

## ВПЛИВ ЗЕЛЕНОГО СВІТЛА РІЗНОГО РІВНЯ ІНТЕНСИВНОСТІ НА ЦЕНТРАЛЬНУ ГЕМОДИНАМІКУ ТА ХВИЛЬОВІ ПРОЦЕСИ СЕРЦЕВОГО РИТМУ

*У здорових чоловіків віком від 18 до 23 років здійснювали зорову стимуляцію світлом зеленого кольору інтенсивністю 100 лк, 200 лк, 400 лк. По мірі зростання рівня інтенсивності освітленості спостерігалось вірогідне зменшення серцевого викиду та середнього артеріального тиску, збільшення кровонаповнення органів грудної клітки, зростання загального периферійного опору судин. При освітленості 400 лк виявлено суттєве підвищення чутливості барорефлексу та синхронізації коливань інтервалу R-R та ударного об'єму крові, обумовлених процесом дихання.*

**Ключові слова:** фотостимуляція, серцевий викид, варіабельність серцевого ритму.

*У здоровых мужчин в возрасте от 18 до 23 лет осуществляли зрительную стимуляцию светом зеленого цвета интенсивностью 100 лк, 200 лк, 400 лк. По мере роста уровня интенсивности освещенности наблюдалось достоверное уменьшение сердечного выброса и среднего артериального давления, увеличение кровенаполнения органов грудной клетки, общего периферийного сопротивления сосудов. При освещенности 400 лк выявлено существенное повышение чувствительности барорефлекса и синхронизации колебаний интервала R-R и ударного объема крови, обусловленного процессом дыхания.*

**Ключевые слова:** фотостимуляция, сердечный выброс, вариабельность сердечного ритма.

*The sight stimulation with green colour light of 100 lk, 200 lk, 400 lk intensity was done among the healthy men aged 18-23. The reliable decrease of systole and the middle blood pressure, the increase of blood filling of the chest organs, the increase of general peripheral vessel resistance were discovered while increasing the level of the light intensity. The substantial increase of the baroreflex sensitiveness, R-R interval oscillations synchronization and stroke blood volume stipulated by the respiration process were found with 400 lk lighting.*

**Keywords:** photostimulation, stroke volume, heart rate variability.

### Вступ

Відомо, що найбільша кількість сенсорної інформації надходить в організм людини через зоровий аналізатор. Однак, імпульсація, яка поширюється зоровими шляхами, активує не тільки проекційні центри зорової кори, а й передається безпосередньо в гіпоталамус, гіпофіз та стовбурові структури мозку, які відповідають за діяльність вегетативної нервової, ендокринної та інших систем організму [6]. Метод фотостимуляції широко використовується в практиці медичного та фізіологічного дослідження, в фізіотерапевтичній практиці [3, 5, 15]. З'ясовано вплив світла різної довжини хвилі та рівня інтенсивності на центральну нервову систему, психофізіологічні функції організму [1, 13, 14], деякі аспекти використання імпульсного світла в діагностиці та лікуванні патології зорової системи [4]. Останнім часом вивчається вплив світла на нейрогуморальну регуляцію

серцево-судинної системи [9], проводяться дослідження по вивченню функціонального домінування на регуляцію ритму серця півкуль головного мозку при фотостимуляції [12]. Однак в науковій літературі недостатньо даних про вплив світлостимуляції на діяльність серцево-судинної системи. Тому метою нашої роботи було дослідити вплив світла на стан центральної гемодинаміки та хвильові процеси серцевого ритму.

### Методика

Дослідження проведено на 15 здорових молодих особах віком 18-23 роки, студентах ВУЗів. Всі особи брали участь в обстеженні добровільно, за даними медичного обстеження були практично здоровими. Перед виконанням експерименту вони інформувались відносно мети та завдань вимірювань, послідовності та змісту тестових навантажень. За добу до проведення обстеження досліджувані не приймали алкогольних напоїв, збуджуючих чи заспокійливих засобів, не мали значних емоційних та фізичних навантажень.

Вимірювання здійснювались в першій половині доби при температурі 20-22° С та фоновому рівні штучного освітлення 100 лк.

До обстежуваного під'єднували електроди та датчики і він відпочивав в положенні лежачи з відкритими очима 10-15 хвилин. Після цього проводили 5-хвилинні записи сигналів диференціальної реоплетизмограми грудної клітки від біопідсилювача РА-5-01 (НДІ радіовиміральної апаратури, Київ, Україна), пневмограми від п'єзоелектричного датчика, встановленого перед ніздрями носа досліджуваного, вимірювали артеріальний тиск. Потім проводили 10-хвилинні бінокулярні стимуляції світлом зеленого кольору (довжина хвилі 525 нм) різного рівня освітленості (100 лк, 200 лк, 400 лк) з 5-ти хвилинним інтервалом між сеансами. Фотостимуляцію проводили за допомогою програми Lightmaker (а/с України №16134).

Сигнали цифрували через АЦП ADC-1280 (Holit Data Systems, Київ, Україна), записували на вінчестер комп'ютера та визначали критичні точки на аналізованих сигналах за допомогою програми Bioscan.

Ударний об'єм крові визначали за формулою W.G.Kubicek et al [16]. Систолічний об'єм розраховували для кожного з кардіоциклів за весь період запису за макросом в електронних таблицях Excel-97. Серцевий індекс (CI) та ударний індекс(УІ) знаходили як додаток хвилинного та ударного об'єму крові до площі поверхні тіла. Площу поверхні тіла розраховували за формулою Дю Буа. Середній артеріальний тиск (АТсер) розраховували за формулою Хікема. Відносне кровонаповнення органів грудної клітки (КНП) - як відношення квадрата відстані між токовими електродами РПГ до базового опору [11].

Тривалість кожного кардіоциклу розраховували за часовими параметрами найвищих точок позитивного зубця диференціальної реограми. Далі часовий ряд експортували в програму Caspico (Авторське свідоцтво України № 11262). В цій програмі вибиралась ділянка запису для аналізу, проводилась ручна корекція артефактичних значень. Аналізувались 5-хвилинні ділянки запису у спокої та з 6-ї по 10-ту хвилини фотостимуляції.

Спектральний аналіз здійснювався за допомогою періодограмного методу зі згладжуванням вікном Daniel та корекцією часових параметрів елементів періодограми в залежності від середнього значення частоти серцевих скорочень [10]. При цьому в спектрі розрізняли наступні компоненти [18]: 0,15-0,4 Гц (HF) потужність в діапазоні високих частот, 0,04-0,15 Гц (LF) - потужність в діапазоні

низьких, 0-0,04 Гц (VLF) – потужність в діапазоні дуже низьких частот (повільні хвилі 2-го порядку), 0-0,4 Гц (Total Power(TP)) – загальна потужність спектру. Також оцінювався показник нормалізованої потужності спектру в діапазоні 0,15-0,4 Гц (HF norm), що відображає тонус парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи. Крос-спектральний аналіз коливань УОК та тривалості інтервалу R-R проводили у програмі “Statistica for Windows 5.0” (Statsoft Inc, Tulsa, USA) з використанням періодограмного методу. Для виявлення хвильової структури зв’язку часових рядів УОК та RR-інтервалів застосовували побудову медіанних крос-періодограм за способом, запропонованим нами раніше [7].

Внаслідок того, що більшість показників була розподілена ненормально, розраховували їх медіану, межі верхнього та нижнього квантилів. Вірогідність різниць визначали за критерієм парних порівнянь Wilcoxon.

### Результати та їх обговорення

Зміни в центральній гемодинаміці при фотостимуляції зеленим світлом різного рівня інтенсивності представлені в таблиці 1.

При світлостимуляції зеленим світлом в порівнянні з фоновими показниками вірогідно зменшуються показники ударного та серцевого індексів, статистично значимо зростає відносне кровонаповнення органів грудної клітки по мірі зростання рівня інтенсивності освітлення. Спостерігається тенденція до збільшення тривалості інтервалів R-R, а при освітленості в 200 люкс цей показник зростає вірогідно. При інтенсивності освітлення в 400 люкс достовірно знижується середній артеріальний тиск. Всі ці зміни вказують на зменшення активації діяльності серця [8]. Однак, разом з тим, при інтенсивності освітлення в 200 та 400 люкс вірогідно зростає загальний периферійний опір судин, що може свідчити про одночасну активацію і симпатичної ланки вегетативної нервової системи [2].

**Таблиця 1**

Зміни центральної гемодинаміки при фотостимуляції зеленим світлом з різним рівнем інтенсивності

Показники	спокій	100 люкс	200 люкс	400 люкс
M, мс	897 (860; 955)	904 (859; 976)	940* (850; 1017)	921 (835; 1018)
АТ сер, мм рт ст	88,7 (83,3; 86,7)	85 (83,3; 89,2)	85 (80; 88)	83,3* (80,8; 87,5)
УІ, мл/м <sup>2</sup>	46,9 (38,1; 48,5)	44,3* (36,5; 47,9)	41,7* (35,7; 47,4)	39,86*** (36,84; 44,87)
СІ, мл/хв.*м <sup>2</sup>	2979 (2802; 3230)	2745* (2643; 3035)	2652** (2486; 2981)	2741** (2368; 2917)
Відносне КНП, у.о.	25,49 (23,81; 27,44)	25,7** (24; 27,73)	25,9*** (24,17; 27,77)	26*** (24,28; 28,09)
ЗПО, дін/сек*см <sup>-5</sup>	1261 (1213; 1421)	1354 (1238; 1527)	1433* (1237; 1600)	1410* (1262; 1596)

Примітка. \* p< 0,05, \*\*p<0,01, \*\*\*p<0,001 значущість відмінностей в порівнянні з фоновим рівнем.

Для подальшого аналізу змін в регуляторних механізмах діяльності серця нами була проведена оцінка спектральних характеристик масивів тривалості R-R інтервалів (табл.2).

Таблиця 2

Показники хвильової структури серцевого ритму при фотостимуляції зеленим світлом різного рівня інтенсивності

Показники	спокій	100 люкс	200 люкс	400 люкс
VLF, мс <sup>2</sup>	1328 (927; 2313)	1314 (964; 2573)	1691 (1178; 2594)	3632** (1488; 5078)
LF, мс <sup>2</sup>	2043 (1193; 2436)	1352 (807; 2144)	1707 (1298; 2933)	3594* (1567; 4289)
HF, мс <sup>2</sup>	1505 (731; 2997)	1183* (525; 2613)	1707 (805; 3267)	2082 (886; 3795)
HF norm, %	50,4 (37; 58,6)	41,2 (34,8; 59,5)	46,5 (33,1; 57,7)	41,82 (29,1; 53,4)
TP, мс <sup>2</sup>	4942 (3827; 7679)	5140 (2565; 7331)	5530 (3594; 7709)	10038** (6284; 13102)

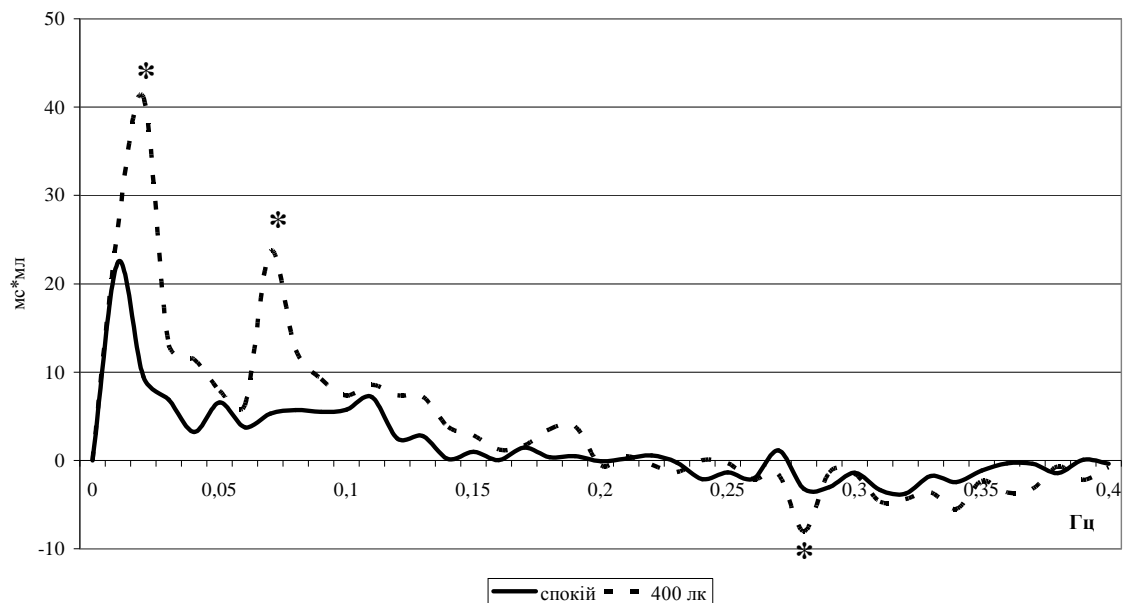
Примітка. \*  $p < 0,05$ , \*\* $p < 0,01$ , \*\*\* $p < 0,001$  в порівнянні з фоновим рівнем.

При впливі зеленим світлом з рівнем освітленості 100 люкс достовірно зменшується потужність спектру в діапазоні високих частот, що вказує на зниження активності парасимпатичної ланки вегетативної нервової системи. Однак при подальшому підвищенні рівня освітленості значущих змін від фону не спостерігається. При стимуляції зеленим світлом з рівнем освітленості в 200 люкс достовірних змін хвильової структури серцевого ритму не виявлено. На рівні освітленості в 400 люкс виявлено статистично значиме зростання потужності спектру в діапазоні низьких та дуже низьких частот (повільні хвилі 1 та 2 порядку), які пов'язані з активацією симпатичної ланки вегетативної нервової системи. При даному рівні освітленості вірогідно та нелінійно зростає загальна потужність спектру.

Для з'ясування механізму стрибкоподібного зростання як загальної потужності коливальності частоти серцевих скорочень, так і окремих компонентів її спектру, проводили крос-спектральний аналіз змін даного показника з ударним об'ємом крові (рис. 1). Так, між значеннями крос-спектральної функції в стані спокою та при освітленості 400 лк відмічені вірогідні відмінності на частотах 0,03 Гц, 0,07 Гц та 0,28 Гц. У діапазоні низьких та дуже низьких частот пік крос-спектральних показників при стимуляції був більшої амплітуди, а в діапазоні високих частот був від'ємним. Отже, це може свідчити про підвищення чутливості барорефлексу, що оцінюється за змінами крос-спектральних показників на частотах, близьких до 0,1 Гц [17]. Разом з цим, значущі відмінності в діапазоні дуже низьких частот не є свідченням наявності перехідних процесів в серцево-судинній системі (в такому випадку пік крос-спектральних показників знаходився б на частоті 0,01 Гц), а, цілком можливо, відображають збільшення активності ренін-ангіотензинової системи. Зміни крос-спектральних показників в діапазоні низьких частот можна інтерпретувати як відображення збільшення активності парасимпатичних впливів.

Таким чином, результати крос-спектрального аналізу підтверджують наявність збільшення активності як симпатичної, так і парасимпатичної ланок вегетативної нервової системи на діяльність серця при фотостимуляції зеленим світлом з рівнем інтенсивності 400 лк.

Цілком можливо, такий ефект може бути обумовлений активацією осциляторів, розташованих в центральній нервовій системі.



**Рис.1.** Медіанні крос-періодограми коливань тривалості інтервалу R-R та ударного об'єму крові у спокої та при стимуляції зеленим світлом з рівнем інтенсивності 400 лк.

### Висновки

1. Фотостимуляція зеленим світлом призводить до зменшення серцевого викиду та середнього артеріального тиску, збільшення кровонаповнення органів грудної клітки, амплітуда реакцій яких визначається інтенсивністю освітленості, зростанням загального периферійного опору судин.
2. При інтенсивності освітленості 400лк за показниками хвильової структури серцевого ритму відбувається збільшення активності симпатичної ланки вегетативної нервової системи разом з суттєвим підвищенням його варіативності як маркера зростання активності парасимпатичних впливів.
3. Виявлено збільшення чутливості барорефлексу та синхронізація коливань інтервалу R-R та ударного об'єму крові при інтенсивності освітленості в 400 лк, обумовлених процесом дихання.

### Література

1. Божко Г.Х., Царицынский В.Н, Стреляная Е.Н., Таранская А.Д. Действие света повышенной интенсивности на экскрецию катехоламинов у больных депрессией // Журн. неврол. и психиатр. - 1996. – Т. 96, № 1. – С. 58-60.
2. Волчегорский И.А., Долгушин И.И., Колесников О.Л., Цейликман В.Э. Экспериментальное моделирование и лабораторная оценка адаптивных реакций организма // Челябинск. – 2000. - С. 103-118.
3. Гойденко В.С., Мейзеров Е.Е., Адашинская Г.А., Котовский А.В. Стимуляция светом. Краткий обзор литературы, патентов и авторских свидетельств на изобретения // Визуальная цветостимуляция в рефлексологии, неврологии, терапии и офтальмологии. – М.: Медицина, 1998. – С.7-22.
4. Голубцов К.В., Куман И.Г., Хейло Т.С., Ширина Н.А., Трунов В.Г., Айду Е.А.-И., Быкова Т.А., Софронов П.Д., Рябцева А.А. Мелькающий свет в диагностике и лечении патологических процессов зрительной системы человека // Информационные процессы. - 2003 – Т.3, № 2. – С.114-122.

5. Гуменюк В.А., Джебраилова Т.Д., Батова Н.Я. Цветовая фотостимуляция как способ направленной коррекции функционального состояния человека// Вестник Новгородского государственного университета. – 1998. - № 8. – С. 48-53.
6. Клиническая физиология зрения. Под ред. Шамшиновой А.М., Яковлева А.А., Романовой Е.В. – М.: МБН., 2002. – 672 с.
7. Коваленко С.О. Аналіз варіабельності серцевого ритму за допомогою методу медіанної спектрограми // Фізіологічний журнал. – 2005 – Т.51, № 3. – С.92-95.
8. Лебедев С.А. Влияние гиперактивности симпатических преганглионарных нейронов спинного мозга на ритмическую деятельность сердца. // Автореф. дис. ... канд. мед. наук. Иркутск. 1984. – 21 с.
9. Левицький П.Р., Гнатюк М.С. Вплив фотостимуляції на функціонально-біохімічні прояви адреналінової міокардіодистрофії // Медична хімія. – 2005. - № 2. – С. 14-17.
10. Машин В.А. Зависимость вариабельности сердечного ритма от средней величины R-R интервалов// Рос. физиол. журн. им. И.М.Сеченова. – 2002. – Т.88, №7. – С.851-855.
11. Палеев Н.Р., Каевицер И.М. Реография. / В кн.: Руководство по кардиологии. / Под ред. Е.И. Чазова. Методы исследования сердечно-сосудистой системы. – 1981. – Т. 2. – С. 40-54.
12. Палієнко І.А. Вплив диференційованої світлоколірної стимуляції зорового аналізатору на показники автокорелограми ритму серця у здорових осіб // Фізіологічний журнал. – 2001. – Т. 47, № 1. – С.73-75.
13. Соловьева А.Д., Фишман Е.Я. Влияние фототерапии на психовегетативные синдромы// Журн. неврол. и психиатр. – 1999. – Т.99, № 5. – С.2-7.
14. Шварков С.Б., Талицкая О.Е., Неудахин Е.В. Применение фототерапии при головных болях у детей // Ж-л. неврол. и псих.- 2000. - №2. - С. 40-42.
15. Шигина Н.А., Куман И.Г., Крутов С.В. Особенности использования импульсного хроматического света в диагностике и лечении атрофии зрительного нерва // Клиническая офтальмология. – 2002. - № 1. - Т. 3, С. 76 – 81.
16. Kubichek W.G., Patterson R.P., Wetsol D.A. Impedance cardiography as a noninvasive method of monitoring cardiac function and other parameters of the cardiovascular system // Ann. N.Y. Acad. Sci. – 1970. - №2. – P. 724-732.
17. Merritt M.M., Sollers J.J., Evans M.K., Zonderman A.B., Thaver J.F. Relationships among spectral measures of baroreflex sensitivity and indices of cardiac vagal control// Biomed Sci Instrum. – 2003. – V.39. – P.193-198.
18. Task Force of the European Society of Cardiology and the North American Society of Pacing and Electrophysiology. Heart Rate Variability / Standards of Measurements, Physiological Interpretation, and Clinical Use // Circulation. - 1996. - V. 93. - P. 1043-1065.

**Черкаський національний університет ім. Б. Хмельницького**

Одержано редакцією 18.03.2008

Прийнято до публікації 14.05.2008