергей Вадимович Пронин[5]

[1]*Клиника «Зрение», Санкт-Петербург, Россия*
[2, 3, 4]*Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, Санкт-Петербург, Россия*
[5]*Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, Санкт-Петербург, Россия*

[1]*stepanetsspbgmu@gmail.com* *https://orcid.org/0000-0003-1885-6483*
[2]*alexey.kulikov@mail.ru* *https://orcid.org/0000-0002-5274-6993*
[3]*eyemillenium@mail.ru* *https://orcid.org/0000-0003-3994-9232*
[4]*dzilcuk@gmail.com* *https://orcid.org/0000-0002-1887-9100*
[5]*pronins@sbor.net* *https://orcid.org/0000-0003-3890-4198*

Аннотация

Предмет исследования. Предметом исследования являются принципы и технологии синтеза тестовых буквенных таблиц и стандартизация измерений параметров чтения для оценки зрительной работоспособности в процессе чтения как важнейшего вида зрительной деятельности человека. **Целью работы** является разработка алгоритма синтеза текстовых изогностических изображений для количественной оценки параметров чтения как показателей состояния зрительной работоспособности, обеспечивающих взаимосвязь между оптическими и семантическими характеристиками на основе оптических и оптометрических стандартов. **Методы проведения работы.** Цифровыми методами синтеза изображений создан набор тестовых изображений — текстов. С помощью оптометрических методов изображения текстов стандартизированы для измерения параметров чтения. **Основные результаты.** Синтезирован и стандартизирован набор текстов с учётом сложности и количества символов в словах, частоты встречаемости русских букв, а также их средней ширины, длины предложений, угловых размеров знаков и контраста. Стандартизация текста проведена в соответствии с угловыми величинами остроты зрения и с общепринятым оптометрическим стандартом ISO 8596 (2009). Синтезированные тестовые изображения состоят из набора фрагментов текста одинаковой длины в символах, но различного углового размера. Размеры символов в соответствии с оптометрическими стандартами соотнесены с пороговыми угловыми величинами, характеризующими остроту зрения. Для оценки воспроизводимости результатов, получаемых с помощью данных тестовых изображений, были проведены измерения максимальной скорости чтения, порога чтения и остроты зрения при чтении у 29 здоровых взрослых испытуемых. Для каждого из испытуемых измерения были проведены дважды с использованием двух различных таблиц, синтезированных с использованием разработанной технологии. Статистически значимой разницы в результатах измерений не обнаружено, что свидетельствует о хорошей воспроизводимости результатов, получаемых с помощью данного теста. **Практическая значимость.** Предложенный алгоритм создания стандартизированных текстов для оценки параметров чтения представляет основной и наиболее простой метод для массового применения при решении повседневных задач оценки эффективности терапии патологии макулярной области и подбора очков для работы на близком расстоянии.

Ключевые слова: синтез изображений, шрифты и текст, оптические характеристики, острота зрения, скорость чтения, зрительная работоспособность, MNREAD тест

Ссылка для цитирования: Степанец И.Р., Куликов А.Н., Коскин С.А., Жильчук Д.И., Пронин В.С. Синтез изображений изогностических текстов для оценки зрительной работоспособности // Оптический журнал. 2022. Т. 89. № 8. С. 86–96. DOI: 10.17586/1023-5086-2022-89-08-86-96

Коды OCIS: 330.7325, 330.4460, 330.5000, 330.1070, 330.5370, 170.0170, 330.4300.

ВВЕДЕНИЕ

Для оценки зрительных функций при работе на близком расстоянии проверка остроты зрения до сих пор является одним из важнейших методов. Чаще всего для этого используется предъявление статичных оптотипов различных угловых размеров с определением минимального размера, при котором оптотип всё ещё распознаётся без ошибок. Однако результаты определения остроты зрения как одной из зрительных функций по одиночным оптотипам не всегда и не полностью позволяют оценить зрительный процесс в реальных условиях наблюдения и работы [1, 2]. Это связано с тем, что при проверке остроты зрения происходит оценка возможностей только фовеолярного зрения, а в реальных условиях видения, что наглядно проявляется при чтении, восприятие определяется взаимодействием фовеолярного и парафовеолярного зрения [3, 4]. Для разработки методов оценки зрительной работоспособности в клинической работе офтальмологов требуется создать соответствующую среду, а именно всем понятные изображения. Такими изображениями традиционно являются тексты, которые обязательно должны иметь вполне определённые оптические и семантические характеристики. Данная статья посвящена разработке изображения испытательного теста с русским текстом.

Сложность изображения текста намного превышает сложность изображения оптотипа и даже целиком таблицы с оптотипами. Возможность беглого чтения подразумевает способность комплексного восприятия слов и словосочетаний, а не только распознавания единичного буквенного оптотипа. Традиционные методы измерения остроты зрения не учитывают фактор времени, затрачиваемого на распознавание, а он определяет скорость восприятия текста. Способность быстро читать и понимать текст зависит не столько от остроты зрения, сколько от сохранности и взаимодействия фовеолярного и парафовеолярного поля зрения. При наличии парацентральных скотом пациент может иметь достаточно высокую остроту зрения для близи, но при этом испытывать серьезные затруднения при чтении, так как дефекты поля зрения не позволяют ему видеть все слово целиком. Более 60% всех пациентов со слабовидением в первую очередь заинтересованы в оказании медицинской помощи, направленной на восстановление способности читать [5]. Таким образом, исследование характеристик чтения позволяет правильно оценить динамику зрительной работоспособности и эффективность лечения. На основании традиционных измерений остроты зрения для близи это сделать нельзя. Поэтому для оценки способности чтения для множества языков (кроме русского) в последние десятилетия были синтезированы стандартизированные изображения текстов для применения в качестве тестов в офтальмологии и оптометрии [6, 7]. С помощью данных тестов можно измерить и остроту зрения для близи, и способность чтения, т.е. зрительную работоспособность. Синтезированные изображения стандартизированных текстов предъявляют испытуемым на экране монитора или в виде отпечатанных таблиц на бумаге. Использование компьютерных программ и мониторов предпочтительнее, так как обработка данных и создание банка данных автоматизированы.

Одним из самых распространённых является разработанный в 1993 году в университете Миннесоты (США) печатный стандартизированный тест «Minnesota Low-Vision Reading Test» (MNREAD acuity chart), позволяющий, в отличие от подобных ему, оценивать сразу четыре параметра: скорость чтения, порог чтения, остроту зрения при чтении, а также индекс доступности чтения [8–10]. Данный тест переведён на несколько языков и является единственным, для которого определены возрастные нормы для английского языка по всем перечисленным параметрам [11–18]. Создание подобных тестов на русском языке требует решить все задачи, которые уже были отра-

ботаны для других языков. Стандартизация изображений испытательных текстов касается оптических и оптометрических характеристик используемых шрифтов, шкал измерения угловых величин, лингвистических смысловых особенностей языка и требует подбора слов, длины и сложности предложений. Таким образом, актуальной является проблема синтеза стандартизированных в соответствии с оптическими и оптометрическими стандартами изображений текстовых фрагментов для оценки параметров чтения на русском языке.

Цель нашего исследования заключалась в разработке алгоритма синтеза текстовых изогностических изображений для количественной оценки параметров чтения как показателей состояния зрительной работоспособности, обеспечивающих на основе оптических и оптометрических стандартов взаимосвязь между оптическими и семантическими характеристиками.

ОСНОВНОЙ ТЕКСТ

Для тестов, оценивающих параметры чтения, требуется использование шрифтов, конфигурация букв в которых не соответствует стандартным изогностичным оптотипам, так как по ширине и высоте они имеют разные угловые размеры. Для проверки различных параметров чтения необходимо синтезировать текстовые блоки — предложения, которые должны быть сопоставимы между собой при оценке как остроты зрения для близи, так и показателей скорости чтения, то есть определённым образом стандартизированы. Таким образом, в данном случае оптотипом является не отдельный знак, а предложение целиком.

Для синтеза изображений стандартизированных предложений требуется использование алгоритма, учитывающего не только ширину прописных, строчных букв и пробела, но и частоту их встречаемости для определения средней ширины усреднённой буквы. Следует особо обратить внимание, что речь идёт не о средней ширине букв какого-либо шрифта в алфавите, а о величине средней ширины некой усреднённой прописной или строчной буквы в любых текстах, где каждая из букв имеет свою определённую ширину, но при этом частота встречаемости отдельных букв разная и, соответственно, разным будет вклад каждой из этих букв в ширину усреднённой буквы. Как правило, размер шрифта измеряют в пиках или поинтах, а ширину шрифта, пробела и предложений измеряют в em («круглая шпация»). В пропорциональном шрифте 1 em равен его высоте и ширине, таким образом, например, при шрифте 10 поинтов они будут равны 10 поинтам. При использовании непропорциональных шрифтов, в которых высота каждой буквы отличается от её ширины, для подсчёта используют юниты (units per em, UPM). Times New Roman является одним из самых распространённых непропорциональных шрифтов и, как правило, для определения точного размера ширины каждой его буквы 1 em делят на 2048 юнитов.

Ширину строчных и прописных букв для шрифта Times New Roman в UPM определяли с помощью программного обеспечения FontForge. Так, например, в шрифте Times New Roman ширина прописной буквы «Б» составляет 1323 UPM, строчной буквы «б» — 1131 UPM, ширина пробела — 512 UPM. Зная величину ширины каждой буквы в отдельности, для подсчёта усреднённой ширины буквы в тексте недостаточно разделить сумму показателей на количество букв в алфавите, а необходимо знать вклад каждой буквы в эту среднюю величину, который зависит от частоты встречаемости отдельно взятых прописных и строчных букв, а также пробела. Для этой цели нами была разработана программа CountWord, позволяющая при загрузке текста в неё, определять частоту строчных и прописных букв по отдельности, исключая при этом знаки препинания и символы, иностранные слова, цифры. Для анализа частоты встречаемости строчных и прописных букв был выбран роман Л.Н. Толстого «Война и мир». Проводили частотный анализ только русскоязычной части текста без учёта знаков препинания, пробел учитывали вместе со строчными буквами, а частоту прописных букв считали отдельно, при этом не учитывали прописные буквы «Ё», «Ъ», «Ы», «Ь» в связи с тем, что их частота встречаемости была равна нулю. Полученные величины ширины и частоты прописных букв, а также строчных букв и пробела приведены на рис. 1 и 2.

Величину средней ширины для строчной и прописной буквы русского текста рассчитыва-

ли по формуле $Z = \Sigma\,(TR/100)$, где Z — средняя ширина всех букв (прописных (Za) или строчных (Zb)), T — ширина каждой буквы (UPM), R — частота каждой буквы или пробела (%). Таким образом, за счёт использования частоты встречаемости учитывался вклад ширины каждой из букв в среднюю величину ширины усреднённой буквы текста. Например, для строчной буквы «а» её ширину, равную 1024, умножали на частоту её встречаемости 0,068041. Для строчной буквы «б» её ширину 1131 умножали на частоту 0,013805. Просуммировав все результаты, получили среднюю величину ширины усреднённой строчной буквы в тексте, затем такой же расчёт провели для определения усреднённой ширины прописных букв.

Для стандартизации изображений предложения должны иметь одинаковый показатель ширины в UPM. Ширину тестового предложения, составленного из 60 знаков, определяли по формуле $E = \mathrm{Za} + 59\mathrm{Zb}$, где E — ширина предложения (UPM), Za — средняя ширина прописной буквы (UPM), Zb — средняя ширина

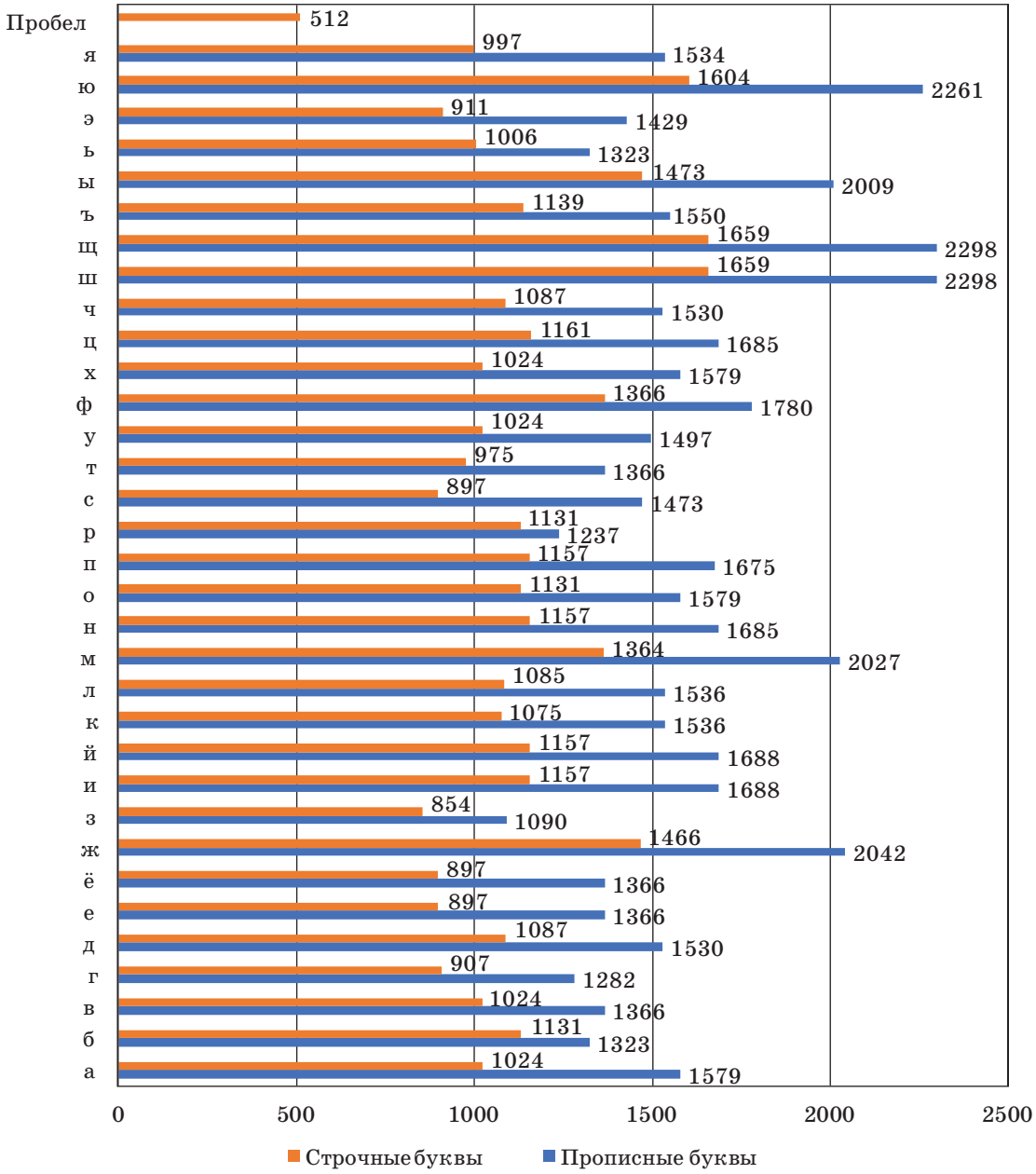

Рис. 1. Ширина прописных, строчных букв и пробела (UPM)

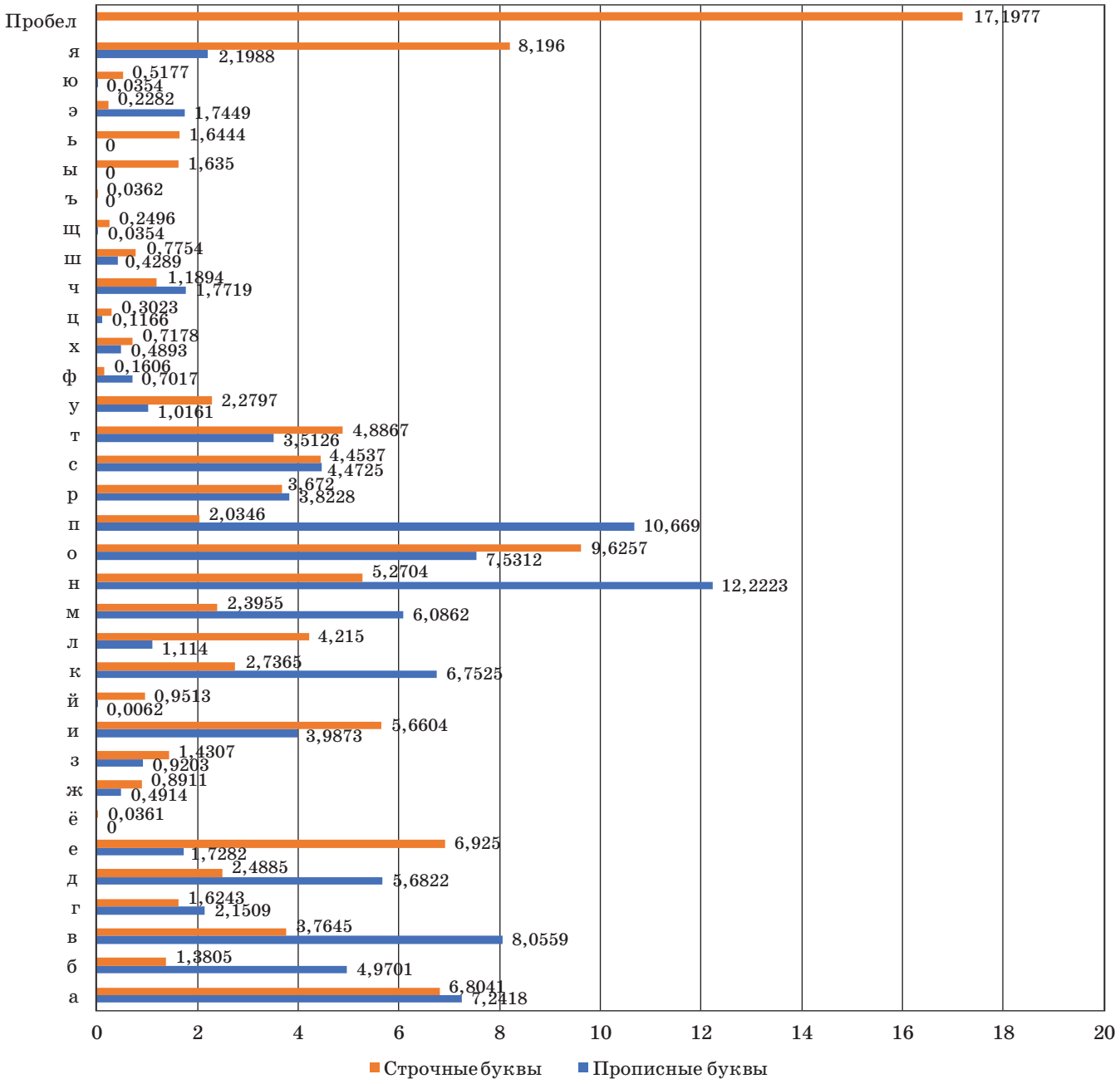

Рис. 2. Частота прописных, строчных букв и пробела (%)

строчной буквы (UPM). Ширину предложения регулировали за счёт изменения ширины пробелов.

С целью стандартизации семантических характеристик каждое тестовое предложение нами разделено на 3 строки, составленные из 19–21 знаков, включая пробел после последнего слова в строке. Для расчёта ширины строки полученную величину ширины предложения необходимо разделить на 3. При выравнивании по правому и левому краю трёх строк, составляющих каждое тестовое предложение, из ширины строки вычитали стандартную ширину пробела в конце строки, равную 512 UPM. Ширина строки, рассчитанная по приведённой выше формуле Миннесотского университета, составляет 18881 UPM. Размер строки регулируется за счёт изменения ширины пробела, а диапазон пробела может варьировать в пределах 80–125% от изначального размера, то есть от 410 до 640 UPM [19]. Для построчного создания предложений была раз-

работана программа, позволяющая задавать необходимую ширину пробелов.

При подсчёте ширины строки в UPM использовали формулу, в которой помимо ширины строчных и прописных букв учитывали частоту этих букв и пробела. Было опробовано несколько вариантов:

1) частоту пробела учитывали, при этом среднюю частоту строчных и прописных букв считали раздельно;

2) частоту пробела учитывали, при этом среднюю частоту строчных и прописных букв считали вместе;

3) частоту пробела не учитывали, при этом среднюю частоту строчных и прописных букв считали раздельно;

4) частоту пробела не учитывали, при этом среднюю частоту строчных и прописных букв считали вместе.

При третьем варианте удалось составить предложения, сопоставимые с международными аналогами. При итоговом расчёте ширины каждой строки разработанного теста были учтены средние значения ширины строчных и прописных букв русского алфавита без учёта ширины пробела, а также их частота раздельно без учёта частоты пробела.

Расчёт линейной ширины каждого предложения тестовой таблицы зависит от размера шрифта, который состоит из величины высоты строчной буквы, а также размеров верхнего и нижнего выносного элементов (хвостиков).

Высота строчной буквы для Times New Roman составляет около 45% от размера шрифта, измеряется, как правило, в сантиметрах и может быть использована для ориентировочного расчёта угла и остроты зрения [20, 21]. Вычисление угла зрения в минутах выполняется по формуле $687{,}5x/d$, где d — расстояние в сантиметрах до испытуемого, x — высота строчной буквы. Величина угла зрения для каждого размера шрифта и высоты строчных букв указана в табл. 1.

Таблица 1. Соотношение размера шрифта, высоты строчной буквы, угла зрения для дистанции 40 см (в угловых минутах) и остроты зрения в единицах LogMAR и в десятичной системе измерения

Размер шрифта		Высота строчной буквы		Острота зрения	
Линейный размер, см	Угол, мин	Линейный размер, см	Угол, мин	LogMAR	Десятичная система
2,580	221,8	1,161	99,8	1,3	0,05
2,048	176,0	0,922	79,3	1,2	0,06
1,626	139,7	0,732	62,9	1,1	0,08
1,293	111,1	0,582	50,0	1,0	0,1
1,026	88,2	0,462	39,7	0,9	0,125
0,815	70,0	0,367	31,6	0,8	0,16
0,648	55,7	0,292	25,1	0,7	0,2
0,515	44,3	0,232	19,9	0,6	0,25
0,408	35,0	0,184	15,8	0,5	0,32
0,324	27,8	0,146	12,5	0,4	0,4
0,257	22,1	0,116	10,0	0,3	0,5
0,204	17,5	0,092	7,9	0,2	0,63
0,162	13,9	0,073	6,3	0,1	0,8
0,128	11,0	0,058	5,0	0,0	1,0
0,102	8,8	0,046	4,0	–0,1	1,26
0,082	7,0	0,037	3,2	–0,2	1,6
0,064	5,5	0,029	2,5	–0,3	2,0
0,051	4,4	0,023	2,0	–0,4	2,5
0,040	3,4	0,018	1,6	–0,5	3,2

На заключительном этапе была разработана компьютерная программа, позволяющая соотнести величины остроты зрения, представляемые в десятичной системе исчисления, LogMAR, M-unit и с помощью дроби Снеллена, с размерами используемого шрифта для дистанции 40 см.

Нами разработана печатная версия теста для оценки параметров чтения на русском языке (рис. 3). Полиграфический вариант текста таблицы напечатан чёрным шрифтом Times New Roman на белом фоне на картоне А3 толщиной 2 мм, с одной стороны, с разрешением 3600 dpi. Контраст печатного изображения должен составлять не менее 85%. Разработаны две тестовые карты, каждая из которых состоит из 19 предложений, напечатанных разными размерами шрифта от 0,4 до 25,8 мм с шагом 0,1 LogMAR (от 1,3 до –0,5 LogMAR). Предложения составлены из 60 знаков, начинаются с прописной буквы, в них отсутствуют названия, цифры и знаки препинания. Каждое из них разделено на 3 равные по ширине строки, а каждая строка заканчивается пробелом. Для составления предложения большинство слов брали из нового частотного словаря русской лексики [22] и школьной программы 1–4 класса. По краям тестовой карты указаны обозначения остроты зрения, рассчитанные для расстояния 40 см не только в единицах LogMAR, M-unit и дробях Снеллена, но и в традиционной для России десятичной системе исчисления.

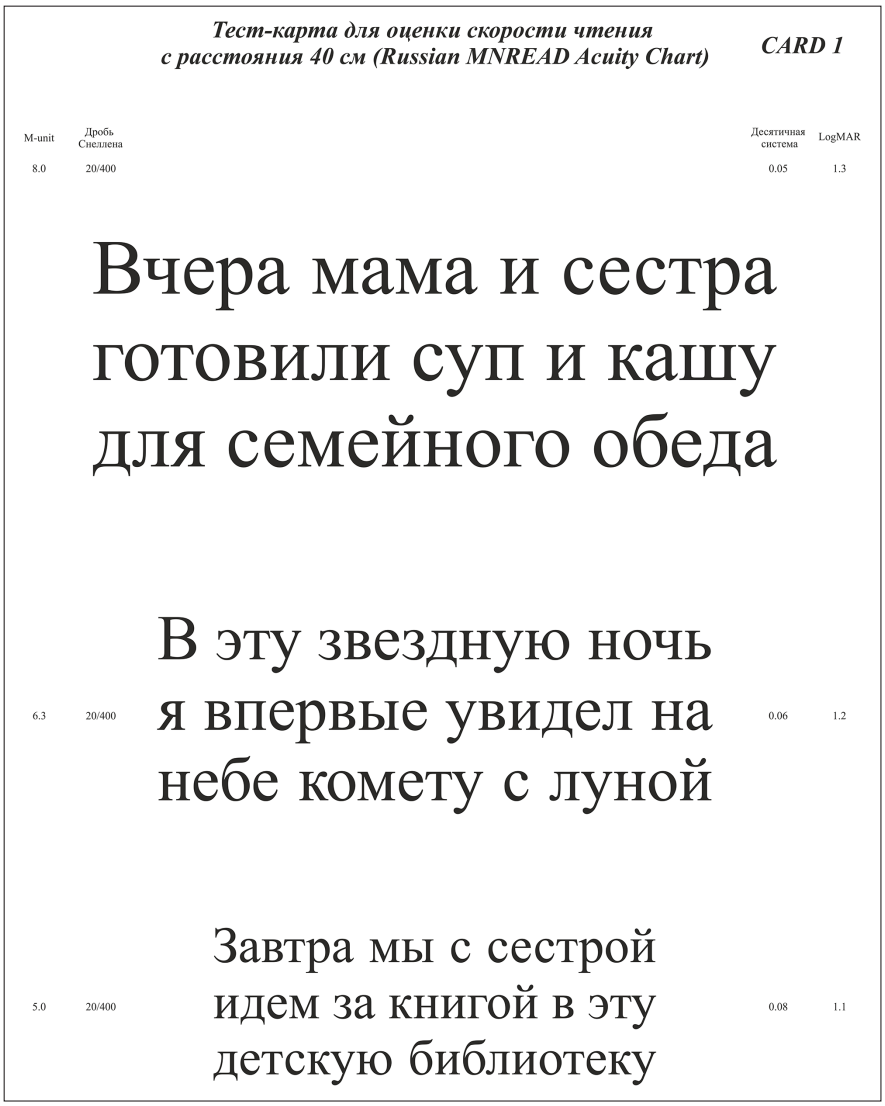

Рис. 3. Внешний вид одной из сторон тестовой карты № 1

МЕТОДИКА ЭКСПЕРИМЕНТА

В исследовании приняло участие 29 человек (58 глаз) в возрасте от 18 до 22 лет, из них 24 мужчины и 5 женщин, имевших бинокулярно остроту зрения для близи по стандартным таблицам от 0,7 до 1,0.

При исследовании параметров чтения с помощью разработанного теста испытуемый располагался в кресле в удобном положении с оптимальной очковой коррекцией для близи, удерживая таблицу на расстоянии 40 см. Перед началом тестирования врач инструктировал испытуемого: «После команды «старт» Вы начинаете читать предложение громко с максимально возможной скоростью, при которой не будете допускать ошибок. Если допущены ошибки, и Вы их заметили, читаете предложение до конца, а потом возвращаетесь и исправляете ошибки». Исследование проводили бинокулярно, начиная с самого крупного шрифта и постепенно переходя к более мелкому, соответствующему более высокой остроте зрения. Время чтения каждого предложения засекали с помощью секундомера от слова «старт» до последнего произнесённого испытуемым слова. Если испытуемый вернулся, чтобы исправить ошибку, то секундомер останавливали после исправления ошибки. Заканчивали тестирование, когда испытуемый не мог прочитать предложение с наиболее мелким для него шрифтом.

Для исключения процесса запоминания оценку параметров чтения проводили с использованием двух вариантов тестовых таблиц с разным текстом предложений (тестовая карта № 1 и № 2), которые меняли в процессе измерений с интервалом 10 мин. Исследование проводили при одинаковой освещённости помещения в одно и то же время суток с одинаковым временны́м интервалом между чтением таблиц.

РЕЗУЛЬТАТЫ

Для оценки эффективности использования разработанного теста использовали следующие показатели:

1. Максимальная скорость чтения (МСЧ) — количество слов, прочитанных за одну минуту. С помощью секундомера засекают с точностью до десятых долей секунды время, затрачиваемое на прочтение предложения. Рассчитывается в зависимости от количества допущенных при чтении ошибок по двум формулам. Если допущена одна ошибка или их нет: $Y = 600/P$, где Y — максимальная скорость чтения, P — время (в секундах). Если допущено больше одной ошибки: $Y = 60(10 - S)/P$, где S — количество ошибок.

2. Порог чтения (ПЧ) — наименьший угловой размер текста, при котором сохраняется максимальная скорость, достигнутая при чтении напечатанных более крупным шрифтом предложений.

3. Острота зрения при чтении (ОЗЧ) — способность читать минимальный печатный шрифт с учётом ошибок. Рассчитывается путём добавления 0,01 к величине остроты зрения в LogMAR на каждую ошибку, допущенную при чтении. Является более информативным критерием для оценки чтения, чем острота зрения вблизи, так как включает когнитивные и зрительные факторы — эффект контекста уже прочитанных слов, а также краудинг-эффект соседних букв и слов, который может затруднить задачу чтения. Рассчитывается по формуле $N = M + (0{,}01L)$, где N — острота зрения при чтении, M — острота зрения по размеру минимального шрифта (LogMAR), L — количество ошибок.

При проведении исследования бинокулярно максимальная скорость чтения для тестовой карты 1 составила 198,00 ± 4,51 слов/мин, для тестовой карты 2 — 201,00 ± 4,69 слов/мин. Полученные при исследовании параметров чтения средние значения порога чтения и остроты зрения при чтении, а также соответствующие им размеры шрифта и высоты букв в сантиметрах и угловых минутах приведены в табл. 2 и 3.

Средняя величина остроты зрения при чтении по разработанным таблицам составила для тестовой карты № 1 и № 2 0,006 ± 0,024 и −0,025 ± 0,028, соответственно. Таким образом, в пересчёте на десятичный стандарт для первой и для второй тестовых карт средняя величина остроты зрения при разбросе от 0,63 до 1,6 оказалась выше 1,0 (1,014 и 1,059, соответственно). Стандартные таблицы для близи охватывают диапазон остроты зрения лишь от 0,1 до 1,0, а новые таблицы позволяют проводить измерения остроты зрения в расширенном диапазоне от 0,05 до 3,2. Расширением диапазона измерений можно объяснить то,

Таблица 2. Порог чтения (LogMAR) у испытуемых при исследовании по тестовым картам № 1 и № 2 и его соотношение с линейной и угловой величиной высоты букв и размера шрифта ($X \pm m$)

Номер карты	Порог чтения (LogMAR)	Высота букв		Размер шрифта	
		Линейный размер, см	Угол, мин	Линейный размер, см	Угол, мин
1	0,103 ± 0,023	0,077 ± 0,005	6,618 ± 0,433	0,170 ± 0,011	14,653 ± 0,964
2	0,100 ± 0,030	0,079 ± 0,008	6,829 ± 0,719	0,176 ± 0,019	15,133 ± 1,596

Таблица 3. Показатели остроты зрения при чтении (LogMAR) при исследовании по тестовым картам № 1 и № 2 и их соотношение с линейной и угловой величинами высоты букв и размера шрифта ($X \pm m$)

Номер карты	Острота зрения (LogMAR)	Высота букв		Размер шрифта	
		Линейный размер, см	Угол, мин	Линейный размер, см	Угол, мин
1	–0,006 ± 0,024	0,060 ± 0,005	5,193 ± 0,418	0,134 ±0 ,011	11,491 ± 0,928
2	–0,025 ± 0,028	0,059 ± 0,007	5,101 ± 0,563	0,131 ± 0,015	11,289 ± 1,251

что средние показатели остроты зрения при использовании новых таблиц получились немного выше. Таким образом, использование новых тестовых таблиц позволит получить более точные данные как в диапазоне низкой остроты зрения, так и в диапазоне высоких величин остроты зрения для близи, позволяя получить кривую нормального распределения при статистической обработке.

Приведённые выше показатели трёх оцениваемых величин (максимальной скорости чтения, порога чтения и остроты зрения при чтении) у 29 испытуемых с высокой остротой зрения вблизи при исследовании по тестовым картам № 1 и № 2 были статистически недостоверными ($P > 0{,}05$). Таким образом, при использовании данного алгоритма синтеза изогностических предложений в качестве оптотипа была получена высокая повторяемость результатов измерений, что свидетельствует об удовлетворительном уровне стандартизации использованных фрагментов текста в виде коротких предложений для оценки параметров чтения и взаимозаменяемости тестовых карт для исключения их запоминания.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

Синтез изображений изогностических текстов проведён на основе оптометрических стандартов. Были рассчитаны угловые и линейные величины размеров буквенных шрифтов. Стандартизация сложности текста проведена на основе частотного анализа букв и пробелов в русском языке, а также составления предложений из слов, соответствующих школьной программе начальных классов. Кроме того, для стандартизации параметров теста каждая из трёх строк каждого предложения содержит одинаковое количество букв и пробелов. Для исключения возможности запоминания разработаны 2 тестовые карты, в каждой из которых имеется 19 стандартизированных предложений, напечатанных разными размерами шрифтов и расположенных вдоль шкал, отражающих остроту зрения в разных системах измерения.

На основе синтезированных изображений текстов (тестовых таблиц) предложены методы оценки параметров чтения. Результаты измерения порога чтения и остроты зрения при чтении показали, что при использовании тестовых карт № 1 и № 2 статистически значимой разницы в полученных результатах не обнаружено, что свидетельствует о том, что они представляют одинаковую сложность для чтения и имеют схожие как оптические, так и семантические характеристики. Это обеспечивает хорошую воспроизводимость результатов, получаемых с использованием данного теста. Синтезированные изображения текстов позволяют оценивать основные параметры эффективности чтения на русском языке и сопоставимы с международными тестами,

по аналогии с которыми разработанный тест может быть назван Russian MNREAD Acuity Chart (MNREAD-R).

Разработанные на основе использования алгоритма синтеза изображений изогностических предложений, стандартизированные по оптическим и оптометрическим характеристикам тестовые таблицы позволяют оценивать основные параметры эффективности чтения на русском языке в офтальмологической практике и могут быть рекомендованы к применению как новый тест, позволяющий провести количественную оценку зрительной работоспособности в клинической практике.

СПИСОК ИСТОЧНИКОВ

1. Гассовский Л.Н., Самсонова В.Г. Глаз и пути к повышению эффективности его работы. Л.: Издательство Всесоюзного объединения оптико-механической промышленности, 1934. 480 с.
2. Гассовский Л.Н. Оптика в военном деле. Л.-М.: Гос. техн.-теорет. изд., 1933. 278 с.
3. Shelepin Yu.E., Kharauzov A.K., Zhukova O.V. et al. Masking and detection of hidden signals in dynamic images // Journal of Optical Technology. 2020. V. 87. № 10. P. 624–632. DOI: 10.1364/JOT.87.000624
4. Lamminpiya A.A., Pronin S.V., Shelepin Yu.E. Spatial frequency text filtering for local and global analysis // Journal of Optical Technology. 2018. V. 85. № 8. P. 476–481. DOI: 10.1364/JOT.85.000476
5. Elliott D.B., Trukolo-Ilic M., Strong J.G. et al. Demographic characteristics of the vision-disabled elderly // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 1997. V. 38. Iss. 12. P. 2566–75.
6. Коскин С.А., Степанец И.Р. Стандартизированные офтальмологические тесты для оценки параметров чтения: краткий исторический обзор // Офтальмологические ведомости. 2020. Т. 13. № 4. С. 47–55. DOI: 10.17816/OV50885
7. Trauzettel-Klosinski S., Dietz K. Standardized assessment of reading performance: the new international reading speed texts IReST // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2012. V. 5. Iss. 9. P. 5452–5461. DOI:10.1167/iovs.11-8284
8. Legge G.E., Ross J.A., Luebker A. et al. Psychophysics of reading. VIII. The Minnesota Low-Vision Reading Test // Optom. Vis. Sci. 1989. V. 66. Iss. 12. P. 843–853. DOI: 10.1097/00006324-198912000-00008
9. Ahn S.J., Legge G.E., Luebker A. Printed cards for measuring low-vision reading speed // Vision Res. 1995. V. 35. Iss. 13. P. 1939–1944. DOI: 10.1016/0042-6989(94)00294-v
10. Calabrèse A., Owsley C., McGwin G. et al. Development of a reading accessibility index using the MNREAD acuity chart // JAMA Ophthalmol. 2016. V. 134. Iss. 4. P. 398–405. DOI:10.1001/jamaophthalmol.2015.6097
11. Nakamura H., Oda K., Fujita K. et al. The prescription of reading aids with the MNREAD-J reading acuity chart for low vision patients with AMD // Japanese Orthoptic Journal. 2000. V. 28. P. 253–261. DOI:10.4263/jorthoptic.28.253
12. Tamaki C., Kallie C.S., Legge G.E. et al. Validation of the MNREAD–Portuguese Continuous–Text Reading–Acuity Chart // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2004. V. 45. Iss. 13. P. 43–58.
13. Virgili G., Cordaro C., Bigoni A. et al. Reading acuity in children: evaluation and reliability using MNREAD charts // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2004. V. 45. Iss. 9. P. 3349–3354. DOI: 10.1167/iovs.03-1304
14. İdil A., Çalişkan D., Idil N.B. Development and validation of the Turkish version of the MNREAD visual acuity charts // Turkish Journal of Medical Sciences. 2011. V. 41. Iss. 4. P. 565–570. DOI:10.3906/sag-1008-1
15. Mataftsi A., Bourtoulamaiou A., Haidich A. et al. Development and validation of the Greek version of the MNREAD acuity chart // Clinical and Experimental Optometry. 2013. V. 9. Iss. 1. P. 25–31. DOI: 10.1111/j.1444-0938.2012.00799.x
16. Radner W., Radner S., Diendorfer G. A new principle for the standardization of long paragraphs for reading speed analysis // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 2016. V. 254. Iss. 1. P. 177–184. DOI: 10.1007/s00417-015-3207-8
17. Calabrèse A., Cheong A.M., Cheung S.H. et al. Baseline MNREAD measures for normally sighted subjects from childhood to old age // Invest. Ophthalmol. Vis. Sci. 2016. V. 57. Iss. 8. P. 3836–3843. DOI: 10.1167/iovs.16-19580
18. Егорова Т.С. Таблицы для исследования зрения вблизи при слабовидении // Российский офтальмологический журнал. 2019. Т. 12. № 1. С. 86–91. DOI: 10.21516/2072-0076-2019-12-1-86-91

19. Bringhurst R. The elements of typographic style. Second edition. Vancouver: Hartley & Marks Publishers, 1999. 332 p.
20. Legge G.E., Bigelow C.A. Does print size matter for reading? A review of findings from vision science and typography // J. Vis. 2011. V. 11. Iss. 5:8. P. 1–22. DOI:10.1167/11.5.8
21. Legge G.E. Psychophysics of reading in normal and low vision. Boca Raton (FL): CRC Press, 2007. 248 p.
22. Шаров С.А., Ляшевская О.Н. Новый частотный словарь русской лексики. М.: Азбуковник, 2009. 1112 с.

АВТОРЫ

Иван Русланович Степанец — врач-офтальмолог, клиника «Зрение», 197198, Санкт-Петербург, Россия, http://orcid.org/0000-0003-1885-6483, stepanetsspbgmu@gmail.com

Алексей Николаевич Куликов — доктор мед. наук, профессор, начальник кафедры офтальмологии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, 194044, Санкт-Петербург, Россия, Scopus ID: 57001225300, http://orcid.org/0000-0002-5274-6993, Alexey.kulikov@mail.ru

Сергей Алексеевич Коскин — доктор мед. наук, профессор, доцент кафедры офтальмологии, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, 194044, Санкт-Петербург, Россия, Scopus ID: 14830493600, http://orcid.org/0000-0003-3994-9232, eyemillenium@mail.ru

Дмитрий Иванович Жильчук — курсант, Военно-медицинская академия им. С.М. Кирова, 193315, Санкт-Петербург, Россия, http://orcid.org/0000-0002-1887-9100, dzilcuk@gmail.ru

Сергий Вадимович Пронин — научный сотрудник, Институт физиологии им. И.П. Павлова РАН, 199034, Санкт-Петербург, Россия, Scopus ID: 36965403600, http://orcid.org/0000-0003-3890-4198, pronins@sbor.net

AUTHORS

Ivan R. Stepanets — Ophthalmologist, Clinic Zrenie, 197198, Saint-Petersburg, Russia, http://orcid.org/0000-0003-1885-6483, stepanetsspbgmu@gmail.com

Aleksey N. Kulikov — Dr.Sc. in Medicine, Professor, Head of the Department of Ophthalmology, Military Medical Academy named by S.M. Kirov, 194044, Saint-Petersburg, Russia, Scopus ID: 57001225300, http://orcid.org/0000-0002-5274-6993, Alexey.kulikov@mail.ru

Sergey A. Koskin — Dr.Sc. in Medicine, Professor, Assistant Professor of the Department of Ophthalmology, Military Medical Academy named by S.M. Kirov, 194044, Saint-Petersburg, Russia, Scopus ID: 14830493600, http://orcid.org/0000-0003-3994-9232, eyemillenium@mail.ru

Dmitriy I. Zhilchuk — Cadet, Military Medical Academy named by S.M. Kirov, 193315, Saint-Petersburg, Russia, http://orcid.org/0000-0002-1887-9100, dzilcuk@gmail.ru

Sergey V. Pronin — Research Assistant, Pavlov Institute of Physiology RAS, 199034, Saint-Petersburg, Russia, Scopus ID: 36965403600, http://orcid.org/0000-0003-3890-4198, pronins@sbor.net

Статья поступила в редакцию 04.04.2022, одобрена после рецензирования 28.05.2022, принята к печати 04.07.2022