

DOI: <https://doi.org/10.57231/j.ao.2023.3.3.021>

УДК 617.735–002–02:616.379

ИССЛЕДОВАНИЕ ЦВЕТОВОСПРИЯТИЯ И ОСТРОТЫ ЗРЕНИЯ ПОСЛЕ ФРАКТАЛЬНОЙ ФОТОСТИМУЛЯЦИИ

Ковалевская М. А.¹, Антонян В. Б.², Просветов С. Г.³, Дорохов А. Е.⁴, Бахритдинова Ф. А.⁵

¹Доктор медицинских наук, профессор, заведующая кафедрой Офтальмологии, ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н. Н. Бурденко»

²Ассистент кафедры Офтальмологии, ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н. Н. Бурденко».

³Студент ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н. Н. Бурденко».

⁴Студент ФГБОУ ВО «ВГМУ им. Н. Н. Бурденко».

⁵Доктор медицинских наук, профессор кафедры Офтальмологии, Ташкентская медицинская академия, bakhritdinova@mail.ru, +998(93)390–06–96, ORCID <https://orcid.org/0000–0002–3255–9859>.

Аннотация. Актуальность. Миопия — одна из самых распространенных патологий рефракции в мире. По данным ВОЗ от 2019 года порядка 290 млн. человек на Земле имеют данное заболевание. Близорукость является одним из факторов риска развития глаукомы и достаточно сильно сказывается на уровне жизни, потому необходимо основательно подойти к выбору способа терапии. **Цель исследования:** изучить влияния низкоинтенсивной фрактальной фотостимуляции на остроту зрения и цветовосприятие у групп студентов с разной степенью миопии. **Материал и методы.** Методами исследования являлись: таблица Сивцева, которая позволяет определить остроту зрения, Farnsworth-Munsell 100 HUE TEST, который позволяет определить уровень цветовосприятия. Тест Farnsworth Munsell 100 Hue (FM 100) применяется в условиях массового скрининга для определения цветного зрения у пациентов и позволяет выявить пороговые изменения цветовосприятия у лиц с нарушениями функции зрительного нерва и сетчатки глаза. **Результаты и заключение.** В ходе анализа исходного состояния испытуемых полученного с помощью 100-оттеночного теста Farnsworth-Munsell до терапии фрактальной фотостимуляцией было установлено, что количество ошибок (TES) в группе с миопией средней степени (группа 2) выше, чем у студентов с миопией слабой степени (группа 1) (OD на 35,6±7,21 TES, OS на 31,45±2,15 TES).

Ключевые слова: миопия, острота зрения, цветоощущение, Farnsworth-Munsell 100 HUE TEST, предикторы миопии, фрактальная оптическая стимуляция

Для цитирования:

Ковалевская М. А., Антонян В. Б., Просветов С. Г., Дорохов А. Е., Бахритдинова Ф. А. Исследование цветовосприятия и остроты зрения после фрактальной фотостимуляции. Передовая офтальмология. 2023; 3(3):97–102

STUDY OF COLOR PERCEPTION AND VISUAL ACUITY AFTER FRACTAL PHOTOSTIMULATION

Kovalevskaya M. A.¹, Antonyan V. B.², Prosvetov S. G.³, Dorokhov A. E.⁴, Bakhritdinova F. A.⁵

¹DSc, Professor, Head of the Department of Ophthalmology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State Medical University N.N.Burdenko

²Assistant of the Department of Ophthalmology, Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State Medical University N.N.Burdenko

³Student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State Medical University N. N. Burdenko

⁴Student of the Federal State Budgetary Educational Institution of Higher Education Voronezh State Medical University N. N. Burdenko

⁵DSc, Professor of the Department of Ophthalmology, Tashkent Medical Academy, bakhritdinova@mail.ru, +998(93)390–06–96, ORCID <https://orcid.org/0000–0002–3255–9859>.

Annotation. Relevance. Myopia is one of the most common refractive disorders in the world. According to WHO data from 2019, about 290 million. people on Earth have this disease. Myopia is one of the risk factors for the development of glaucoma and has a strong effect on the standard of living, so it is necessary to thoroughly approach the choice of the method of therapy. **The purpose of the study:** to study the effects of low-intensity fractal photostimulation on visual acuity and color perception in groups of students with different degrees of myopia. **Material and methods.** The research methods were: Sivtsev's table, which allows you to determine visual acuity, Farnsworth-Munsell 100 HUE TEST, which allows you to determine the level of color perception. The Farnsworth Munsell 100 Hue (FM 100) test is used in mass screening to determine color vision in patients and allows you to identify threshold changes in color perception in individuals with impaired optic nerve and retinal function. **Results and conclusion.** During the analysis of the initial state of the subjects obtained using the 100-shade Farnsworth-Munsell test before fractal photostimulation therapy, it was found that the number of errors (TES) in the group with moderate myopia (group 2) is higher than in students with mild myopia (group 1) (OD at 35.6±7.21 TES, OS at 31.45±2.15 TES).

Keywords: myopia, visual acuity, color perception, Farnsworth-Munsell 100 HUE TEST, myopia predictors, fractal optical stimulation.

For citation:

Kovalevskaya M. A., Antonyan V. B., Prosvetov S. G., Dorokhov A. E., Bakhritdinova F. A. Study of color perception and visual acuity after fractal photostimulation. Advanced ophthalmology. 2023; 3(3):97–102

Аннотация. Миопия — одна из самых распространенных патологий рефракции в мире. По данным ВОЗ от 2019 года порядка 290млн. человек на Земле имеют данное заболевание. Близорукость является одним из факторов риска развития глаукомы и достаточно сильно сказывается на уровне жизни, потому необходимо основательно подойти к выбору способа терапии. [1]

Образовательный процесс является фактором риска в развитии миопии, в особенности это касается студентов медицинских вузов, из-за большой учебной и внеучебной занятости. [2] Ожидается увеличение количества людей с близорукостью во всем мире к 2050 г. 5 миллиардов человек, и около пятидесяти процентов народонаселения мира станут миопами. 10% из них будут составлять люди с осложненной миопией, и при всем этом возраст пациентов будет уменьшаться. Нарушения цветовоспринимающего аппарата глаза сопутствует любому типу аметропии, т.к. показывают функцию сетчатки и зрительного нерва.

Цель исследования: изучить влияния низкоинтенсивной фрактальной фотостимуляции на остроту зрения и цветовосприятие у групп студентов с разной степенью миопии.

Пациенты и методы: Методами исследования являлись: таблица Сивцева, которая позволяет определить остроту зрения, Farnsworth-Munsell 100 HUE TEST, который позволяет определить уровень цветовосприятия.

Тест Farnsworth Munsell 100 Hue (FM 100) применяется в условиях массового скрининга для определения цветного зрения у пациентов и позволяет выявить пороговые изменения цветовосприятия у лиц с нарушениями функции зрительного нерва и сетчатки глаза. [3,4]

В соответствии с решением комитета по этике от 29 апреля 2022 года и полученным информированным согласием пациентов

применяли программу стимуляции и технологию фрактальной фототерапии (Решения о выдаче патентов на изобретения по заявкам № 2017137147/14(064774) от 05.11.2018 и № 2017137151/14(064780) от 14.11.2018, приоритет 23.10.2017), генерирующий мелькания низкой интенсивности с заданной фрактальной размерностью. В приборе фрактальной фотостимуляции светодиодные лампы и программатор вмонтированы в корпус очков виртуальной реальности. Стимулятор формировал сложные структурированные оптические сигналы (10–12 люкс на роговице) с заданной фрактальной размерностью $D = 1,4$. Режим стимуляции задавался с помощью персонального компьютера. Исследовались показатели остроты зрения и цветовосприятия до и после 10-дневного курса релаксации, состоящего в просмотре 1 раз в день специального тренирующего видеофрагмента. [5]

В исследовании принимало участие 81 человек (162 глаза) — студенты ВГМУ им. Н. Н. Бурденко возрастом от 18 до 23 лет. Отбор испытуемых для исследования проводился среди контингента людей, страдающих от различных форм нарушения остроты зрения и цветовосприятия, а также группа контроля, состоящая из 50 человек без патологии рефракции.

Результаты: В ходе анализа исходного состояния испытуемых полученного с помощью 100-оттеночного теста Farnsworth-Munsell до терапии фрактальной фотостимуляцией было установлено, что количество ошибок (TES) в группе с миопией средней степени (группа 2) выше, чем у студентов с миопией слабой степени (группа 1) (OD на $35,6 \pm 7,21$ TES, OS на $31,45 \pm 2,15$ TES)

При анализе цветовосприятия левого глаза было выявлено, что у студентов 1 и 2 группы имеются различия средних значений ДДВ ($531,12 \pm 28,11$ и $555,5 \pm 38,51$ соответственно), ДЧ

Таблица 1.

Оценка уровня выполнения Farnsworth-Munsell 100 HueTest по количеству ошибок (Total Error Score - TES) у пациентов в клинических группах, $M \pm s$

Клинические группы	Количество ошибок (TES)		Уровень распознавания цветов ЦТ (TES)		Дефицит цветового зрения (TES)	
	OD	OS	OD	OS	OD	OS
Группа 1 (миопия слабой степени) n=16	66,66 $\pm$ 17,49	82,25 $\pm$ 18,12	(средний)*	(средний)*	(легкий)**	(легкий)**
Группа 2 (миопия средней степени) n=14	102,2 $\pm$ 24,7	113,7 $\pm$ 20,27	(низкий)*	(низкий)*	(средний)**	(средний)**
Группа контроля n=49	34,6 $\pm$ 9,34	36,5 $\pm$ 11,64	(высокий)*	(высокий)*	—	—

* - цветовой тест ЦТ (единица измерения: Total Error Score TES): уровень распознавания цветов: высокий не более 15 TES, средний не менее 16 и не более 100 TES, низкий не менее 101

** Дефицит цветового зрения: нет дефицита не более 40 TES, легкий - 41-100 TES, средний - 101-200 TES, тяжелый - 201 и более TES.

Таблица 2.
Показатели проведенного Farnsworth-Munsell 100 Hue Test в исследуемых группах для левого глаза

Признак	Группа 1 (миопия слабой степени) N=16	Группа 2 (миопия средней степени) N=14
ДДВ нм	531,12±28,11	555,5±38,51
ДЧ ТГц	579,6±20,44	528±18,56
ДЭФ эФ	2,31±0,01	2,4±0,04
ПЦ	2,3±0,4	3±0

Таблица 3.
Показатели проведенного Farnsworth-Munsell 100 Hue Test в исследуемых группах для правого глаза

Признак	Группа 1 (миопия слабой степени) N=16	Группа 2 (миопия средней степени) N=14
ДДВ нм	534,63±12,11	553,08±21,92
ДЧ ТГц	559,83±25,18	549,08±24,48
ДЭФ эФ	2,46±0,35	2,25±0,11
ПЦ	2,43±0,4	2,44±0,21

Таблица 4.

Признак	Пациент 1		Пациент 2	
	OD	OS	OD	OD
Данные визометрии	0,1	0,2	0,2	0,2
Количество ошибок (TES)	104	88	64	72
Уровень распознавания цветов ЦТ (TES)	Низкий	Средний	Средний	Средний
Дефицит цветового зрения (TES)	Средний	Легкий	Легкий	Легкий
ТЦД	Красный, оранжевый, желто-зеленый, зеленый	Красный, оранжевый, желто-зеленый, зеленый	Красный, оранжевый, желто-зеленый, зеленый	Красный, оранжевый, желто-зеленый, зеленый
ДДВ нм	600,63	623,33	623,33	623,33
ДЧ ТГц	505,63	485,83	485,83	485,83
ДЭФ эФ	2,09	2,007	2,007	2,007

Таблица 5.
Оценка уровня выполнения Farnsworth-Munsell 100 HueTest по количеству ошибок (Total Error Score - TES) у пациентов в клинических группах, M±s

Клинические группы	Количество ошибок (TES)		Уровень распознавания цветов ЦТ (TES)		Дефицит цветового зрения (TES)	
	OD	OS	OD	OS	OD	OS
Группа 1 (миопия слабой степени) N=18	56,7±23,65	60±29,1	(средний)*	(средний)*	(легкий)**	(легкий)**
Группа 2 (миопия средней степени) N=12	76±34,29	64,83±32,68	(средний)*	(средний)*	(легкий)**	(легкий)**

* - цветовой тест ЦТ (единица измерения: Total Error Score TES): уровень распознавания цветов: высокий не более 15 TES, средний не менее 16 и не более 100 TES, низкий не менее 101

** Дефицит цветового зрения: нет дефицита не более 40 TES, легкий - 41-100 TES, средний - 101-200 TES, тяжелый - 201 и более TES.

(соответственно 579,6±20,44 и 528±18,56), ДЭФ (2,31±0,01 и 2,4±0,04 соответственно) и порядок цвета (2,3±0,4 против 3).

При анализе данных цветовосприятия

правого глаза было выявлено, что у студентов 1 и 2 группы имеются различия средних значений ДДВ (534,63±12,11±28,11 и 553,08±21,92 соответственно), ДЧ (соответственно 559,83±25,18

Таблица 6.

Показатели проведенного Farnsworth-Munsell 100 Hue Test в исследуемых группах после терапии фрактальной фотостимуляцией для левого глаза

Признак	Группа 1 (миопия слабой степени) N=18	Группа 2 (миопия средней степени) N=12
ДДВ нМ	544,87±22	555,69±16,2
ДЧ ТГц	572,38±28,35	558,86±29,44
ДЭФ эФ	2,32±0,1	2,24±0,07
ПЦ	2±0,9	2±1

и 549,08±24,48), ДЭФ (2,31±0,01 и 2,4±0,04 соответственно) и порядок цвета (2,43±0,4 против 2,44±0,21)

В ходе исследования было выявлено 2 клинических случая – пациенты с миопией высокой степени для правого глаза –6,25дптр и –3дптр, и –4дптр и –6,5дптр соответственно для левого.

Результаты тестов после терапии: После проведения терапии в клинической группе 2 (миопия средней степени) было отмечено снижение количества ошибок в среднем на 25%. У миопов слабой степени наблюдается улучшение цветоощущения по тесту Манселла в среднем на 8%. Количество ошибок (TES) в группе с миопией средней степени (группа 2) выше, чем у студентов с миопией слабой степени (группа 1) (OD на 19,3±10,64 TES, OS на 4,83±3,58 TES).

При анализе цветовосприятия левого глаза после терапии фрактальной фотостимуляцией было выявлено, что у студентов 1 и 2 группы имеются различия средних значений ДДВ (544,87±22 и 555,69±16,2 соответственно), ДЧ (соответственно 572,6±28,35 и 558,86±29,44), ДЭФ (2,32±0,01 и 2,24±0,07 соответственно) и порядок

У студентов с миопией средней степени выявлена ТЦД-цветослабость на синий цвет и циан, чего не было выявлено у группы с миопией слабой степени. Однако у миопов слабой степени, в отличие от другой группы, обнаружена ТЦД-цветослабость на желто-зеленый цвет.

Определяли порядок цвета ПЦ по системе RGB (Максвелл, 1860): при миопии слабой степени (1 группа – I и III порядка (зеленый, синий, желто-зеленый, сине-зеленый), при миопии средней степени (2 группа) – I и II порядка (зеленый, синий, циан). Более точный анализ нарушений доступен в сравнительном анализе тона (оттенков) по системе RGB (0–239).

В группе 1 пациентов с миопией слабой степени: 40 – желтый, 60 – желто-зеленый, 100 – сине-зеленый.

При миопии средней степени (2 группа): 160 – синий тон, 120 – циан, 100 – сине-зеленый и 80 – зеленый.

Кроме того, в работе определялась насыщенность тона по системе HCV (англ. Hue, Saturation, Value – тон, насыщенность, значение) (0–360).

Так, при миопии слабой степени (1 группа)

Таблица 7.

Показатели проведенного Farnsworth-Munsell 100 Hue Test в исследуемых группах после терапии фрактальной фотостимуляцией для правого глаза

Признак	Группа 1 N=18	Группа 2 N=12
ДДВ нМ	537,65±28,5	539,06±12,6
ДЧ ТГц	601,18±60,87	581,08±10,74
ДЭФ эФ	2,34±0,13	2,275±0,13
ПЦ	2±1,05	2±1,1

цвета (2±0,9 против 2±1)

При анализе цветовосприятия правого глаза после терапии фрактальной фотостимуляцией было выявлено, что у студентов 1 и 2 группы имеются различия средних значений ДДВ (537,65±28,5 и 539,08±12,6 соответственно), ДЧ (соответственно 601,18±60,87 и 581,08±10,74), ДЭФ (2,34±0,13 и 2,275±0,13 соответственно) и порядок цвета (2±1,05 против 2±1,1)

В таблице 6 представлены результаты комплексной оценки цветоощущения по группам до и терапии.

преобладает 90 – желто-зеленый, 150 – сине-зеленый; при миопии средней степени (2 группа) выявлен 120 – зеленый, 150 – сине-зеленый, 180 – циан, 240 – синий.

После терапии наблюдается переход части испытуемых в другую клиническую группу: у четырех испытуемых отмечается повышение остроты зрения и изменения типа цветового дефицита. Для миопов слабой степени характерна цветослабость преимущественно на желтый и желто-зеленый спектр с проявлением синего. Для миопов средней степени была характерна цветослабость как на

Таблица 8.
Результаты цветотеста при миопии слабой и средней для группы после терапии фрактальной фотостимуляцией.

Признак		Миопия слабой степени		Миопия средней степени	
		Число пациентов		Число пациентов	
		До терапии n=16	После терапии n=18	До терапии n=14	После терапии n=12
ТЦД Нм	С		3	4	1
	С-З	3	4	5	4
	Ц			4	3
	З	5	4	3	2
	Ж-З	6	8		2
ПЦ	I	8	10	10	8
	II		1		3
	III	6	7	6	1
ТОН RGB	С		1	4	2
	С-З	3	4	5	4
	Ц		2	4	3
	З	5	4	2	
	Ж-З	6	7	1	3
ТОН HCV	С		4	4	1
	С-З	5	3	5	5
	Ц			4	4
	Ж-З	5	6	1	2
	С-Ж	2	2		
	З	2	3	2	

синий, сине-зеленый и циан, так и на желто-зеленый спектр.

У пациентов из двух клинических случаев параметры ДДВ, ДЧ, ДЭФ не изменились. Количество ошибок TES у 1 пациента снизилось на 3 и 7, а у 2 пациента на 8 и 5 для OD и OS соответственно.

Выводы: В ходе исследовательской работы после проведения терапии низкоинтенсивной фрактальной фотостимуляцией отмечается повышение остроты зрения по результатам визометрии. Количество миопов средней степени снизилось на 4 человека.

Количество ошибок (TES) у исследуемой группы 2 (миопия средней степени) для каждого глаза снизилось в среднем с 107,95 до 70,42. Тип цветового дефицита и порядок цветов с цветослабости на синий, сине-зеленый и циан изменился преимущественно на спектр зеленого и желто-зеленого оттенка, что соответствует результатам первой клинической группы с миопией слабой степени. Это объясняется характеристикой длин волн соответствующей каждому из оттенков. Синий цвет и циан имеют более короткую длину волны, чем желто-зеленый спектр, следовательно,

при миопии степени распознать коротковолновые цвета труднее. Диапазон длин волн на левом глазе у миопов высокой и средней степени изменился в среднем с $555,5 \pm 38,51$ до $555,69 \pm 16,2$, на правом глазе с $553,08 \pm 21,92$ до $539,06 \pm 12,6$.

В клинической группе миопов слабой степени наблюдалось снижение количества ошибок в среднем с 74,46 до 58,35. Тип цветового дефицита и порядок цвета остались преимущественно на том же уровне: цветослабость на желтый и желто-зеленый оттенок. Диапазон длин волн с $531,12 \pm 28,11$ до $544,87 \pm 22$ и с $534,63 \pm 12,11$ до $537,65 \pm 28,5$ для левого и правого глаза соответственно.

По результатам работы можно отметить эффективность применения прибора низкоинтенсивной фрактальной фотостимуляции при методическом использовании в течение 10 сеансов ежедневной терапии длительностью 15 минут (на оба глаза). Субъективно пациенты отмечали улучшение качества зрения в течение всего дня, а также отсутствие усталости глаз. Некоторые испытуемые отмечали ощутимые улучшения остроты зрения, несмотря на идентичные значения данного показателя по Сивцеву до проведения терапии и после. [5–6]

ЛИТЕРАТУРА/REFERENCES

1. Глазные болезни. Основы офтальмологии; М.: Издательство «Медицина», 2012; [Glaznoye bolezni. Osnovo oftalmologii; M.: Izdatelstvo «Meditsina»; 2012. (In Russ.)]
2. Апрелев А.Е. и др. Медико-социальные показатели распространенности миопии у студентов. Медицинский вестник Башкортостана. 2019;12(2):68. [Aprelev A.E. i dr. Mediko-sotsialnoye pokazateli rasprostranennosti miopii u studentov. Meditsinskiy vestnik Bashkortostana. 2019;12(2):68. (In Russ.)]
3. Ковалевская М. А., Антонян В. Б., Дорохов А. Е. Особенности цветовосприятия у студентов с нарушением рефракции глаза. Фундаментальные научные исследования как условие долгосрочного устойчивого развития России. Международная научно-практическая конференция. Материалы конференции. Белгород. 2021: 5-8. [Kovalevskaya M. A., Antonyan V. B., Doroxov A. E. Osobennosti tsvetovospriyatiya u studentov s narusheniem refraksii glaza. Fundamentalnoye nauchnoye issledovaniya kak uslovie dolgosrochnogo ustoychivogo razvitiya Rossii. Mejdunarodnaya nauchno-prakticheskaya konferentsiya. Materialo konferentsii. Belgorod. 2021: 5-8. (In Russ.)]
4. Munsell A. H. A Grammar of Color: Arrangements of Strathmore Papers in a Variety of Printed Color Combinations According to the Munsell Color System. 1921.
5. Зуева М.В., Ковалевская М.А., Донкарева О.В., Каранкевич А.И., Цапенко И.В., Таранов А.А., Антонян В.Б. Фрактальная фототерапия в нейропротекции глаукомы. Офтальмология. 2019;16(3):317-328. [Zueva M.V., Kovalevskaya M.A., Donkareva O.V., Karankevich A.I., Tsapenko I.V., Taranov A.A., Antonyan V.B. Fraktnaya fototerapiya v neyroproteksii glaukomo. Oftalmologiya. 2019;16(3):317-328. (In Russ.)]
6. Егоров Е.А., Еричев В.П., Онищенко А.Л., Петров С.Ю., Куроедов А.В., Антонов А.А., Витков А.А. Системные факторы риска развития первичной открытоугольной глаукомы. РМЖ. Клиническая офтальмология. 2018; 3. [Egorov E.A., Elichev V.P., Onihenko A.L., Petrov S.Yu., Kuroedov A.V., Antonov A.A., Vitkov A.A. Sistemnoye faktoro riska razvitiya pervichnoy otkrotougolnoy glaukomo. RMJ. Klinicheskaya oftalmologiya. 2018; 3. (In Russ.)]
7. Calkins D. J., Horner P. J. The Cell and Molecular Biology of Glaucoma: Axonopathy and the Brain. Invest. Ophthalmol. Vis. Sci 2012;53(5):2482-4.