

## Сравнительный анализ воспроизводимости результатов оценки остроты зрения по таблицам оптоотипов

### Аннотация

Проведено сравнение таблиц для оценки остроты зрения по величине разности результатов, получаемых при повторных измерениях. Сравнивались четыре таблицы: таблица ETDRS, Lea-screener, таблица Сивцева и новая таблица, разработанная в ИППИ РАН, с модифицированными трехполосными оптоотипами. По результатам измерений, проведенных на 33 испытуемых, наилучшую повторяемость показала таблица ИППИ РАН.

### Введение

Острота зрения характеризует способность человека видеть мелкие объекты, различать их детали [1]–[3]. Измерение остроты зрения входит в число обязательных процедур по мониторингу и охране зрения, и этот показатель служит отправным пунктом для оценки патологии.

Острота зрения обычно оценивается при помощи специальных таблиц, содержащих набор знаков – *оптоотипов* – разного размера. В России чаще всего используются таблицы Сивцева-Головина, впервые изданные в 1923 году [4], за рубежом – таблицы Снеллена, ETDRS, Lea и другие, которые различаются по виду оптоотипов и их размещению (дизайну). (Таблица Lea названа по имени ее создательницы – Lea Hyvärinen; таблицы ETDRS получили свое название от сокращенного наименования рабочей группы – Early Treatment Diabetic Retinopathy Study Group; несмотря на такое название, эти таблицы широко распространены и используются для самых разных групп пациентов, а не только для лиц с диабетической ретинопатией.) Оптоотипы условно можно подразделить на буквы, цифры, картинки и специальные символы (кольца Ландольта, трехполосные стимулы, «кувыркающиеся» E – «tumbling-E» – и др.). Основным требованием к оптоотипам является схожесть их размытых фигур на пороге различения [5]–[8], и часто по этому параметру критикуют буквенные оптоотипы [9]. Понятие *дизайн таблицы* объединяет в себе принцип распределения знаков по площади таблицы, количество знаков в строках, расстояние между знаками и строками. В таблицах с равномерным дизайном расстояния между знаками и строками не зависят от размера знака; при пропорциональном дизайне расстояния меняются пропорционально размеру стимула. Помимо этого, в разных таблицах используются разные *шаги* – разности размеров оптоотипов между соседними строками. До сих пор идет разработка и апробация новых таблиц и оптоотипов как за рубежом [10]–[12], так и в России [3], [6], [13].

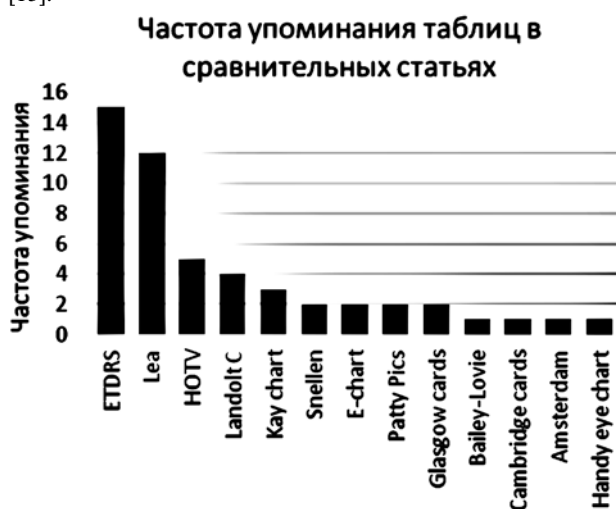


Рис. 1. Частота использования различных таблиц в недавних зарубежных сравнительных исследованиях

Ряд современных статей посвящен сравнению существующих таблиц [14]–[16]. Чаще всего таблицы сравнивают по критерию повторяемости результата (repeatability) [17]–[20]. Для этого 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 таблица. Проанализировав 24 недавние работы, мы составили гистограмму упоминания разных таблиц в публикациях: чаще других в сравнениях участвовали таблица ETDRS (в 15 статьях из 24) и таблица Lea (в 12 статьях) (рис. 1).

Многие авторы считают таблицу Lea [21] наиболее удобной для проверки зрения у детей [16], [22]–[24]. Однако существует мнение, что в сравнении с другими таблицами таблица Lea дает завышенные результаты [15], [16], [22], [25].

Таблицы ETDRS в некоторых источниках называют «золотым стандартом» измерения остроты зрения [20], хотя ряд авторов критикуют как отдельно используемые в них буквенные оптоотипы [26], [27], так и сами таблицы [28], [29]. К тому же буквенные оптоотипы значительно сложнее использовать для тестирования детей младшей возрастной группы [14], [23].

При поиске сравнительных исследований нами не было найдено ни одной работы, содержащей сравнение применяемой много лет отечественной таблицы Сивцева-Головина с другими таблицами. Также нам представлялось целесообразным сравнить распространенные таблицы ETDRS, Lea и Сивцева-Головина с недавно разработанными в ИППИ РАН таблицами на основе новых оптоотипов.

**Целью работы** было сравнить четыре таблицы для оценки остроты зрения (ETDRS, Lea-screener, таблица Сивцева, таблица ИППИ-круговая) с точки зрения воспроизводимости результатов и удобства их использования.

### Материалы и методы

В рассматриваемой работе были использованы следующие 4 таблицы: таблица ETDRS («Good-Lite», США), содержащая 10 буквенных оптоотипов Льюис Слоан (рис. 2а); таблица Lea-screener («Precision Vision», США), содержащая четыре оптоотипа-картинки (рис. 2б); стандартная таблица Сивцева с семью буквенными оптоотипами (рис. 2в); таблица с модифицированными трехполосными оптоотипами, разработанная в ИППИ РАН (Россия) [7], [13] (рис. 2г).

Использованный вариант таблиц ИППИ был задуман разработчиками как дизайн с аккомодационным стимулом: для всех оптоотипов рядом присутствовал стимул для настройки аккомодационной системы – более крупная линия не порогового размера. В тестируемых таблицах это было реализовано в формате круговых полос.

### Испытуемые

Всего обследовали 33 испытуемых 17...33 лет (ср. возраст – 25,4; медиана – 26,0; станд. откл. – 3,9): 15 – с эмметропией; 11 – с миопией слабой степени; 5 – с миопией средней степени; 1 – с миопией высокой степени; 1 – с гиперметропией слабой степени.

## Процедура

Таблицы предъявлялись в случайном порядке с расстояния 4 м. Остроту зрения оценивали по каждой таблице сначала монокулярно для каждого глаза (глаз также выбирался в случайном порядке), затем – бинокулярно. После перерыва (минимум 1 день) проводили повторные измерения по всем таблицам (ретест-обследование). Все измерения проводились одним и тем же экспериментатором. Для обеспечения неизменности расстояния наблюдения использовали фиксацию головы на подбороднике. Яркость таблиц была около 160 кд/м<sup>2</sup>, освещенность в помещении – 250 лк, что соответствует обычным условиям проверки остроты зрения. Оценку рефракции проводили на авторефрактометре «HUVITZ MRK-3100p» («Huvitz Co Ltd», Корея), при необходимости обеспечивали оптическую коррекцию. Строка в таблице засчитывалась, если испытуемый допускал не более двух ошибок в этой строке (согласно правилам измерения, описанным в инструкции к таблице ETDRS). Полный алгоритм предполагает называние испытуемым всех букв подряд, начиная с самых больших знаков. Так как наша выборка состояла из здоровых молодых взрослых без серьезных зрительных нарушений, мы сократили процедуру во избежание излишнего утомления испытуемых: чтение таблиц начинали со строки с размерами знаков, на 3 шага превышающих те, которые испытуемый различал с трудом.

## Результаты

Для оценки повторяемости мы проводили анализ разности показателей теста и ретеста, т. е. оценивали стабильность данных, получаемых при использовании каждой таблицы. Монокулярные и бинокулярные данные анализировались совместно, так что для каждой таблицы обрабатывали по 99 пар показателей (по 3 измерения для 33 испытуемых). Наилучшей повторяемости соответствует разность, равная нулю, или близкая к нулю, т. е. значение при повторном измерении почти полностью повторяет значение при первом измерении. Как видно из представленных данных (табл. 1), самое малое различие было получено для таблиц ИППИ (см. третью колонку данных).

Для оценки повторяемости мы также проводили сравнение распределений данных в тесте и ретесте. По критериям Шапиро-Уилка и Колмогорова-Смирнова было показано, что дан-

ные не подчиняются закону нормального распределения ( $p < 0,05$  по обоим критериям для всех 4 таблиц, отдельно для теста и ретеста), поэтому был использован непараметрический метод сравнения средних. При оценке данных по Т-критерию Уилкоксона данные теста и ретеста оказались статистически неразличимыми ( $p > 0,05$ ) только для таблицы ИППИ, что означает наилучшую повторяемость данных в нашей выборке. Статистический анализ данных проводили с использованием программного продукта «SPSS statistics V. 25» фирмы «IBM», США.

На рис. 3 представлены индивидуальные данные по тесту и ретесту. Каждому номеру по горизонтали (от 1 до 99) 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 и Lea имели место самые большие по амплитуде различия: на графиках видны различия в 0,5 десятичных единиц и более. По таблицам ИППИ были получены самые малые значения различий между тестом и ретестом.

Помимо количественных оценок повторяемости мы также систематизировали субъективные впечатления экспериментатора и испытуемых относительно удобства работы с таблицами. В качестве недостатка таблицы ETDRS можно отметить неравнозначность в узнаваемости знаков, что характерно для буквенных таблиц: на некоторых буквах испытуемые чаще допускают ошибки (О часто принимают за Q, G или C; V путают с Y; S называют В или G). В некоторых строках испытуемые допускали несколько таких ошибок, а следующий ряд (с буквами меньшего размера) называли без ошибок. Аналогичные сведения приводят и другие авторы [26], [27]. При использовании таблицы Сивцева многие испытуемые запоминали последовательность букв, что осложняло повторное тестирование. С таблицей ETDRS эта проблема была менее выраженной (возможно, из-за того, что родной язык всех испытуемых 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: испытуемые уверенно говорили, что уже не узнают знаки следующей строки и все опто-типы видят как «кружочки». Это делает использование таблиц Lea удобным и ускоряет исследование. Однако для данной таблицы были ха-

Таблица 1

Средние значения показателей остроты зрения и разности показателей теста и ретеста (десятичные единицы)

| Таблица         | Средняя острота зрения, тест | Средняя острота зрения, ретест | Средняя разность | Значимость различий |
|-----------------|------------------------------|--------------------------------|------------------|---------------------|
| Таблица Сивцева | 1,12 ± 0,026                 | 1,18 ± 0,026                   | 0,06 ± 0,019     | $p < 0,05$          |
| Таблица Lea     | 1,37 ± 0,032                 | 1,43 ± 0,032                   | 0,06 ± 0,019     | $p < 0,05$          |
| Таблица ETDRS   | 1,27 ± 0,027                 | 1,33 ± 0,027                   | 0,07 ± 0,014     | $p < 0,05$          |
| Таблица ИППИ    | 1,34 ± 0,023                 | 1,37 ± 0,024                   | 0,02 ± 0,013     | $p > 0,05$          |

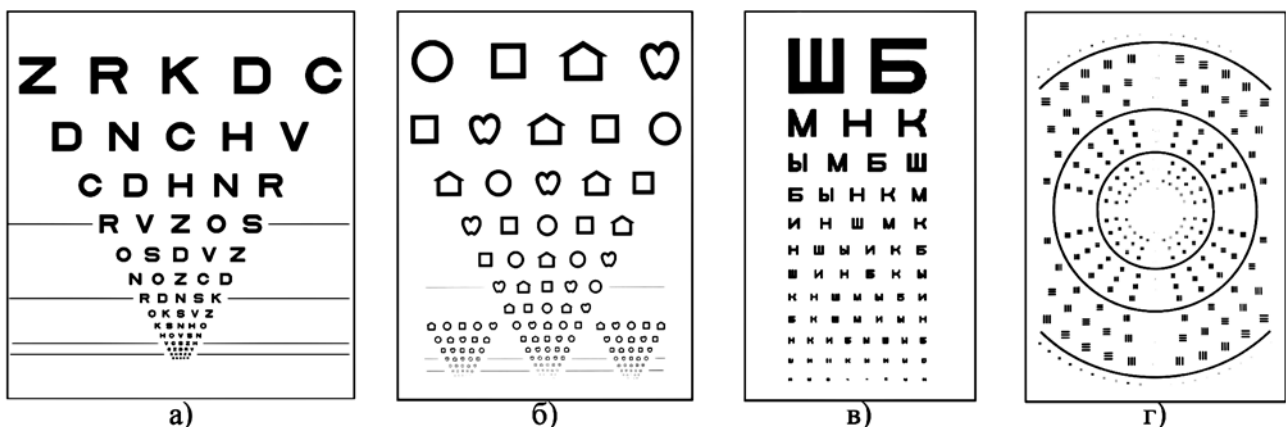


Рис. 2. Вид использованных в работе тестовых таблиц: а) таблица ETDRS; б) таблица Lea; в) таблица Сивцева; г) таблица ИППИ

рактены большие разности индивидуальных показателей теста и ретеста, возможно, обусловленные величиной шага изменения размеров между строками. При исследовании таблиц ИППИ с трехполосными опто типами некоторые испытуемые, наоборот, говорили, что уже не видели различий в знаках, однако могли правильно их угадывать. Мы также связываем это с шагом изменения размеров в таблице, который был меньшим, чем у таблиц Lea и ETDRS.

Круговой дизайн таблиц ИППИ неудобен и, по-видимому, требует доработки: круговое расположение стимулов путало испытуемых и экспериментатора и часто требовало использования указки.

## Заключение

Большое число современных исследований в области опто метрии посвящено оценке и сравнению существующих методов измерения остроты зрения. В рассматриваемой работе была предпринята попытка провести сравнение не только по критерию воспроизводимости результатов при повторных измерениях, но и по критерию оценки удобства их использования для врача и пациента. Впервые оценивалась новая таблица с трехполосными опто типами и комфортным для аккомодационной системы дизайном, а также впервые проводилось подробное сравнение таблицы Сивцева с зарубежными аналогами.

Повторяемость результатов является очень важным критерием при оценке результатов лечения, возрастной динамики зрительных функций, при профосмотрах и др. При сравнительном исследовании таблиц для оценки остроты зрения наилучшая повторяемость результатов была получена для разработанной в ИППИ РАН таблицы с модифицированными трехполосными опто типами. Однако как дизайн, так и шаг таблицы оказались неоптимальны для данного исследования. В дальнейшем представляется перспективным оценить повторяемость таблиц с трехполосными опто типами, но с увеличенным шагом и менее сложным для пациентов расположением знаков.

Как из данных литературы, так и согласно нашим результатам можно сделать вывод, что большинство буквенных опто типов являются непригодными для точных исследований остроты зрения и необходимо разрабатывать таблицы с более

проработанными опто типами, уравненными по схожести общей формы фигур, воспринимаемых размытыми на пороге различения.

Предварительные результаты работы были представлены на конференции International Symposium on Visual Physiology, Environment, and Perception [30].

*Авторы выражают большую благодарность Рожковой Галине Ивановне за предоставление тестовых таблиц и обсуждение работы.*

## Список литературы:

1. Шамшинова А.М., Волков В.В. Функциональные методы исследования в офтальмологии. – М.: Медицина, 1999. 416 с.
2. Коскин С.А., Бойко Э.В., Шелепин Ю.Е. Современные методы измерения разрешающей способности зрительной системы // Оптический журнал. 2008. Т. 75. № 1. С. 22-27.
3. Шелепин Ю.Е., Колесникова Л.Н., Левкович Ю.И. Визоконтрастометрия: измерение пространственных передаточных функций зрительной системы. – Л.: Наука, 1985. 103 с.
4. Головин С.С. Клиническая офтальмология. – М.: Петербург, 1923. 960 с.
5. Рожкова Г.И., Белозеров А.Е., Лебедев Д.С. Измерение остроты зрения: неоднозначность влияния низкочастотных составляющих спектра Фурье опто типов // Сенсорные системы. 2012. Т. 26. № 2. С. 160-171.
6. 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». СПбГПУ. – СПб.: Политехника-сервис, 2014. С. 563.
7. Rozhkova G.I., Lebedev D.S., Gracheva M., Rychkova S. Optimal Optotype Structure for Monitoring Visual Acuity // Proc. Latvian Acad. Sci. Section B. 2017. Vol. 71. № 5. PP. 327-338.
8. 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. Vol. 41. PP. 103-148.

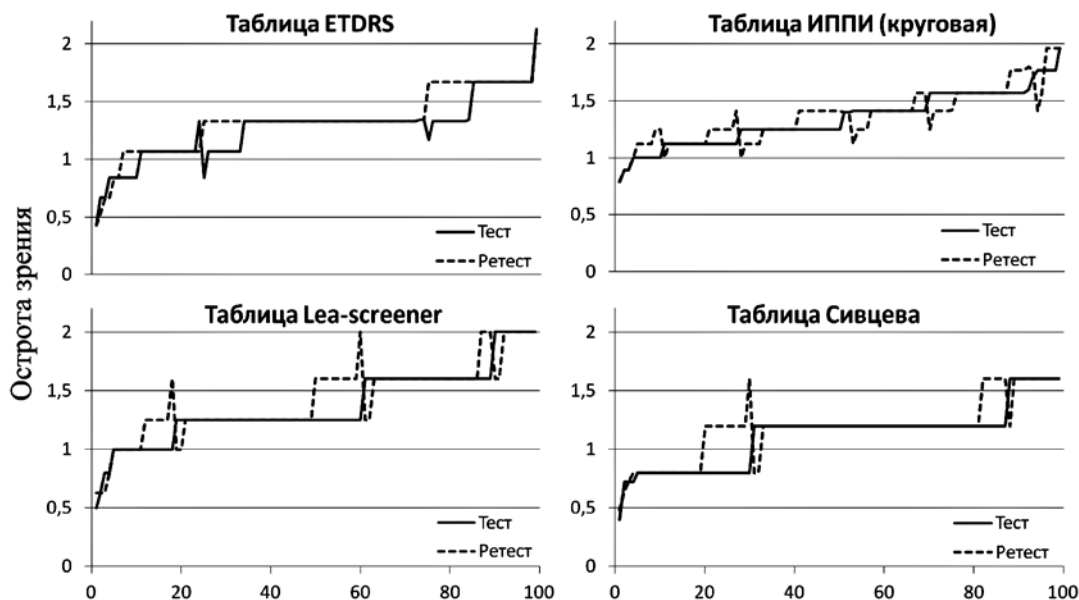


Рис. 3. Индивидуальные данные по тесту (сплошная линия) и ретесту (штриховая линия). На графиках объединены данные по монокулярным и бинокулярным измерениям. Номера индивидуальных измерений указаны на горизонтальной шкале. Для наглядности произведено упорядочение показателей по значениям при первом измерении (по тесту)

9. Candy T.R., Mishoulam S.R., Nosofsky R.M., Dobson V. Adult discrimination performance for pediatric acuity test optotypes // Invest. Ophthalm. Vis. Sci. 2011. Vol. 52. № 7. PP. 4307-4313.
10. Sailoganathan A., Siderov J., Osuobeni E. A new Gujarati language logMAR visual acuity chart: Development and validation // Indian J. Ophthalmol. 2013. Vol. 61. № 10. P. 557.
11. Negilon K., Mazumdar D., Neog A., Das B., Medhi J., Choudhury M., George R.J., Ramani K.K. Construction and validation of logMAR visual acuity charts in seven Indian languages // Indian J. Ophthalmol. 2018. Vol. 66. № 5. P. 641.
12. Plainis S., Tzatzala P., Orphanos Y., Tsilimbaris M.K. A modified ETDRS visual acuity chart for European-wide use // Optometry Vision Sci. 2007. Vol. 84. № 7. PP. 647-653.
13. Лебедев Д.С., Белозеров А.Е., Рожкова Г.И. Оптитипы для точной оценки остроты зрения / Патент на изобретение № 2447826. Зарегистрировано в Государственном реестре изобретений РФ 20.04.2012 г.
14. Anstice N.S., Jacobs R.J., Simkin S.K., Thomson M., Thompson B., Collins A.V. 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 // PloS one. 2017. Vol. 12. № 2. P. e0170839.
15. Mercer M.E., Drover J.R., Penney K.J., Courage M.L., Adams R.J. Comparison of Patti Pics and Lea Symbols optotypes in children and adults // Optometry Vision Sci. 2013. Vol. 90. № 3. PP. 236-241.
16. Dobson V., Clifford-Donaldson C.E., Miller J.M., Garvey K.A., Harvey E. M. 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. Vol. 13. № 3. PP. 253-257.
17. Shamir R.R., Friedman Y.G., Joskowicz L., Mimouni M., Blumenthal E.Z. 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. Vol. 254. № 5. PP. 971-976.
18. Nicolas C., Debellemaniere G., Boissier F., Girard C., Schwartz C., Delbosc B., Saleh M. Reproducibility of visual acuity measurement using the ETDRS chart in daily clinical practice // J. Francais d'ophtalmologie. 2016. Vol. 39. № 8. PP. 700-705.
19. Sabour S., Ghassemi F. Accuracy and reproducibility of the ETDRS visual acuity chart: Methodological issues // Graefes Arch. Clin. Exp. Ophthalmol. 2016. Vol. 254. № 10. P. 2073.
20. McGraw P., Winn B., Whitaker D. Reliability of the Snellen chart: Better charts are now available // Bmj. 1995. Vol. 310. PP. 1481-1482.
21. Hyvärinen L., Näsänen R., Laurinen P. New visual acuity test for pre-school children // Acta Ophthalmol. 1980. Vol. 58. № 4. PP. 507-511.
22. Becker R., Hübsch S., Gräf M.H., Kaufmann H. Examination of young children with Lea symbols // Brit. J. Ophthalmol. 2002. Vol. 86. № 5. PP. 513-516.
23. Vision in Preschoolers Study Group. Preschool visual acuity screening with HOTV and Lea symbols: Testability and between-test agreement // Optometry Vision Sci. 2004. Vol. 81. № 9. PP. 678-683.
24. Vision in Preschoolers (VIP) Study Group. Visual acuity results in school-aged children and adults: Lea Symbols chart versus Bailey-Lovie chart // Optometry Vision Sci. 2003. Vol. 80. № 9. PP. 650-654.
25. Singman E.L., Matta N.S., Tian J., Silbert D.I. Comparing visual acuity measured by lea symbols and patti pics // Am. Orthopt. J. 2015. Vol. 65. № 1. PP. 94-98.
26. Anstice N.S., Thompson B. The measurement of visual acuity in children: An evidence-based update // Clin. Exp. Optom. 2014. Vol. 97. № 1. PP. 3-11.
27. Ferris F.L. 3rd, Freidlin V., Kassoff A., Green S.B., Milton R.C. Relative letter and position difficulty on visual acuity charts from the Early Treatment Diabetic Retinopathy Study // Am. J. Ophthalmol. 1993. Vol. 116. № 6. PP. 735-740.
28. Рожкова Г.И. LogMAR для остроты зрения хуже, чем лошадиная сила для мощности электрической лампочки // Сенсорные системы. 2017. Т. 31. № 1. С. 31-43.
29. 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.
30. Kazakova A., Gracheva M. Comparison of four charts for visual acuity in view of repeatability / Proc. of 2nd International Symposium VisPEP 2018. P. 48.

Игорь Борисович Медведев,  
д-р мед. наук, профессор,  
Российский национальный исследовательский  
медицинский университет им. Н.И. Пирогова  
Минздрава России,  
Мария Александровна Грачева,  
канд. биол. наук, научный сотрудник,  
Институт проблем передачи информации  
им. А.А. Харкевича РАН,  
Дмитрий Федорович Покровский,  
канд. мед. наук, доцент,  
Российский национальный исследовательский  
медицинский университет им. Н.И. Пирогова  
Минздрава России,  
Анна Алексеевна Казакова,  
аспирант,  
Российский национальный исследовательский  
медицинский университет им. Н.И. Пирогова  
Минздрава России,  
Институт проблем передачи информации  
им. А.А. Харкевича РАН,  
г. Москва,  
e-mail: mg.iitp@gmail.com

\* \* \* \* \*