

УДК 612.014.44+612.172.2

А.В. Рибалко, С.О. Коваленко, Л.І. Кудій

ВПЛИВ ІМПУЛЬСНОЇ ОФТАЛЬМОФОТОСТІМУЛЯЦІЇ НА СЕРЦЕВО-СУДИННУ СИСТЕМУ ПРИ РІЗНИХ РІВНЯХ ВЕГЕТАТИВНОГО ТОНУСУ

Проводили імпульсну бінокулярну офтальмофотостимуляцію (ОФС) з частотою 8, 12 та 16 Гц на 48 здорових молодих чоловіках. В спокої лежачи та при експериментальних впливах визначали показники центральної гемодинаміки, хвильової структури серцевого ритму, крос-спектральної потужності коливань тривалості інтервалу R-R (m-R-R) та ударного об'єму крові. За рівнем нормалізованої потужності спектру коливань m-R-R у спокої лежачи виділили групи eu- і симпатикотоніків (I) та ваготоніків (II). З'ясовано, що при ОФС у I відбувалось більше зниження хвилинного об'єму крові та загального периферійного опору, менше падіння систолічного артеріального тиску, ніж у II. При цьому для II спостерігалось і достовірно більше зростання потужності коливань в діапазоні низьких і дуже низьких частот, загальної потужності спектру, концентрації амплітуди максимального піку, максимуму крос-спектральної потужності. в діапазоні 0,04-0,15 Гц. Описані закономірності дозволяють, по-перше, більш точно оцінювати ефект ОФС на діяльність серцево-судинної системи і, по-друге, досягати більшої ефективності впливу подібного роду фізіотерапевтичних дій на функціональний стан організму людини за рахунок врахування початкового рівня вегетативного тону.

Ключові слова: фотостимуляція, гемодинаміка, варіабельність серцевого ритму

Постановка проблеми. Аналіз останніх досліджень та публікацій. Імпульсна офтальмостимуляція широко застосовується у функціональній діагностиці, для лікування ряду офтальмологічних захворювань, корекції функціонального стану організму [2]. Тому з'ясування індивідуальних закономірностей реагування серцево-судинної системи на експозицію імпульсного світла в діапазоні частот від 8 до 16 Гц дозволить уникнути несприятливих станів при діагностичних і фізіотерапевтичних процедурах, підвищити їх ефективність.

Досліджені основні ефекти імпульсної офтальмофотостимуляції на психофізіологічні функції і електричну активність головного мозку людини [3]. У той же час зміни в серцево-судинній системі при цьому вивчені недостатньо [7], тим більше при різних функціональних станах людини. Одним з таких факторів є тonus вегетативної нервової системи, співвідношення впливів симпатичної та парасимпатичної її ланок на організм [6].

Мета статті. Вивчити зміни показників центральної гемодинаміки, хвильової структури їх коливань при імпульсній офтальмофотостимуляції з частотою 8, 12 та 16 Гц у здорових молодих чоловіків з різним вихідним рівнем вегетативного тону.

Методика

Вимірювання проводили на 48 здорових молодих чоловіках віком 18-23 року в умовах, наближених до стану основного обміну. Спочатку проводили фонові 5-ти хвилинні записи сигналів диференціальної реоплетизмограми грудної клітки від біопідсилювача РА5-01 (НДІ радіовиміральної апаратури, Київ, Україна), пневмограми від п'єзоелектричного датчика, встановленого перед ніздрями носа досліджуваного, вимірювали артеріальний тиск. Офтальмостимуляцію здійснювали впродовж 10 хвилин бінокулярний для кожної частоти подачі сигналу (8, 12 і 16 Гц) з 5-хвилинними перервами. Середня довжина хвилі світла складала 500 нм, рівень освітленості 400 лк, тривалість світлового імпульсу - 5 мс.

Сигнали цифрували через АЦП ADC-1280 (Holit Data Systems, Київ, Україна), записували на вінчестер комп'ютера і визначали критичні крапки на аналізованих

сигналах [5]. Ударний об'єм крові (УОК) визначали по формулі W.G.Kubicek. хвилинний об'єм кровообігу (ХОК), загальний периферичний опір (ЗПО), середній артеріальний тиск (АТсер) розраховували по загальноприйнятих формулах [4]. Тривалість кожного кардіоциклу (т-R-R) розраховували по часових параметрах щонайвищих точок позитивного зубця диференціальної реограми. Аналізували 5-хвилинні ділянки запису у спокої і з 6-ї по 10-ту хвилини фотостимуляції.

Спектральний і крос-спектральний аналіз здійснювали за допомогою періодограмного методу із згладжуванням вікном Daniel в програмі Caspico (а/с України №11262). При цьому в спектрі розрізняли наступні компоненти [8]: 0,15-0,4 Гц (HF) – потужність в діапазоні високих частот; 0,04-0,15 Гц (LF) – потужність в діапазоні низьких частот; 0-0,04 Гц, (VLF) – потужність в діапазоні дуже низьких частот; 0-0,4 Гц (TP) – загальна потужність спектру; aLF – амплітуда найбільшого піку в діапазоні 0,04-0,15 Гц. Також оцінювали показники нормалізованої потужності спектру в діапазоні 0,15-0,4 Гц (HFnorm) (відображає рівень ваго-симпатичного балансу) і максимальної амплітуди крос-періодограми в діапазоні 0,04-0,15 Гц (LF_{max}) як критерій, що характеризує рівень спонтанної барорефлекторної чутливості.

Для показників, котрі були розподілені ненормально, розраховували їх медіану, межі верхнього і нижнього квантилів, а при нормальному їх розподілі – середнє і його помилку. Достовірність відмінностей визначали по непараметричних критеріях парних порівнянь Wilcoxon, групових - Mann-Whitney, параметричному t-критерію Стьюдента.

Результати та їх обговорення

Як було показано нами раніше [7], при офтальмофотостимуляції з різною частотою подачі сигналу спостерігаються істотні зміни в центральній гемодинаміці. Достовірно збільшується тривалість інтервалу R-R у міру зростання частоти подачі сигналу, високодостовірно зменшується ХОК. При частоті імпульсації 8 Гц і 16 Гц значущо знижується середній артеріальний тиск. Всі вищезазначені зміни свідчать про пригнічення діяльності серця, ймовірно, як за рахунок посилення парасимпатичних, так і зменшення симпатичних впливів. Разом з тим, спостерігається тенденція до зростання загального периферичного опору судин, а при частоті 16 Гц цей показник збільшується достовірно.

Оцінка спектральних характеристик масивів тривалості інтервалів R-R показала, що відбувалося достовірне зростання потужності спектру в діапазоні низьких і дуже низьких частот при імпульсації в 12 і 16 Гц, що свідчить про активацію симпатичної модуляції серцевого ритму і активності ренін-ангіотензинової системи. Достовірно зменшувалася відносна потужність високочастотної складової, яка характеризує вагусні впливи на серце і активність автономного контура його регуляції. При цьому парадоксально значущо зростала загальна потужність спектру.

Разом з цим спостерігалися істотні індивідуальні особливості реактивності показників діяльності серцево-судинної системи на експериментальні дії. Одним з чинників, які їх визначають, може бути вихідний рівень функціонування організму людини, особливо вихідний рівень тону вегетативної нервової системи.

Серед досліджуваних провели розподіл по початковому рівню HFnorm. Виділили 2 групи: I (n=21) – особи із значенням цього показника нижче 60%, II (n=18) – з вираженою ваготонією (HFnorm>70%). В першій групі переважали вимірювані з ейтонією (57%, HFnorm від 50 до 60%) при значно меншій частині симпатотоніків (28%, HFnorm<40%). У фоні між I і II групами спостерігаються відмінності в рівні АТ_{макс} (116,19±1,15 і 113,05±1,08 мм рт. ст. відповідно, p<0,01), т-R-R (889±23 і 968±37 мс, p<0,01), aLF (22943 [13084; 28067] і 13867 [8200; 19097] мс²/Гц, p<0,01), HF

(1160 [551; 1458] і 2366 [1410; 3035] ms^2 , $p < 0,001$) і, природно, HF_{norm} (52,17 [39,57; 56,13] і 76,35 [73,49; 78,46] %, $p < 0,001$).

При імпульсній офтальмофотостимуляції зберігаються відмінності між групами за AT_{max} , при частоті 16 Гц з'являються по $\text{AT}_{\text{сер}}$ (87,31 \pm 1,33 і 83,61 \pm 1,35 мм рт. ст., $p < 0,01$), зменшуються - по HF і HF_{norm} і нівелюються - по aLF . Достовірні відмінності в амплітуді змін центральної гемодинаміки між групами знайдені лише по деяких показниках: по AT_{max} при стимуляції 16 Гц (-2,0 і -4,55 %), при стимуляції 12 Гц – по ХОК (-9,41 і -5,47%) і ЗПО (16,21 і 3,93%). В той же час міжгрупові особливості реактивності показників хвильової структури серцевого ритму виявлялися більш значно і при частотах подачі сигналу 12 і 16 Гц (рис. 1).

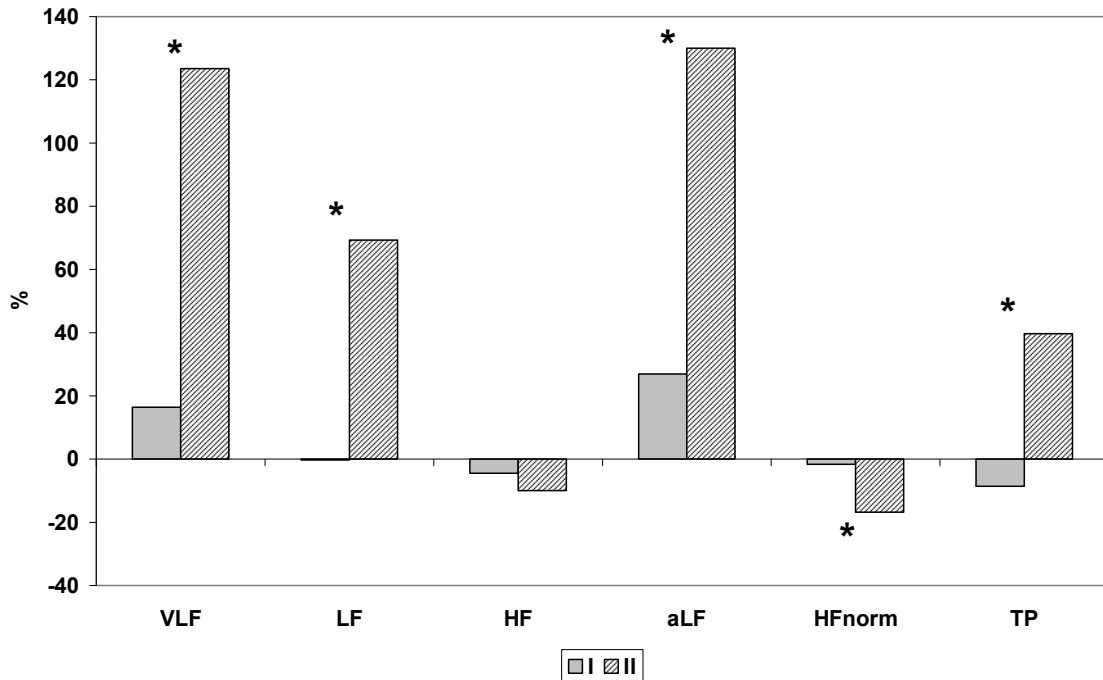


Рис. 1. Медіани реактивності показників хвильової структури серцевого ритму у осіб з різним початковим рівнем тону вегетативної нервової системи при офтальмофотостимуляції з частотою 12 Гц. * - $p < 0,05$

Так для ваготоніків спостерігалось достовірно більше зростання потужності коливань в діапазоні низьких і дуже низьких частот, загальної потужності спектру, концентрації амплітуди максимального піку в діапазоні 0,04-0,15 Гц. Потужність дихальних складових змінювалася незначно, тому нормалізоване її значення більш істотно знижувалося в II групі.

Зміни потужності низьких частот серцевого ритму (хвилі Майера) пов'язують з особливостями спонтанної барорефлекторної чутливості. Тому аналізували зміни максимумів крос-спектральної потужності в діапазоні 0,04-0,15 Гц і реактивність цього показника при експериментальних впливах. У фоні рівень LF_{max} між групами істотно розрізнявся і був нижче у ваготоніків (5,72 [5,35; 7,14] $\text{ml}\cdot\text{ms}$), ніж у еу- і симпатотоніків (15,22 [10,02; 27,02] $\text{ml}\cdot\text{ms}$, $p < 0,01$), а при офтальмофотостимуляції нівелювався. Це було викликано великим приростом цього показника в II групі (рис. 2).

Таким чином, при фотостимуляції у ваготоніків спостерігається зростання спонтанної барорефлекторної чутливості значущо більше, ніж у осіб з більш низькою тонічною активністю парасимпатичного відділу вегетативної нервової системи.

Відповідно до принципу фізіологічної доцільності, функціонування барорефлексу полягає в можливості швидкого реагування ЧСС на підвищення артеріального тиску і нормалізація його [1]. Чим більше спізнюватимуться (або менше буде амплітуда) змін

ЧСС при зсувах артеріального тиску, тим менш ефективно реалізується барорефлекс. Тому підвищення спонтанної барорефлекторної чутливості у ваготоників при імпульсній офтальмофотостимуляції служить для підтримки рівня основних гемодинамічних показників на стабільному рівні і навіть зниженню артеріального тиску при частоті подачі сигналу 16 Гц більш виражене, ніж у еу- і симпатикотоніків. Одержані дані реактивності варіативності серцевого ритму відповідають закону W. Wielder про початкові величини.

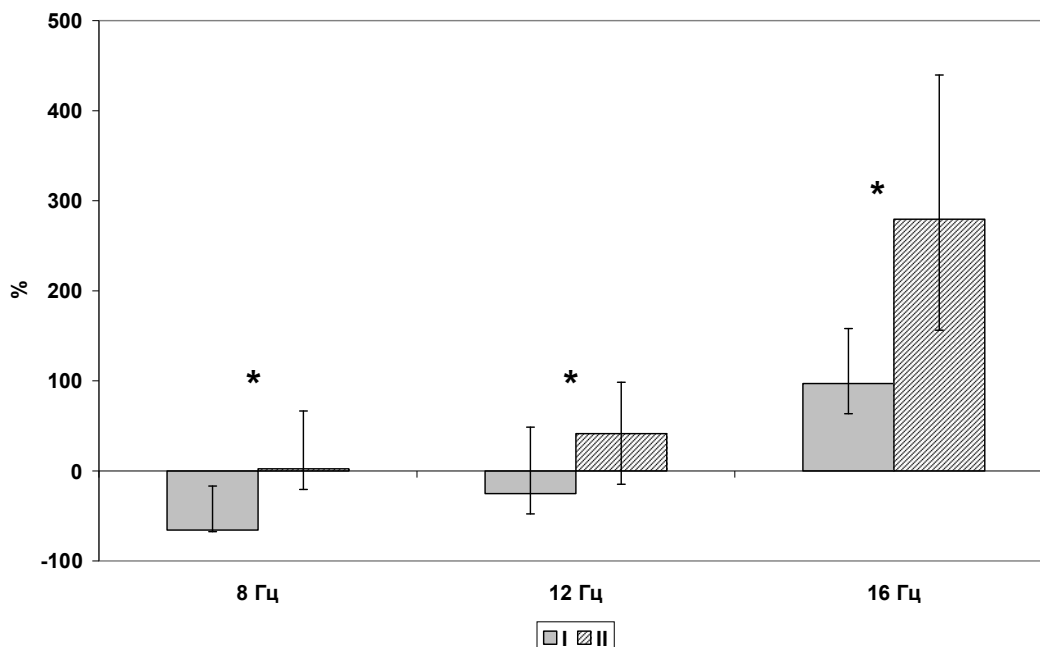


Рис. 2. Реактивність максимуму крос-спектральної потужності коливань ударного об'єму крові і тривалості інтервалу R-R в діапазоні 0,04-0,15 Гц при імпульсній офтальмофотостимуляції у осіб з різним початковим рівнем тону вегетативної нервової системи (медіана, межі 25 і 75 перцентилей). * - $p < 0,05$

Описані закономірності дозволяють, по-перше, більш точно оцінювати ефект імпульсної офтальмофотостимуляції на діяльність серцево-судинної системи і, по-друге, досягати більшої ефективності впливу подібного роду фізіотерапевтичних дій на функціональний стан організму людини за рахунок врахування початкового рівня вегетативного тону.

Література

1. Галустьян Г.Э., Гавриков К.Е. Особенности variability артериального давления человека и животных // Успехи физиол. наук. – 1999. - Т.30, №4. - С.67-80.
2. 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.
3. Иванов Л.Б. Прикладная компьютерная электроэнцефалография. М.: МБН. 2004. 352 с.
4. Иванов Л.Б., Макаров В.А. Лекции по клинической реографии. – М.: АОЗТ «Антидор», 2000. – 320 с.
5. Коваленко С.А., Кушниренко А.Е. Программная система определения показателей кардиодинамики в различных фазах дыхательного цикла // Кибернетика и вычислительная техника. - К. 1999. - Вып. 124. - С.92-98.
6. Михайлов В.М. Variability ритма сердца: опыт практического применения метода. – Иваново: Ивановская государственная медицинская академия, 2003. – 290 с.
7. Рибалко А.В., Коваленко С.О. Зміни центральної гемодинаміки та хвильової структури серцевого ритму при імпульсній офтальмофотостимуляції // Фізика живого. 2010. Т.18, №2. С.142-145.
8. 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.

Аннотация. Рыбалко А.В., Коваленко С.А., Кудий Л.И. Влияние импульсной офтальмофотостимуляции на сердечно-сосудистую систему при разных уровнях вегетативного тонуса. Проводили импульсную бинокулярную офтальмофотостимуляцию (ОФС) с частотой 8, 12 и 16 Гц на 48 здоровых молодых мужчинах. В покое лежа и при экспериментальных влияниях определяли показатели центральной гемодинамики, волновой структуры сердечного ритма, кросс-спектральной мощности колебаний длительности интервала R-R (R-R) и ударного объема крови. По уровню нормализованной мощности спектра колебаний R-R в покое лежа выделили группы эу- и симпатикотоников (I), ваготоников (II). Выяснено, что при ОФС у I происходило большее снижение минутного объема крови и общего периферийного сопротивления, меньшее падение систолического артериального давления, чем у II. При этом для II наблюдалось и достоверно больший рост мощности колебаний в диапазоне низких и очень низких частот, общей мощности спектра, концентрации амплитуды максимального пика, максимума кросс-спектральной мощности. в диапазоне 0,04-0,15 Гц. Описанные закономерности позволяют, во-первых, более точно оценивать эффект ОФС на деятельность сердечно-сосудистой системы и, во-вторых, достигать большей эффективности влияния подобного рода физиотерапевтических действий на функциональное состояние организма человека за счет учета начального уровня вегетативного тонуса.

Ключевые слова: фотостимуляция, гемодинамика, вариабельность сердечного ритма

Summary. Rybalko A.V., Kovalenko S.O., Kudii L.I. Effect of impulse ophtho-photo-stimulation on cardio-vascular system at different levels of vegetative tonus. The impulse binocular ophtho-photo-stimulation (OPS) with the frequency of 8, 12 and 16 Hz was carried out at 48 healthy young men. The indexes of central haemodynamics, the wave structure of heart rhythm, cross-spectral power of length osculation of R-R (R-R) interval and stroke blood volume were determined at rest in prone position and with experimental impact. The groups of eu- and sympathicotonic (I) and vagotonic (II) persons were identified according to the level of normalized power of R-R oscillation spectrum at rest in prone position. Higher decrease of minute blood volume and general peripheral resistance and lower decrease of systolic arterial pressure with OPS were found in group I if compared with group II. At the same time group II was found to have reliably higher increase of oscillation power in the range of low and very low frequencies, general spectrum power, the concentration of minimum peak amplitude, maximum cross-spectrum power in the range of 0.04-0.15 Hz. Described patterns allow, firstly, to assess the OPS effect on cardio-vascular system activity; and, secondly, to achieve more efficient effect of this kind physiotherapeutic actions on the human organism functional state at the expense of considering initial level of vegetative tonus.

Key words: photostimulation, haemodynamics, heart rate variability

Черкаський національний університет імені Богдана Хмельницького

Одержано редакцією 14.11.2012

Прийнято до публікації 9.01.2013