

УДК 612.822

ВОЗДЕЙСТВИЕ ЦВЕТОВЫХ ТАБЛИЦ МАДЯРА: РЕАКЦИИ ЦЕНТРАЛЬНОЙ И АВТОНОМНОЙ НЕРВНОЙ СИСТЕМЫ

Ребик А. А.¹, Мадяр С.-А. И.², Куличенко А. М.³, Павленко В. Б.³

¹*Казанский (Приволжский) федеральный университет, Казань, Российская Федерация*

²*Общественная академия «Модус Колорис», Киев, Украина.*

³*Таврическая академия (структурное подразделение) ФГАОУ ВО «Крымский федеральный университет им. В.И. Вернадского», Симферополь, Республика Крым, Россия
E-mail: rebik_anastasiya@mail.ru*

У 30 испытуемых в возрасте от 18 до 30 лет оценивались показатели окулоторики, вариабельности сердечного ритма и ритмов ЭЭГ во время предъявления цветных таблиц Стефана Мадяра. Анализ трекинга глаз показал, что взор испытуемого постоянно перемещается от одного цветного фрагмента таблицы к другому. Восприятие цветных таблиц, в отличие от хаотичного набора цветов, вызывает активацию парасимпатического отдела вегетативной нервной системы и возрастание амплитуды альфа-ритма головного мозга человека. Таким образом, выявлены релаксирующие эффекты на уровне вегетативной и центральной нервной системы.

Ключевые слова: ЭЭГ, вариабельность сердечного ритма, трекинг движений глаз, цветные таблицы.

ВВЕДЕНИЕ

Еще во времена античности врачи заметили, что свет разных цветовых тонов по-разному влияет на состояние человека. Цветной свет стали использовать в цветотерапии (визуальная цветостимуляция). Эффекты цветового восприятия проанализированы в ряде работ [1–4] и сводятся в основном к следующему. Свет воздействует на людей несколькими путями, прежде всего через зрительный нерв, который посылает сигналы в зрительную кору головного мозга. Таким образом обеспечиваются как осознаваемые, так и неосознаваемые эффекты визуального восприятия цветного света. Зрительный нерв также соединяется с недавно обнаруженным ретиногипоталамическим трактом, обеспечивая путь для так называемых невизуальных, неосознаваемых эффектов света. При этом в структурах головного мозга меняется баланс нейромедиаторов и выработка нейрогормонов. Эти эффекты проявляются в изменении активности вегетативной нервной системы (ВНС). Реакции ВНС при воздействии цветного света анализировались при регистрации частоты сердечных сокращений и психологическом тестировании уровня стресса [5]. Было выявлено, что синие и зеленые оттенки вызывают замедление сердцебиения и снижают уровень стрессовой активности. Эти эффекты связывают с активизацией парасимпатического и торможением симпатического отделов ВНС. Красно-желтая часть спектра обладает противоположным воздействием.

Обычно в подобных исследованиях используют изолированное предъявление цвета определенного цветового тона. Однако в реальной ситуации воздействие

света на человека реализуется в сочетании множества цветовых тонов. Перспективной для цветотерапии методикой является предъявление цветовых воздействий в виде специальных цветовых матриц, примером которых являются полихромные цветовые таблицы (ЦТ), разработанные С.-А. Мадяром [6]. ЦТ используют определенную последовательность цветов 12-ти ступенчатого гармоничного цветового спектра. Предполагается, что при визуальном восприятии указанных таблиц взор человека перемещается с одного ее фрагмента (окрашенного в определенный цветовой тон) к другому. При этом человек получает именно то динамическое цветовое воздействие, в котором нуждается в данный момент для коррекции своего психофизиологического состояния.

Ранее в нашей лаборатории выявлены эффекты восприятия ЦТ Мадяра [7]. Однако в указанной работе, которая имела ограниченное методическое обеспечение, анализировали изменения ритмов ЭЭГ лишь в двух отведениях, а состояние ВНС оценивали только по индексу напряжения. Насколько нам известно, одновременная регистрация показателей, которые отражают активность и ЦНС и автономной нервной системы, другими исследователями не проводилась. В связи с этим целью настоящей работы является анализ изменений паттерна многоканальной ЭЭГ, совокупности показателей вариабельности сердечного ритма (ВСР) и оценка траектории движений глаз испытуемых при восприятии испытуемыми ЦТ Мадяра.

МАТЕРИАЛЫ И МЕТОДЫ

В исследовании приняло участие 30 волонтеров (16 мужчин и 14 женщин) в возрасте от 18 до 30 лет. От всех испытуемых было получено добровольное информированное согласие на участие в экспериментах. Для проведения исследования были отобраны 12 ЦТ, из которых испытуемые выбрали таблицы, которые явились для них наиболее привлекательными. В процессе опытов испытуемым предъявляли ЦТ Мадяра и хаотичный набор цветов (экспериментальное и контрольное воздействия соответственно). Время экспозиции в обоих случаях составляло 3 минуты. Предъявление указанных стимулов и запись физиологических показателей проводились в разные дни с интервалом в три-четыре недели. Порядок экспозиции экспериментальных и контрольных воздействий для разных испытуемых чередовали случайным образом. После предъявления зрительных стимулов испытуемых опрашивали об их самочувствии, а также проводили психологическое тестирование для объективной оценки психофизиологического состояния (в данной статье его результаты не рассматриваются).

Регистрация ЭЭГ и электрокардиограммы велась до, во время и после предъявления зрительных стимулов с помощью полиграфической установки «Нейрон-Спектр-5» («Нейрософт», Россия). Общее время записи составляло 9 минут. Регистрация движений глаз в момент предъявления стимулов проведена с помощью ай-трекера RED-250 (SensoMotoric Instruments, Германия). ЭЭГ-потенциалы отводили по стандартной методике монополярно в соответствии с международной системой «10-20». Референтные электроды располагали на мочках ушей. Частоты среза фильтров высоких и низких частот составляли соответственно 1,5 и 35 Гц. Амплитуды ритмов ЭЭГ оценивали в общепринятых частотных

диапазонах [8]. Электрокардиограмму регистрировали в первом стандартном отведении. Анализ variability сердечного ритма осуществлялся с помощью программы «Полиспектр» («Нейрософт», Россия).

Для оценки ВСР были использованы следующие показатели: CV – коэффициент вариации кардиоинтервалов (%); ЧСС – триангулярный индекс (уд./мин.); Мо – мода интервалов R-R (с); HF – мощность высокочастотного компонента спектра сердечного ритма (мс^2); LF – мощность низкочастотного компонента спектра сердечного ритма (мс^2); VLF – мощность очень низкочастотного компонента спектра сердечного ритма (мс^2); ULF – мощность сверхнизкочастотного компонента спектра сердечного ритма (мс^2); LF/HF – баланс симпатических и парасимпатических влияний; ВР – вариационный размах, разница между максимальным и минимальным значениями R-R (с); ИН – индекс напряжения регуляторных систем; ПАПР – показатель адекватности процессов регуляции сердечного ритма; ИВР – индекс вегетативного равновесия; ВПР – вегетативный показатель ритма; Ме – медиана распределения кардиоинтервалов (с).

Статистическую обработку данных проводили с помощью программы Statistica (версия 8).

РЕЗУЛЬТАТЫ И ОБСУЖДЕНИЕ

На рисунке 1 приведены траектории движений глаз испытуемого П.В. при восприятии изображения ЦТ, зарегистрированные в первые 15 с.

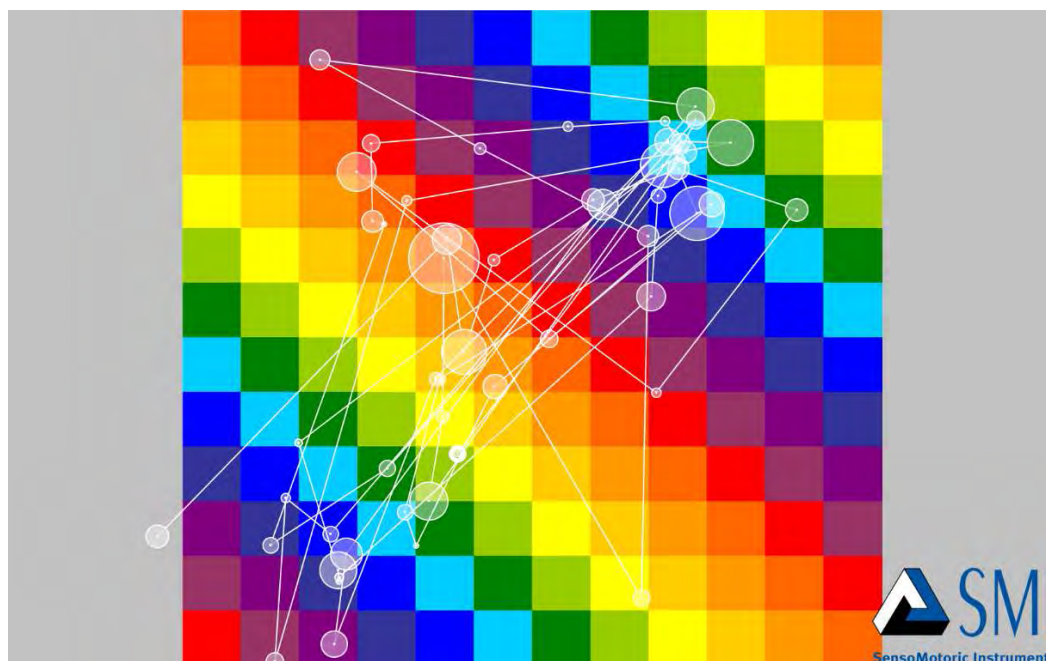


Рис. 1. Траектория движений глаз одного из испытуемых при восприятии цветовой таблицы С.-А. Мадяра. Пояснения в тексте.

Линиями представлены траектории саккадических движений, кружками – моменты фиксации взора. Размер кружка пропорционален длительности фиксации. Из рисунка видно, что взор испытуемого перемещается от одного цветного фрагмента таблицы к другому, от теплых (красных и желтых) тонов, к холодным (зеленым и синим). Таким образом, применение методов анализа окуломоторики волонтеров подтвердило предположение о закономерных перемещениях взора между цветными компонентами таблиц С.-А. Мадяра.

В ответ на предъявление испытуемым контрольного изображения не наблюдались значимые изменения показателей ВСР. В противоположность контрольным данным ряд этих показателей значимо изменялись при экспозиции ЦТ С.-А. Мадяра (таблица).

Таблица

Показатели вариабельности сердечного ритма до и после предъявления ЦТ

Показатель	До предъявления стимула	После предъявления стимула	Достоверность различий Р
CV (%)	7,86±0,536	7,87±0,48	0,272
ЧСС (уд./мин)	77,79±1,584	78,75±1,55	0,493
Мо (с)	0,77±0,02	0,76±0,17	0,642
HF (мс ²)	1145,83±205,84	1061,43±237,84	0,102
LF (мс ²)	2366,80±533,43	1960,33±376,64	0,578
VLF (мс ²)	987,10±142,92	1058,27±160,41**	0,001
ULF (мс ²)	54,70±26,06	259,83±45,48	0,674
LF/HF	2,73±0,42	2,66±0,39	0,394
BP (с)	0,35±0,03	0,41±0,04	0,495
ИН	98,44±13,22	83,17±11,20	0,131
ПАПР	49,31±2,851	50,93±2,78	0,126
ИВР	147,70±19,76	123,77±16,21	0,127
ВПР	4,82±0,44	4,01±0,36*	0,015
Me (с)	0,78±0,02	0,77±0,02	0,201

Примечания: полные обозначения показателей приведены в разделе «Методика исследования»; указаны средние значения ± стандартная ошибка среднего; *, ** – различия между значениями показателей до и после предъявления ЦТ на уровне значимости P<0,05 и P<0,01, соответственно.

Как видно из таблицы после предъявления ЦТ С.-А. Мадяра наблюдается статистически значимый рост значений мощности спектра сердечного ритма в «очень» низкочастотном диапазоне (VLF). Спектральная составляющая сердечного ритма в этом диапазоне, по мнению многих зарубежных авторов, характеризует активность симпатического отдела вегетативной нервной системы. Однако в данном случае речь идет о более сложных влияниях со стороны надсегментарного уровня регуляции, поскольку амплитуда VLF тесно связана с психоэмоциональным

напряжением и функциональным состоянием коры головного мозга. VLF является чувствительным индикатором управления метаболическими процессами и хорошо отражает энергодефицитные состояния. Согласно концепции Баевского, высокая мощность VLF отражает высокую активность центрального контура регуляции, а точнее, его межсистемного уровня Б [9]. Мобилизация энергетических и метаболических резервов при функциональных воздействиях отражается изменениями мощности спектра в VLF-диапазоне [10]. В связи с этим, наблюдаемый рост мощности VLF в ответ на предъявление ЦТ указывает на гиперадаптивную реакцию.

Предъявление ЦТ приводит к снижению ВПР. Данный показатель отражает баланс регуляции работы сердечно-сосудистой системы со стороны симпатического и парасимпатического отделов вегетативной нервной системы. Его снижение свидетельствует о снижении активности симпатического и увеличении активности парасимпатического отделов ВНС.

Таким образом, ЦТ Мадяра, в отличие от контрольного изображения, вызывают увеличение активности центрального контура регуляции сердечного ритма, способствуют гиперадаптивной реакции, а также оказывают активирующее воздействие на парасимпатический отдел ВНС. Исходя из этого можно заключить, что результаты нашего исследования демонстрирует возможность релаксирующего воздействия по отношению к структурам ВНС, приводящее к субъективному снижению уровня эмоциональной тревожности и депрессивности.

Наши данные согласуются с результатами других исследователей [4], которые также выявили рост показателя VLF при предъявлении световых воздействий различных цветовых тонов, что также сопровождалось улучшением показателей настроения.

При анализе ЭЭГ была рассчитана разность в амплитудах ритмов волн при демонстрации ЦТ Мадяра и предъявлении контрольного изображения. Статистическая значимость различий оценивалась W-критерием Вилкоксона для попарно связанных вариантов. На рисунке 2 представлены величины разности (Δ) между значениями ритмов ЭЭГ в 21 отведении (обозначены латинскими буквами) при экспозиции ЦТ и контрольного изображения. Из рисунка видно, что в большинстве отведений амплитуда ритмов ЭЭГ была выше при экспозиции ЦТ.

Амплитуда дельта-ритма при предъявлении ЦТ значимо выше, чем при предъявлении контрольного изображения в отведениях Fp1, Fpz, Fp2, F3, C3, Cz, T3, T5, P3, O1, Oz. Возрастание амплитуды данного ритма может свидетельствовать о проявлении релаксации. Подобные эффекты отмечены у испытуемых в состоянии трансцендентальной медитации [8]. В то же время, нельзя исключить, что высокая степень возрастания дельта-ритма в лобных отведениях может быть связана и с более высокой оculoмоторной активностью, проявляющейся при зрительном восприятии гармоничного сочетания цветовых тонов при экспозиции ЦТ по сравнению с рассматриванием хаотичного расположения цветовых фрагментов в контрольном изображении.

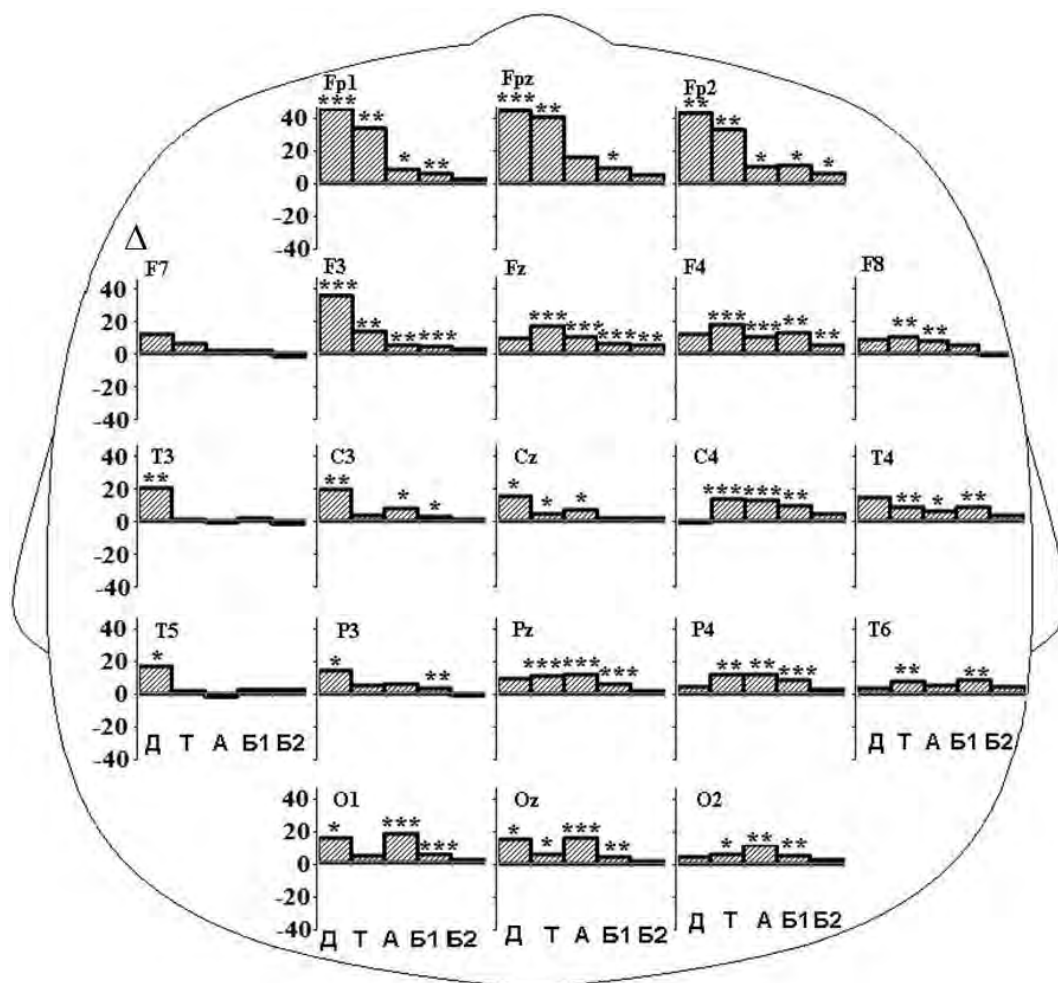


Рис. 2. Различия в амплитудах ритмов волн ЭЭГ, во время предъявления ЦТ Мадяра и контрольного изображения.

По вертикали: Δ – разность амплитуд (мкВ). По горизонтали: Д – дельта-ритм, Т – тета-ритм, А – альфа-ритм, Б1 – бета-ритм высокой частоты, Б2 – бета-ритм низкой частоты. * – $P < 0,05$; ** – $P < 0,01$; *** – $P < 0,001$.

Увеличение амплитуды тета-ритма выявлено в большинстве отведений и преобладает в правом полушарии (отведения: Fp1, Fpz, Fp2, F3, Fz, F4, F8, Cz, C4, T4, Pz, P4, T6, Oz, O2). Данный факт мы связываем с эмоциональным вовлечением в процесс восприятия ЦТ, т.к. рост тета-ритма характерен для эмоциональных ситуаций и процессов запоминания и воспроизведения памятного следа [8]. Также это может означать, что сама ЦТ приобретает эмоциональную значимость для волонтеров, так как они имели возможность самостоятельно выбрать предпочитаемое изображение.

Возрастание амплитуды альфа-ритма происходит в отведениях Fp1, Fp2, F3, Fz, F4, F8, C3, Cz, C4, T4, Pz, P4, O1, Oz, O2. Рост амплитуды альфа-ритма свидетельствует о том, что состояние человека становится более стабильным [8].

Возрастание амплитуды бета-ритма низкой (Fp1, Fpz, Fp2, F3, Fz, F4, C3, C4, T4, P3, Fz, P4, T6, O1, Oz, O2) и высокой частот (Fp2, Fz, F4) свидетельствует об активизации мыслительной деятельности на фоне состояния относительного физического покоя [8]. Из опроса испытуемых следует, что во время просмотра экспериментального изображения они стремились найти закономерность, на основании которой были расположены оттенки. В тоже время, при предъявлении контрольного изображения такие попытки не предпринимались. С этим фактом может быть связано наблюдаемое увеличение амплитуды бета-ритмов.

В то же время, нужно отметить, что рост амплитуд всех анализируемых ритмов при экспозиции ЦТ, по сравнению с контрольными изображениями, проходил на фоне повышения амплитуды альфа-ритма в 15 отведениях из 21. Можно заключить, что при восприятии ЦТ Мадяра нормализуется баланс возбуждения и торможения в ЦНС.

ЗАКЛЮЧЕНИЕ

1. Трекинг взора волонтеров подтвердил предположение о том, что взор испытуемого постоянно перемещается от одного цветного фрагмента ЦТ Мадяра к другому, от теплых (красных и желтых) тонов, к холодным (зеленым и синим). При этом человек получает именно то динамическое цветовое воздействие, в котором нуждается в данный момент для коррекции своего психофизиологического состояния.
2. Анализ показателей ВСП показал, что ЦТ С.-А. Мадяра вызывают увеличение активности центрального контура регуляции сердечного ритма, способствуют гипердаптивной реакции, а также оказывают активирующее воздействие на парасимпатический отдел ВНС. Такие эффекты, в сочетании с увеличением вегетативного показателя регуляции, демонстрируют возможность расслабляющего воздействия и снижение уровня эмоциональной тревожности.
3. ЦТ Мадяра вызывают эффект релаксации и одновременно эмоциональной вовлеченности, о чем свидетельствует увеличение амплитуды дельта- и тета-ритмов. Увеличение альфа-ритма указывает на то, что испытуемый при демонстрации ЦТ находился в процессе перехода организма в состояние функционального спокойствия. Увеличение амплитуды бета-ритма свидетельствует о течении мыслительного процесса, который не имеет подавляющего воздействия на альфа-ритм. Рост амплитуд всех анализируемых ритмов при экспозиции ЦТ, по сравнению с контрольными изображениями, проходил на фоне повышения амплитуды альфа-ритма в 15 отведениях из 21. Можно заключить, что при восприятии ЦТ Мадяра нормализуется баланс возбуждения и торможения в ЦНС.

Работа выполнена при финансовой поддержке в рамках инициативной части государственного задания № 6.5452.2017/8.9 Минобрнауки России в сфере научной деятельности темы «Временная организация физиологических систем человека и животных: феноменология и механизмы генерации и регуляции микро- и мезоритмов».

Работа выполнена на оборудовании КП ФГАОУ ВО КФУ им. В. И. Вернадского» «Экспериментальная физиология и биофизика».

Список литературы

1. Cocilovo A. Colored light therapy: overview of its history, theory, recent developments and clinical applications combined with acupuncture / A. Cocilovo // Am. J. Acupunct. – 1999. – 27(1–2). – P. 71–83.
2. Цветовая светотерапия / Готовский Ю. В., Вышеславцев А. П., Косарева Л. Б. [и др.] / М., 2001. – 432 с.
3. Radeljak S. Chromotherapy in the regulation of neurohormonal balance in human brain-complementary application in modern psychiatric treatment / S. Radeljak, T. Žarković-Palijan, D. Kovačević, M. Kovac // Collegium antropologicum. – 2008. – 32 (2). – P. 185–188.
4. Ross M. J. The Impact of Modulated Color Light on the Autonomic Nervous System / M. J. Ross, P. A. Guthrie // J. Dumont Adv. Mind. Body Med. – 2013. – 27(4). – P. 7–16
5. Базыма Б.А. Психология цвета. Теория и практика / Б. А. Базыма. – М., 2005. – 298 с.
6. Мадяр С. - А. Методичні рекомендації "Поліхромно-адаптаційна біорегуляція психофізіологічного стану людини" / С. - А. Мадяр. и др. – Киев, 2006. – 37 с.
7. Психофизиологические эффекты воздействия цветных таблиц С.-А. Мадяра / С.-А. Мадяр, В. Н. Бержанский, П. В. Шинкаревский [и др.] // Ученые записки Таврического национального университета им. В.И. Вернадского. – 2004. – Т. 17 (56), № 1. – С. 48–54.
8. Кропотков Ю. Д. Количественная ЭЭГ, когнитивные вызванные потенциалы мозга человека и нейротерапия / Ю. Д. Кропотков. – Донецк, 2010. – 512 с.
9. Баевский Р. М. Анализ variability сердечного ритма при использовании различных электрокардиографических систем: методические рекомендации / Р. М. Баевский, Г. Г. Иванов // Вестник аритмологии – 2001. – № 24. – С. 65–86.
10. Соловьева А. Д. Методы исследования вегетативной нервной системы / А. Д. Соловьева, А. Б. Данилов, Н. Б. Хаспекова // Вегетативные расстройства: Клиника, диагностика, лечение. – М.: МИА, 2003. – С. 44–102.

EFFECTS OF MADYAR'S COLOR TABLES ON CENTRAL AND AUTONOMIC NERVOUS SYSTEM INDICATORS

Rebik A. A.¹, Madyar S.-A. I.², Kulichenko A. M.³, Pavlenko V. B.³

¹*Kazan (Volga Region) Federal University, Kazan, , Russia*

²*Public Academy "Modus Koloris", Kiev, Ukraine.*

³*V.I. Vernadsky Crimean Federal University, Simferopol, Crimea, Russia*

E-mail: rebik_anastasiya@mail.ru

The aim of the present study was the analysis of changes in patterns of multichannel EEG and heart rate variability indicators, as well as the assessment of eye-tracking trajectory patterns when looking at Madyar's Color Tables (CT). The CT's design is based on a specific sequence of colors in a harmonious color spectrum. The study involved 30

volunteers (16 men and 14 women) aged from 18 to 30 years. The test subjects were asked to contemplate the Madyar's CT and a randomly organized set of colors (experimental and control effects, respectively; each trial duration was as long as three minutes). The stimuli exposition and the recording of physiological indicators were conducted on different days at intervals of three to four weeks. The analysis of eye-tracking patterns showed that the subjects' eyesight tended to regularly move from warm color tones (red and yellow) to cool ones (green and blue). Their physiological state was mostly favorably affected by that. The heart rate variability indicators showed an induced by the CT activation of the parasympathetic division of the autonomic nervous system and a reduced regulation and control level in the higher centers relative to the cardiovascular subcortical center. The CT condition was accompanied by effects of relaxation together with signs of emotional involvement judging by patterns of increased delta and theta rhythm amplitudes. An increase in beta rhythm amplitude seemed to be associated with the subjects' thinking process: according to their self-reports, they tried to seek for specific color tone patterns when exposed to the CT stimuli. Overall, when exposed to the CT stimuli, an increase in subjects' EEG amplitudes of the analyzed rhythms occurred simultaneously with the alpha rhythm synchronization, which was not the case in the control condition. Based on the presented data, it can be concluded that contemplating the Madyar's Color Tables is accompanied by normalization of the excitation and inhibition processes occurring in one's central nervous system.

Keywords: EEG, heart rate variability, eye-tracking, color tables.

References

1. Cocilovo A. Colored light therapy: overview of its history, theory, recent developments and clinical applications combined with acupuncture, *Am. J. Acupunct.* **27**, 1–2 (1999).
2. Gotovskiy Yu. V., Vyisheslavtsev A. P., Kosareva L. B., Perov Yu. F., Shraybman M. M. Tsvetovaya svetoterapiya (2001).
3. Radeljak S., Žarković-Palijan T., Kovačević D., Kovac M. Chromotherapy in the regulation of neurohormonal balance in human brain-complementary application in modern psychiatric treatment, *Collegium antropologicum*, **32**, 2 (2008).
4. Ross M. J. The Impact of Modulated Color Light on the Autonomic Nervous System / M. J. Ross, P. A. Guthrie, *J. Dumont Adv. Mind. Body Med.* **27**, 4 (2013).
5. Bazyima B. A. Psihologiya tsveta. Teoriya i praktika (2005).
6. Madyar S.-A. Metodichni rekomendatsiyi "Polihromno-adaptatsiyina bioregulyatsiya psihofiziologichnogo stanu lyudini" (2006).
7. Madyar S.-A., Bergansky V.N., Shinkarevsky P.V., Kulichenko A.M., Pavlenko V.B., Kovalevskaya H.E., Radionova T.A., D'yachenko H.V. Psychophysiological effects of the impact of color tables C.-A. Madyara, *Scientific Notes of Taurida V. I. Vernadsky National University, Series: Biology, chemistry*, **17** (56), 1, 48 (2004).
8. Kropotov Yu. D. Kolichestvennaya EEG, kognitivnyie vyizvannyie potentsialyi mozga cheloveka i neyroterapiya (2010).
9. Baevskiy R. M., Ivanov G. G. Analiz variabelnosti serdechnogo ritma pri ispolzovanii razlichnyih elektrokardiograficheskikh sistem: metodicheskie rekomendatsii, *Vestnik aritmologii*, **24** (2001).
10. Soloveva A. D., Danilov A. B., Haspekova N. B. Metodyi issledovaniya vegetativnoy nervnoy sistemyi Vegetativnyie rasstroystva: Klinika, diagnostika, lechenie (2003).